



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e dell'Architettura
Corso di Laurea magistrale in Ingegneria Civile

**Prove di controllo sul risanamento profondo della
pavimentazione del tratto Umbro della E45**

**Control tests on the deep rehabilitation of the
Umbrian section pavement of the E45**

Relatore:

Prof. Ing. Maurizio Bocci

Tesi di Laurea di:

Leonardo Guerra

Correlatore:

Ing. Emiliano Prospero

Anno Accademico 2020-2021

Indice

| | |
|---|-----------|
| Indice delle figure | IV |
| Indice delle tabelle | VI |
| Introduzione | 1 |
| Capitolo I: Progetto degli interventi di manutenzione sulla SS 3 bis (E45) | 4 |
| 1.1 Indagini sullo stato della pavimentazione prima dei lavori | 6 |
| 1.1.1 Rilievo mediante ERMES | 6 |
| 1.1.2 Rilievo mediante TSD | 8 |
| 1.2 Individuazione delle zone critiche..... | 11 |
| 1.3 Pozzetti esplorativi | 17 |
| 1.4 Individuazione degli interventi manutentivi | 19 |
| 1.5 Dimensionamento delle nuove pavimentazioni | 21 |
| 1.5.1 Metodo di calcolo | 22 |
| 1.5.2 Leggi di fatica | 24 |
| 1.5.3 Tipologie di pavimentazioni adottate | 28 |
| 1.5.4 Dati di traffico..... | 31 |
| 1.5.5 Parametri adottati per il calcolo..... | 33 |
| 1.5.6 Analisi dei risultati del calcolo | 39 |
| 1.5.7 Pavimentazione con usura drenante | 40 |
| Capitolo II: Esecuzione dei lavori | 45 |
| 2.1 Organizzazione dei lavori..... | 45 |
| 2.2 Modalità esecutive..... | 46 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.2.1 | Studio delle miscele..... | 46 |
| 2.2.2 | Fondazione stabilizzata con calce e cemento | 49 |
| 2.2.3 | Base a freddo con emulsione di bitume modificato | 51 |
| 2.2.4 | Mano di ancoraggio e mano di attacco..... | 55 |
| 2.2.5 | Conglomerati bituminosi a caldo: base, basebinder, binder, usura e usura drenante..... | 58 |
| 2.3 | Prove di controllo in corso d'opera | 66 |
| 2.3.1 | Pressa a taglio giratoria..... | 67 |
| 2.3.2 | Prova di trazione indiretta..... | 68 |
| 2.3.3 | Prove di compressione | 70 |
| 2.3.4 | Caratteristiche volumetriche..... | 70 |
| 2.3.5 | Piastre statiche | 74 |
| 2.3.6 | Light Weight Deflectometer (LWD) | 75 |
| 2.4 | Controllo prestazionale finale | 77 |
| 2.4.1 | Rilievo della regolarità superficiale..... | 77 |
| 2.4.2 | SCRIM-TEX..... | 78 |
| 2.4.3 | Falling Weight Deflectometer (FWD)..... | 79 |
| Capitolo III: Risultati delle prove..... | | 85 |
| 3.1 | Metodologia di analisi | 85 |
| 3.1.1 | Sottofondazione | 85 |
| 3.1.2 | Fondazione stabilizzata con calce e cemento | 86 |
| 3.1.3 | Base a freddo con emulsione di bitume modificato | 87 |
| 3.1.4 | Conglomerati sfusi..... | 88 |

| | | |
|--|---|------------|
| 3.1.5 | Carotaggi..... | 89 |
| 3.1.6 | Prove ad alto rendimento..... | 91 |
| 3.2 | Prove sulla tratta dal km 77+000 al km 83+975 | 91 |
| 3.3 | Prove sulla tratta dal km 83+975 al km 90+050 | 98 |
| 3.4 | Prove sulla tratta dal km 116+000 al km 106+000 | 105 |
| 3.5 | Prove sulla tratta dal km 116+000 al km 124+000 | 110 |
| 3.6 | Prove sulla tratta dal km 124+200 al km 127+400 | 114 |
| Capitolo IV: Prove eseguite al laboratorio di strade univpm | | 119 |
| Capitolo V: Valutazione statistica dei risultati delle prove..... | | 120 |
| 5.1 | Confronto delle lavorazioni sulle varie tratte | 128 |
| 5.2 | Analisi statistica globale degli interventi | 133 |
| 5.3 | TSD prima e dopo gli interventi di manutenzione | 137 |
| Capitolo VI: Conclusioni | | 140 |
| Bibliografia | | 143 |
| ALLEGATO A | | 145 |
| ALLEGATO B | | 153 |
| ALLEGATO C | | 155 |
| ALLEGATO D | | 170 |

Indice delle figure

| | |
|--|-----|
| Figura 1 - Itinerario E45-E55 | 4 |
| Figura 2 - Foto ERMES | 6 |
| Figura 3 - Foto TSD | 9 |
| Figura 4 - Foto di prelievi da pozzetti esplorativi | 17 |
| Figura 5 - Campioni prelevati rispettivamente alla progressiva km 2+200, al km 40+896 e al km 48+950 in direzione sud | 19 |
| Figura 6 - Pavimentazione con base a caldo | 29 |
| Figura 7 - Pavimentazione con base a freddo | 30 |
| Figura 8 - Pavimentazione con base a caldo maggiorata | 31 |
| Figura 9 - Pavimentazione con base a caldo e usura drenante | 41 |
| Figura 10 - Pavimentazione con base a freddo e usura drenante | 42 |
| Figura 11 - Fuso granulometrico CSA e curva granulometrica provino km 84+300 | 49 |
| Figura 12 - Foto della spandi calce | 51 |
| Figura 13 - Foto in cantiere della stesa del filler (sinistra) e del cemento (destra) | 54 |
| Figura 14 - Foto della miscelazione del fresato con filler e cemento | 54 |
| Figura 15 - Foto della compattazione della base a freddo | 55 |
| Figura 16 - Foto del filler sulla base a freddo | 58 |
| Figura 17 - Foto della compattazione del conglomerato caldo (binder) | 60 |
| Figura 18 - Macchine per la compattazione di terre e conglomerati | 62 |
| Figura 19 - Foto del giunto trasversale (binder) | 63 |
| Figura 20 - Schema di compattazione del giunto trasversale | 63 |
| Figura 21 - Passaggi del rullo per una corretta esecuzione dei giunti longitudinali | 64 |
| Figura 22 - Modalità di realizzazione dei giunti longitudinali | 65 |
| Figura 23 - Volumometro a sabbia | 73 |
| Figura 24 - Schema di una prova deflettometrica (FWD) | 81 |
| Figura 25 - Pavimentazione con base a caldo e usura chiusa | 82 |
| Figura 26 - Pavimentazione con base a caldo e usura drenante | 83 |
| Figura 27 - Pavimentazione con base a freddo e usura drenante | 83 |
| Figura 28 - Foto dei carotaggi della base a freddo al km 82+700 e 82+800 ... | 90 |
| Figura 29 - Confronto Rt e Rc a 7 giorni su fondazione stabilizzata | 129 |
| Figura 30 - Confronto scarto quadratico medio di Rt e Rc a 7 giorni | 129 |
| Figura 31 - Confronto Rt e Rc a 3 giorni sulla base a freddo riciclata | 130 |

| | |
|--|-----|
| Figura 32 - Risultati dell'analisi della % di bitume sulla base a freddo riciclata | 131 |
| Figura 33 - Analisi degli spessori sulle carote degli strati caldi | 132 |
| Figura 34 - Grafici di confronto del TSD prima e dopo gli interventi manutenzione | 138 |

Indice delle tabelle

| | |
|--|----|
| Tabella 1 - Classificazione degli indicatori e individuazione della tratta critica | 12 |
| Tabella 2 - TSD 2016: tratte critiche SS 3 bis – Carreggiata destra | 13 |
| Tabella 3 - TSD 2016: tratte critiche SS 3 bis – Carreggiata sinistra | 14 |
| Tabella 4 - TSD 2017: tratte critiche SS 3 bis – Carreggiata destra | 15 |
| Tabella 5 - TSD 2017: tratte critiche SS 3 bis – Carreggiata sinistra | 16 |
| Tabella 6 - Risultati delle prove sui materiali prelevati nel mese di novembre 2016 | 18 |
| Tabella 7 - Risultati delle prove sui materiali prelevati nel mese di aprile 2018 | 18 |
| Tabella 8 - Risultati delle prove sui materiali prelevati nel mese di marzo 2020 | 18 |
| Tabella 9 - Spettro di traffico e coefficiente di equivalenza | 32 |
| Tabella 10 - Temperature medie mensili registrate dalla stazione meteo di Perugia | 34 |
| Tabella 11 - Modulo del conglomerato bituminoso | 36 |
| Tabella 12 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo..... | 37 |
| Tabella 13 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base riciclata a freddo | 38 |
| Tabella 14 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo maggiorata | 38 |
| Tabella 15 - Cicli di carico a rottura della pavimentazione con base riciclata a freddo | 39 |
| Tabella 16 - Cicli di carico a rottura della pavimentazione con base a caldo.. | 39 |
| Tabella 17 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo e usura drenante..... | 42 |
| Tabella 18 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base riciclata a freddo e usura drenante..... | 43 |
| Tabella 19 - Cicli di carico a rottura della pavimentazione con base a caldo e usura drenante | 44 |
| Tabella 20 - Cicli di carico a rottura della pavimentazione con base riciclata a freddo e usura drenante..... | 44 |
| Tabella 21 - Valori di capitolato di resistenza a trazione indiretta e di compressione per la fondazione stabilizzata..... | 86 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 22 - Valori di capitolato di resistenza a trazione indiretta e di compressione per la base a freddo | 87 |
| Tabella 23 - Valori di capitolato della % dei vuoti di provini realizzati mediante pressa giratoria..... | 88 |
| Tabella 24 - Valori di capitolato della resistenza e del coefficiente di trazione indiretta di provini realizzati mediante pressa giratoria | 89 |
| Tabella 25 - Valori di capitolato della % dei vuoti nelle carote estratte dalla pavimentazione | 90 |
| Tabella 26 - Valori soglia ERMES | 91 |
| Tabella 27 - Prove sulla sottofondazione dal km 77+000 al km 83+975 | 92 |
| Tabella 28 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 77+000 al km 83+975 | 93 |
| Tabella 29 - Prove sulla base a freddo riciclata dal km 77+000 al km 83+975 | 94 |
| Tabella 30 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 77+000 al km 83+975 | 95 |
| Tabella 31 - Prove sulle carote estratte dalla pavimentazione dal km 77+000 al km 83+975 | 96 |
| Tabella 32 - Prova HWD dal km 77+800 al km 84+200 | 97 |
| Tabella 33 - Prova ERMES dal km 77+800 al km 83+750 | 98 |
| Tabella 34 - Prove sulla sottofondazione dal km 83+975 al km 90+050 | 99 |
| Tabella 35 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 89+975 al km 90+050 | 100 |
| Tabella 36 - Prove sulla base a freddo riciclata dal km 83+975 al km 90+050 | 101 |
| Tabella 37 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 83+975 al km 90+050 | 102 |
| Tabella 38 - Prove sulle carote estratte dalla pavimentazione dal km 83+975 al km 90+050 | 103 |
| Tabella 39 - Prova HWD dal km 84+200 al km 90+050 | 104 |
| Tabella 40 - Prova ERMES dal 83+750 al km 90+050 | 105 |
| Tabella 41 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 106+000 al km 116+000 | 106 |
| Tabella 42 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 106+000 al km 116+000 | 107 |
| Tabella 43 - Prove sulle carote estratte dalla pavimentazione dal km 106+000 al km 116+000 | 108 |
| Tabella 44 - Prova HWD dal km 106+600 al km 112+500 | 109 |
| Tabella 45 - Prova SCRIM-TEX dal km 113+500 al km 116+050 | 109 |
| Tabella 46 - Prove sulla sottofondazione dal km 116+000 al km 124+000 | 110 |
| Tabella 47 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 116+000 al km 124+000 | 111 |

| | |
|--|-----|
| Tabella 48 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 116+000 al km 124+000 | 112 |
| Tabella 49 - Prove sulle carote estratte dalla pavimentazione dal km 116+000 al km 124+000 | 113 |
| Tabella 50 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord | 114 |
| Tabella 51 - Prove sulla base a freddo riciclata dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord | 115 |
| Tabella 52 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord | 116 |
| Tabella 53 - Prove sulle carote estratte dalla pavimentazione dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord | 117 |
| Tabella 54 - Prova HWD dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord | 118 |
| Tabella 55 - Prova ERMES dal km 126+390 al km 127+240 e dal km 127+400 al km 124+200 | 118 |
| Tabella 56 - Prove di trazione indiretta svolte all'Università Politecnica delle Marche | 119 |
| Tabella 57 - Analisi statistica sulla sottofondazione | 121 |
| Tabella 58 - Analisi statistica sulla fondazione stabilizzata | 122 |
| Tabella 59 - Analisi statistica sulla miscela sfusa della base riciclata a freddo | 123 |
| Tabella 60 - Analisi statistica sul conglomerato bituminoso sfuso | 124 |
| Tabella 61 - Analisi statistica sulle carote estratte dalla pavimentazione | 125 |
| Tabella 62 - Prova HWD in direzione nord sulla corsia di marcia | 126 |
| Tabella 63 - Prova HWD in direzione SUD sulla corsia di marcia e di sorpasso | 126 |
| Tabella 64 - Prova ERMES in direzione nord e sud su entrambe le corsie | 127 |
| Tabella 65 - Prova SCRIM-TEX in direzione nord e sud su entrambe le corsie | 128 |
| Tabella 66 - Analisi statistica globale dei lavori sulla sottofondazione | 133 |
| Tabella 67 - Analisi statistica globale dei lavori sulla fondazione stabilizzata | 133 |
| Tabella 68 - Analisi statistica globale dei lavori sulla base riciclata a freddo | 134 |
| Tabella 69 - Analisi statistica globale dei lavori sul conglomerato bituminoso sfuso | 134 |
| Tabella 70 - Analisi statistica globale sulle carote estratte dalla pavimentazione | 135 |

Introduzione

Lo studio svolto in questa tesi analizza i risultati delle prove di controllo eseguite nel corso dei lavori di risanamento profondo della pavimentazione della SS 675 e della SS 3 bis Tiberina, nel tratto umbro dell'itinerario europeo E45. Nell'ambito di questi lavori il Dipartimento ICEA dell'Università Politecnica delle Marche ha fornito al Compartimento per la Viabilità dell'Umbria un supporto sia nella scelta delle tipologie di intervento che nel controllo dei materiali e delle lavorazioni svolte dalle Imprese affidatarie.

Al fine di individuare gli interventi più opportuni è stato necessario conoscere lo stato della pavimentazione esistente, valutato mediante prove ad alto rendimento. Attraverso esse è stato possibile definire le tratte che presentano le più rilevanti condizioni di criticità, cioè quelle con alti valori dei parametri IS300 e ISfond. Da queste prove è emerso che sulla SS 675 non sono presenti particolari criticità, per questo motivo gli interventi sono stati inizialmente concentrati sulla SS 3 bis. Su di esse, si è proceduto al prelievo di materiale mediante l'apertura di pozzetti esplorativi allo scopo di analizzare i materiali che costituiscono lo strato di fondazione. Verificato che, in queste tratte le criticità sono rappresentate dalla scarsa qualità dei materiali costituenti lo strato di fondazione e, talvolta, dalla scarsa portanza dei sottofondi, gli interventi manutentivi sono stati orientati verso il risanamento profondo della pavimentazione esistente.

Sono state valutate diverse soluzioni, prevedendo in tutti i casi la rimozione degli strati di conglomerato bituminoso per poi procedere, ove necessario, con la bonifica del sottofondo e, ovunque, con la stabilizzazione della fondazione con calce e cemento. Per gli strati superiori sono state proposte due soluzioni alternative che garantiscono lo stesso livello prestazionale. Un'ipotesi è quella che prevede uno strato base di conglomerato bituminoso riciclato a freddo e l'altra, è quella di realizzare una pavimentazione con base a caldo. Entrambe

sono ovviamente completate dagli strati di binder e tappeto di usura con bitume modificato di tipo hard.

Le diverse soluzioni sono state verificate mediante il calcolo razionale della vita utile con il software BISAR, al fine di determinare dopo quanti cicli di carico la pavimentazione va in crisi. In breve, il calcolo permette di determinare lo stato tenso-deformativo dei vari strati della pavimentazione e quindi di poterne verificare il danno da fatica e la profondità delle ormaie prodotte al termine della vita utile.

Prima dell'inizio dei lavori le diverse Imprese hanno provveduto ad inoltrare alla Direzione dei Lavori i mix-design delle miscele che intendevano adottare per ogni strato della pavimentazione nel rispetto delle prescrizioni di capitolato. Allo scopo di verificare la conformità delle lavorazioni rispetto alle specifiche di progetto, la Direzione dei Lavori ha fatto eseguire prove preliminari sui materiali costituenti le diverse miscele. Successivamente sono stati fatti i controlli in corso d'opera. Per la fondazione stabilizzata e per la base riciclata a freddo sono state eseguite prove confezionando provini con la pressa giratoria direttamente in cantiere attraverso un laboratorio mobile, non essendo possibile portarle in laboratorio e costiparle dopo diverse ore, quando sarebbe già iniziata la presa del cemento. Ulteriori controlli sono stati eseguiti sulla miscela sfusa dei conglomerati bituminosi a caldo, prelevata durante la stesa a fianco della vibro finitrice.

Ultimati i lavori, la DL verifica le caratteristiche della miscela e quelle funzionali e strutturali della pavimentazione. Le prime tramite il prelievo di carote estratte dalla pavimentazione che coinvolgono soltanto i conglomerati caldi e la base a freddo, mentre, le seconde mediante l'esecuzione di prove non distruttive ad alto rendimento con il TSD e l'FWD. Alcune carote, inoltre, sono state recapitate al laboratorio dell'Università Politecnica delle Marche, su cui sono state svolte ulteriori prove di controllo, in particolare sulla base a freddo mediante la prova di trazione indiretta.

Oltre alla esecuzione di alcune prove di laboratorio, nella tesi sono stati preliminarmente raccolti i risultati delle prove di controllo fatte eseguire dalla Direzione Lavori e successivamente sottoposti ad un'elaborazione statistica. Questo ha permesso di valutare, attraverso le medie, gli scarti quadratici medi e i percentili le caratteristiche dei vari strati della pavimentazione e quelle prestazionali in termini di portanza e di regolarità. In questo modo è stato possibile fare un confronto tra i vari lotti esaminati e una valutazione complessive delle lavorazioni eseguite.

Capitolo I: Progetto degli interventi di manutenzione sulla SS 3 bis (E45)

Sull'itinerario E45-E55 Orte-Mestre è stato avviato dal 2016 un piano di riqualificazione che mira, attraverso la manutenzione, alla valorizzazione della rete stradale esistente. L'itinerario attraversa le regioni Umbria, Toscana, Emilia-Romagna e Veneto e si sviluppa lungo quattro strade statali per 403 km (figura 1). A tal proposito, il Compartimento per la viabilità dell'Umbria ha affidato al Dipartimento ICEA dell'Università Politecnica delle Marche un incarico per l'individuazione degli interventi di manutenzione nel tratto umbro: parte della SS 675 "Umbro Laziale" e della SS 3 bis "Tiberina".



Figura 1 - Itinerario E45-E55

Al fine di individuare gli interventi per la manutenzione è stato necessario conoscere lo stato della pavimentazione esistente; pertanto, lo studio è stato condotto a partire dalle indagini ad Alto Rendimento, eseguite dal Centro Sperimentale Stradale ANAS di Cesano, che hanno consentito di individuare le tratte più critiche della sovrastruttura stradale. Le citate indagini sono state

condotte mediante il Traffic Speed Deflectometer (TSD) che permette di valutare la capacità portante della pavimentazione. In alcune di queste tratte si è proceduto ad un approfondimento delle indagini mediante il prelievo dei materiali costituenti lo strato di fondazione. Questa attività è stata svolta solo sulla SS3bis poiché, sulla SS 675 non sono state rilevate tratte critiche.

Dalle prove di laboratorio è emerso che le criticità della SS3 bis sono rappresentate dalla mancanza di un adeguato strato di fondazione e dalla scarsa qualità dei materiali di sottofondo. Gli interventi manutentivi sono stati pertanto orientati verso il risanamento profondo della pavimentazione esistente, mediante le tecniche di stabilizzazione dello strato di fondazione.

Per il successivo completamento della pavimentazione, sopra la nuova fondazione, ci si è orientati verso due diverse soluzioni. La prima è costituita da base con bitume modificato hard di 12 cm, binder con bitume modificato hard di 6 cm e tappeto di usura tipo A con bitume modificato hard di 4 cm. La seconda tipologia di pavimentazione prevede uno strato di base a freddo di 16 cm, da realizzare con emulsione di bitume modificato secondo le modalità previste dalle Norme tecniche del capitolato ANAS, fermi restando gli spessori del binder (6 cm) e del tappeto di usura di tipo A (4 cm). Questa tecnica, dunque, permette il riciclaggio di notevoli quantità di fresato, risultanti dalla demolizione della pavimentazione esistente, e solo in minima parte possono essere riutilizzate nella produzione dei conglomerati bituminosi a caldo. Inoltre, dall'esame dei rilievi dei flussi di traffico dell'anno 2017 è emerso che in due sezioni (km 68+900 e km 73+990) il carico di traffico è di circa il 40% superiore al resto dell'itinerario umbro della SS3bis. Pertanto, in questa tratta, è stata prevista una pavimentazione "maggiorata" attraverso l'aumento dello spessore dello strato di base di 2 cm.

La verifica della vita utile delle tre pavimentazioni proposte è stata eseguita mediante calcolo razionale con il software BISAR, sviluppato dalla Shell Research, ampiamente diffuso anche in Italia.

1.1 Indagini sullo stato della pavimentazione prima dei lavori

Allo scopo di avere un quadro completo delle caratteristiche delle pavimentazioni del tratto umbro, le indagini mirano alla determinazione delle caratteristiche strutturali e superficiali della pavimentazione. Queste ultime sono state seguite nel mese di novembre 2015, mediante l'apparecchiatura ERMES, sia sulla SS3 bis dal km 0+000 al km 134+599 e sia sulla SS 675 dal km 0+000 al km 30+460.

L'indagine sulle caratteristiche strutturali della pavimentazione è stata realizzata attraverso l'apparecchiatura TSD (Traffic Speed Deflectometer) una prima volta nel mese di settembre 2016 e ripetuta nel mese di aprile 2017. Il rilievo del 2016 è stato eseguito dal km 1+300 al km 132+680 e sulla SS 675 dal km 10+440 al km 30+050. Il rilievo del 2017 è stato eseguito solo in carreggiata sinistra (direzione Sud) della SS 3bis, dal km 133+830 al km 0+000.

1.1.1 Rilievo mediante ERMES

L'apparecchiatura ERMES (*figura 2*) permette di rilevare, in un solo passaggio ed alla velocità di 60 km/h, le caratteristiche della superficie stradale valutate attraverso i parametri tecnici coefficiente di aderenza trasversale CAT, altezza di macrotessitura MPD e coefficiente internazionale di regolarità IRI.



Figura 2 - Foto ERMES

La misura del Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT), avviene sui due lati del mezzo, wheel path di destra e di sinistra, che rappresentano le zone maggiormente interessate dal traffico transitante sulla corsia; tali misurazioni avvengono in condizioni di superficie bagnata, infatti, il mezzo è dotato di una cisterna principale di 6.000 litri, ed una secondaria di 500 litri, che consentono un'autonomia di rilievo di circa 80 km (160 km nel caso di misura su un'unica ruota). In questo modo, è consentito l'innaffiamento controllato della pavimentazione.

ERMES è dotato, inoltre, di due laser ad alta frequenza, i quali consentono di misurare, su entrambi i lati (wheel path) e nel corso dello stesso rilievo del CAT, l'altezza di macrotessitura superficiale della pavimentazione sia in modalità RMSTD (Root Mean Square Texture Depth) che MPD (Mean Profile Depth). La tessitura di una pavimentazione stradale è definita, dalla norma UNI EN ISO 13473-1 del 2004, come la deviazione della superficie reale della pavimentazione da un piano ideale di riferimento; in particolare, l'altezza di macrotessitura superficiale (HS) rappresenta la deviazione nel campo di lunghezze d'onda comprese tra 0.5 e 50 mm.

I sistemi laser sono inoltre accoppiati con due accelerometri verticali, è possibile così rilevare anche il profilo longitudinale della superficie stradale sempre in corrispondenza delle due wheel path e contemporaneamente alla misura degli altri indicatori. Attraverso il profilo longitudinale si valuta il parametro IRI (International Roughness Index) o indice di regolarità longitudinale nel rispetto della norma ASTM E 1926 (conformemente ai World Bank Technical Paper Number 45 e 46). L'IRI è l'indice, riconosciuto a livello internazionale, per valutare il comfort di guida delle pavimentazioni stradali.

ERMES è dotato inoltre di un sistema per la rilevazione e registrazione della temperatura della pavimentazione e dell'aria. Quest'ultima viene utilizzata per correggere il valore di Coefficiente di Aderenza Trasversale CAT e riportarlo a valori corrispondenti alla temperatura di riferimento di 20 °C (CAT20) secondo

la formula del TRRL inglese. A bordo del mezzo è anche installato un GPS (Global Position System), dotato di correzione differenziale (DGPS), che consente di acquisire la posizione geografica in continuo nel corso dei rilievi.

È presente anche una telecamera collegata al sistema che permette l'acquisizione di immagini le quali, come tutte le altre informazioni raccolte, sono georeferenziate per mezzo delle coordinate geografiche e della progressiva odometrica.

Eseguita l'indagine, il rapporto di prova contiene:

- dati di posizionamento e condizioni di prova: progressiva, velocità di rilievo, latitudine, longitudine e altitudine, temperatura dell'aria e la temperatura superficiale della pavimentazione;
- dati di IRI: valori di IRI calcolati in corrispondenza del lato sinistro e destro della corsia misurata;
- dati di Altezza di Macrotessitura: valori di macrotessitura espressi in termini di MPD o RMSTD rilevati in corrispondenza del lato sinistro e destro della corsia misurata con il relativo Drop Out;
- dati di CAT: valori di CAT rilevati in corrispondenza del lato sinistro e destro della corsia misurata;
- dati di CAT20: valori di CAT rilevati in corrispondenza del lato sinistro e destro della corsia misurata e riportati alla temperatura di riferimento di 20°C. Questi ultimi dati costituiscono dati di elaborazione, viene applicata la formula di correzione proposta dal TRRL inglese.

1.1.2 Rilievo mediante TSD

Il TSD è un'apparecchiatura in grado di rilevare, in continuo, ad alta velocità (fino a 70 km/h), in sicurezza e senza perturbare la normale circolazione del traffico, le caratteristiche strutturali delle pavimentazioni stradali (portanza). È di fatto costituito da un mezzo autoarticolato (*figura 3*), con un rimorchio strumentato e zavorrato per cui l'asse posteriore gemellato può essere caricato

con 10 o 12 t. La sollecitazione esercitata sulla pavimentazione provoca una deformazione la cui entità è funzione della capacità portante della pavimentazione.



Figura 3 - Foto TSD

La deformazione viene valutata, per via indiretta, misurando la velocità di deformazione della pavimentazione letta da una serie di Laser Doppler montati su una barra indeformabile posta all'interno del rimorchio senza che venga richiesto alcun contatto con la superficie da misurare. Il TSD presenta 6 sensori Laser Doppler (generalmente almeno 4), 3 dei quali (posizionati a 100, 200 e 300 mm dall'asse di carico) vengono utilizzati per la ricostruzione del bacino di deflessione.

La portanza della pavimentazione viene valutata attraverso gli indicatori strutturali IS_{300} , IS_{200} e IS_{fond} . L' IS_{300} corrisponde alla differenza di deflessione che si registra sotto il centro di carico ed a 300 mm da detto centro. Elevati valori di IS_{300} indicano carenti livelli di portanza. Inoltre, permette la valutazione delle caratteristiche degli strati profondi della pavimentazione attraverso l' IS_{fond} che corrisponde alla differenza di deflessione a 900 mm e 1500 mm dal centro di carico. La misura degli indicatori strutturali avviene sul lato destro del mezzo wheel path che rappresenta la zona maggiormente interessata dal traffico transitante sulla corsia.

Il TSD permette anche di misurare il profilo longitudinale della superficie stradale, in corrispondenza della wheel path destra, e quindi di valutare il parametro IRI (International Roughness Index) o indice di regolarità longitudinale, nel rispetto della norma ASTM E 1926.

Inoltre, il TSD è dotato di un sistema per la rilevazione e registrazione della temperatura della pavimentazione e dell'aria. A bordo del mezzo è installato un GPS (Global Position System), dotato di correzione differenziale (DGPS), che consente di acquisire la posizione geografica in continuo nel corso dei rilievi.

Eseguita l'indagine, nelle tabelle del rapporto di prova sono indicati:

- i dati di posizionamento e le condizioni di prova;
- le deflessioni misurate slope, o pendenza del bacino di deflessione, letta a 100, 200, 300, 600, 900 e 1500 mm dal centro della ruota di carico;
- gli indici IRI, IS300, IS200 e IS_{fond} elaborati con il software Profilograph for Windows fornito dalla casa costruttrice;
- i dati corretti IS300_{14°C}, ovvero, riporta i dati di IS300 alla temperatura di riferimento dell'aria di 14°C, IS200_{cf} riporta i dati di IS200 alla condizione standard della fondazione considerata nei progetti e nelle curve di controllo inserite nel Capitolato Speciale di Appalto e IS200_{cf_14°C} riporta i dati di IS200_{cf} corretto con la fondazione alla temperatura di riferimento dell'aria di 14 °C.

In conclusione, l'indicatore strutturale IS300, definito come differenza della deflessione letta sotto l'asse di carico ed a 300 mm da detto centro, è rappresentativo della capacità portante degli strati della pavimentazione; l'indicatore strutturale IS200, definito come differenza della deflessione letta sotto l'asse di carico ed a 200 mm da detto centro, è rappresentativo della capacità portante degli strati più superficiali della pavimentazione come i conglomerati bituminosi; l'indicatore strutturale IS_{fond}, definito come differenza della deflessione letta a 900 ed a 1500 mm dall'asse di carico, è rappresentativo

della capacità portante degli strati più profondi, quali le fondazioni ed il sottofondo.

1.2 Individuazione delle zone critiche

I risultati dell'indagine strutturale eseguita mediante il TSD sono stati utilizzati per individuare le tratte dell'itinerario umbro E45 che presentano le più rilevanti condizioni di criticità. I valori di IS_{300} ($14^{\circ}C$) e di IS_{fond} contenuti nel rapporto di prova sono stati suddivisi in tre classi. La combinazione delle classi dei due parametri è stata associata a condizioni della pavimentazione più o meno critiche.

Per IS_{300} ($14^{\circ}C$) sono stati considerati buoni i valori inferiori a 100 micron, insufficienti quelli compresi tra 100 e 140 micron, scarsi quelli superiori a 140 micron. Per IS_{fond} le tre classi sono individuate da valori inferiori a 50 micron (fondazione e sottofondo buoni), compresi tra 50 e 80 micron (valori insufficienti), maggiori di 80 micron (valori molto carenti). Nelle tabelle del rapporto di prova i valori delle tre classi sono stati evidenziati con il colore rosso (classe peggiore), con il giallo (classe intermedia) e con il verde (classe migliore).

Dato che nel metodo di prova il singolo valore carente non ha significato, sono stati considerati stati di criticità quelli con la presenza di almeno 5 sezioni rosse (per $IS_{300_{14^{\circ}}}$ o IS_{fond}) entro una successione di 10 sezioni. Le tratte critiche (*tabella 1*) sono state individuate come quelle costituite dalle 5 o più sezioni rosse con l'aggiunta delle sezioni precedenti o successive con valori insufficienti (gialli) o singolarmente carenti (rossi). Le altre tabelle più significative sono allegate in appendice A.

| SEZIONE COORDINAMENTO E RILIEVO DATI | | | | | | | | | | | | | | | REV. RDP/AS_AR/GED/13 V01-11 | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------------|---------|---------|-------------|----------|----------------------|--------|----------|----------------------------|-----------|-----|---------|------|---|--------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| apparecchiatura TSD Sistema Greenwood Engineering | | | | | | | | | | | | | | | RAPPORTO DI PROVA N. 1404/0138/16 P.3 S.10 V.1/2 | | | | | | | |
| SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI | | | | | | | | | | | | | | | Misura delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni valutate attraverso gli indicatori IS e regolarità IRI - tabella dati | | | | | | | |
| Gestore | | Strada | | | Carreggiata | | | Corsia | | | Km inizio | | Km fine | | Data rilievo | | | | | | | |
| Comp.to Perugia | | S.S.3bis | | | Destra | | | marcia | | | 1+300 | | 65+860 | | 5/9/16 | | | | | | | |
| DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA | | | | | | | | | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | | | |
| Prog. | Evento | Prog. corretta | Lat. | Long. | Velocità | Ora | T Pav _{sup} | T Aria | 100 | 200 | 300 | 600 | 900 | 1500 | IRI | Load | IS ₃₀₀ | IS ₂₀₀ | IS _{fond} | IS _{300_14°C} | IS _{200cr} | IS _{200cr_14°C} |
| km | | km | deg | deg | km/h | | °C | °C | micron/m | | | | | m/km | kg | micron | micron | micron | micron | micron | micron | |
| 35.820 | Cambio pavimentazione | 36.462 | 42.8114 | 12.4059 | 68 | 13.27.04 | 36 | 29 | 285 | 214 | 137 | 63 | 32 | 45 | 3.4 | 5720 | 62 | 43 | 23 | 45 | 47 | 33 |
| 35.830 | | 36.471 | 42.8115 | 12.4059 | 69 | 13.27.05 | 36 | 29 | 558 | 525 | 475 | 243 | 81 | 63 | 5.4 | 5253 | 133 | 76 | 43 | 95 | 73 | 52 |
| 35.840 | | 36.481 | 42.8116 | 12.4058 | 69 | 13.27.06 | 36 | 29 | 770 | 733 | 544 | 363 | 187 | 70 | 2.7 | 5409 | 177 | 102 | 77 | 126 | 84 | 60 |
| 35.850 | | 36.490 | 42.8117 | 12.4058 | 69 | 13.27.06 | 36 | 29 | 696 | 713 | 549 | 330 | 181 | 99 | 3.1 | 5355 | 168 | 97 | 84 | 120 | 78 | 56 |
| 35.860 | Annalorament. Inizio | 36.500 | 42.8118 | 12.4058 | 69 | 13.27.07 | 36 | 29 | 929 | 910 | 693 | 382 | 117 | 71 | 2.9 | 5399 | 221 | 129 | 57 | 157 | 115 | 82 |
| 35.870 | | 36.510 | 42.8119 | 12.4058 | 69 | 13.27.07 | 36 | 29 | 854 | 805 | 618 | 413 | 201 | 107 | 4.6 | 5081 | 195 | 112 | 92 | 139 | 88 | 63 |
| 35.880 | | 36.519 | 42.8120 | 12.4057 | 69 | 13.27.08 | 37 | 29 | 1171 | 1228 | 975 | 543 | 287 | 32 | 11.8 | 5398 | 289 | 166 | 96 | 206 | 130 | 92 |
| 35.890 | | 36.529 | 42.8120 | 12.4057 | 68 | 13.27.08 | 37 | 29 | 1509 | 1581 | 1108 | 403 | 156 | 56 | 13.3 | 5222 | 378 | 231 | 64 | 270 | 200 | 143 |
| 35.900 | Curve SX_Inizio | 36.538 | 42.8121 | 12.4057 | 69 | 13.27.09 | 36 | 29 | 1936 | 1846 | 1385 | 586 | 181 | 58 | 10.9 | 4856 | 462 | 279 | 72 | 329 | 235 | 168 |
| 35.910 | | 36.548 | 42.8122 | 12.4057 | 69 | 13.27.09 | 36 | 29 | 2090 | 1989 | 1481 | 749 | 333 | 84 | 16.2 | 5648 | 492 | 293 | 125 | 351 | 211 | 151 |
| 35.920 | | 36.558 | 42.8123 | 12.4056 | 69 | 13.27.10 | 36 | 29 | 1258 | 1209 | 883 | 341 | 125 | -35 | 4.8 | 5122 | 302 | 185 | 27 | 216 | 195 | 139 |
| 35.930 | Annalorament. Fine | 36.567 | 42.8124 | 12.4056 | 69 | 13.27.10 | 36 | 29 | 1206 | 1112 | 872 | 316 | 119 | 37 | 6.1 | 5103 | 287 | 175 | 47 | 204 | 164 | 117 |
| 35.940 | | 36.577 | 42.8125 | 12.4056 | 69 | 13.27.11 | 37 | 29 | 1348 | 1303 | 1027 | 436 | 205 | 72 | 7.0 | 5459 | 325 | 194 | 83 | 232 | 157 | 112 |
| 35.950 | | 36.587 | 42.8126 | 12.4055 | 69 | 13.27.11 | 36 | 29 | 1229 | 1206 | 964 | 433 | 191 | 59 | 12.1 | 5067 | 298 | 176 | 75 | 212 | 146 | 104 |
| 35.960 | | 36.596 | 42.8127 | 12.4055 | 69 | 13.27.12 | 37 | 29 | 1278 | 1226 | 995 | 413 | 231 | 66 | 5.6 | 5565 | 308 | 183 | 89 | 220 | 146 | 104 |
| 35.970 | | 36.606 | 42.8128 | 12.4055 | 69 | 13.27.12 | 36 | 29 | 623 | 653 | 541 | 313 | 199 | 14 | 1.5 | 5395 | 154 | 88 | 64 | 110 | 76 | 54 |
| 35.980 | Cambio pavimentazione | 36.615 | 42.8128 | 12.4054 | 69 | 13.27.13 | 36 | 29 | 921 | 898 | 724 | 344 | 145 | 57 | 3.8 | 5140 | 222 | 130 | 61 | 158 | 115 | 82 |
| 35.990 | | 36.625 | 42.8129 | 12.4054 | 69 | 13.27.13 | 36 | 29 | 1344 | 1276 | 988 | 443 | 217 | 67 | 4.8 | 5295 | 320 | 191 | 85 | 228 | 154 | 110 |
| 36.000 | | 36.635 | 42.8130 | 12.4054 | 69 | 13.27.14 | 36 | 29 | 927 | 923 | 749 | 339 | 118 | 39 | 1.5 | 5575 | 226 | 133 | 47 | 161 | 124 | 89 |
| 36.010 | | 36.644 | 42.8131 | 12.4053 | 69 | 13.27.14 | 36 | 29 | 710 | 731 | 621 | 357 | 175 | 47 | 1.0 | 5436 | 175 | 99 | 67 | 125 | 85 | 61 |
| 36.020 | | 36.654 | 42.8132 | 12.4053 | 69 | 13.27.15 | 36 | 29 | 783 | 780 | 675 | 393 | 187 | 44 | 1.5 | 5349 | 190 | 108 | 69 | 135 | 91 | 65 |
| 36.030 | | 36.663 | 42.8133 | 12.4052 | 69 | 13.27.15 | 36 | 29 | 763 | 781 | 730 | 465 | 254 | 119 | 2.0 | 5331 | 189 | 105 | 112 | 134 | 78 | 56 |
| 36.040 | | 36.673 | 42.8134 | 12.4052 | 69 | 13.27.16 | 36 | 29 | 514 | 475 | 353 | 175 | 77 | 87 | 1.2 | 5249 | 120 | 72 | 49 | 85 | 67 | 47 |
| 36.050 | | 36.683 | 42.8134 | 12.4051 | 69 | 13.27.17 | 36 | 29 | 465 | 442 | 332 | 162 | 62 | 30 | 2.0 | 5343 | 110 | 66 | 28 | 78 | 69 | 49 |

Tabella 1 - Classificazione degli indicatori e individuazione della tratta critica

Per individuare le tratte critiche sulla SS3 bis sulla base del rilievo con l'apparecchiatura **TSD** realizzata nel mese di settembre 2016, sono riportati in *tabella 2 e 3*, i punti critici (sezioni rosse) di IS₃₀₀ (14°) e di IS_{fond} presenti in ogni tratta ed il livello di criticità (ultima colonna) individuato come “densità” di punti critici ovvero come rapporto tra il numero di punti critici e la lunghezza della tratta. Inoltre, le tratte di lunghezza inferiore ai 100 m con 5 o più punti critici non sono state riportate. Sulla SS675 invece, con il criterio adottato non sono emerse tratte critiche.

Le progressive contenute nel rapporto di prova si discostano, in modo via via crescente dall'inizio alla fine della tratta indagata, anche di alcune centinaia di metri. Per avere i giusti riferimenti, tali progressive sono state corrette sulla base delle note riportate dai tecnici che hanno fatto il rilievo con il TSD.

| Progressive Rapporto di prova | | Progressive correte (reali) | | Lunghezza tratta [m] | IS _{fond} n. punti critici | IS ₃₀₀ n. punti critici | Livello di criticità |
|----------------------------------|---------|--------------------------------|---------|-------------------------|---|--|-------------------------|
| 8+640 | 8+770 | 8+810 | 8+940 | 130 | | 6 | 4,6 |
| 9+620 | 10+030 | 9+820 | 10+230 | 410 | 2 | | 0,5 |
| 16+530 | 16+690 | 16+830 | 16+990 | 160 | 1 | 9 | 16 |
| 17+930 | 18+430 | 18+250 | 18+750 | 500 | | 6 | 1,2 |
| 20+240 | 20+590 | 20+610 | 20+960 | 350 | 1 | 7 | 2,3 |
| 22+050 | 22+450 | 22+440 | 22+840 | 400 | 7 | | 1,8 |
| 23+010 | 23+470 | 23+420 | 23+880 | 460 | 8 | | 1,7 |
| 24+570 | 25+680 | 25+040 | 26+150 | 1110 | 18 | 8 | 2,4 |
| 29+650 | 32+280 | 30+210 | 32+840 | 2630 | 32 | 14 | 1,7 |
| 35+320 | 36+210 | 35+940 | 36+830 | 890 | 14 | 15 | 3,3 |
| 36+410 | 36+820 | 37+030 | 37+440 | 410 | 6 | 3 | 2,2 |
| 37+070 | 39+260 | 37+770 | 39+960 | 2190 | 10 | 27 | 1,7 |
| 39+820 | 41+590 | 40+580 | 42+350 | 1770 | 58 | 10 | 3,8 |
| 42+450 | 43+560 | 43+180 | 44+290 | 1110 | 23 | 13 | 3,2 |
| 44+070 | 45+620 | 44+870 | 46+420 | 1550 | 7 | 29 | 2,3 |
| 50+960 | 52+490 | 51+900 | 53+430 | 1530 | 40 | 4 | 2,9 |
| 57+590 | 58+250 | 58+670 | 59+330 | 660 | 10 | 1 | 1,7 |
| 69+290 | 69+600 | 69+320 | 60+630 | 310 | 1 | 5 | 1,9 |
| 71+840 | 72+010 | 71+890 | 72+060 | 170 | | 6 | 3,5 |
| 78+190 | 78+860 | 78+430 | 79+100 | 670 | | 17 | 2,5 |
| 85+100 | 85+260 | 85+430 | 85+590 | 160 | | 6 | 3,8 |
| 90+080 | 90+310 | 90+490 | 90+720 | 230 | | 8 | 3,5 |
| 94+950 | 95+280 | 95+430 | 95+760 | 330 | | 9 | 2,7 |
| 105+500 | 105+890 | 106+160 | 106+550 | 390 | | 14 | 3,6 |
| 108+520 | 109+370 | 109+240 | 110+090 | 850 | 10 | 6 | 1,9 |
| 118+860 | 119+040 | 119+660 | 119+840 | 180 | | 7 | 3,9 |
| 123+010 | 123+180 | 123+860 | 124+030 | 170 | | 11 | 6,5 |

Tabella 2 - TSD 2016: tratte critiche SS 3 bis – Carreggiata destra

| Progressive Rapporto di prova | | Progressive correte (reali) | | Lunghezza tratta [m] | IS _{fond} n. punti critici | IS ₃₀₀ n. punti critici | Livello di criticità |
|----------------------------------|---------|--------------------------------|---------|----------------------------|---|--|-------------------------|
| 130+940 | 130+690 | 130+910 | 130+660 | 250 | | 12 | 4,8 |
| 129+910 | 129+660 | 129+870 | 129+620 | 250 | | 16 | 6,4 |
| 129+470 | 128+960 | 129+430 | 128+920 | 510 | | 20 | 3,9 |
| 128+800 | 128+290 | 128+760 | 128+250 | 510 | | 25 | 4,9 |
| 127+850 | 126+420 | 127+700 | 126+270 | 1430 | | 110 | 7,7 |
| 125+240 | 125+150 | 125+060 | 124+970 | 90 | | 7 | 7,8 |
| 123+120 | 122+700 | 122+890 | 122+470 | 420 | | 8 | 1,9 |
| 121+610 | 121+410 | 121+370 | 121+170 | 200 | | 7 | 3,5 |
| 120+490 | 120+290 | 120+240 | 120+040 | 200 | | 14 | 7,0 |
| 117+420 | 117+280 | 117+140 | 117+000 | 140 | | 9 | 6,4 |
| 116+360 | 116+260 | 116+070 | 115+970 | 100 | | 8 | 8,0 |
| 110+110 | 109+800 | 109+790 | 109+480 | 310 | 1 | 23 | 7,7 |
| 106+890 | 106+560 | 106+500 | 106+170 | 330 | | 8 | 2,4 |
| 97+060 | 96+780 | 96+510 | 96+230 | 280 | | 15 | 5,4 |
| 84+580 | 84+440 | 83+840 | 83+700 | 140 | | 6 | 4,3 |
| 84+120 | 83+900 | 83+360 | 83+140 | 220 | | 4 | 1,8 |
| 73+560 | 73+320 | 72+580 | 72+340 | 240 | | 8 | 3,3 |
| 62+830 | 61+940 | 62+760 | 61+870 | 890 | 17 | 20 | 4,2 |
| 59+190 | 56+030 | 59+070 | 55+910 | 3160 | 66 | 7 | 2,3 |
| 55+620 | 54+140 | 55+440 | 53+960 | 1480 | 19 | 2 | 1,4 |
| 53+480 | 52+400 | 53+280 | 52+200 | 1080 | 16 | 9 | 2,3 |
| 52+230 | 51+810 | 51+980 | 51+560 | 420 | 13 | 4 | 4,0 |
| 51+510 | 51+390 | 51+250 | 51+130 | 120 | 7 | | 5,8 |
| 51+040 | 50+810 | 50+780 | 50+550 | 230 | | 8 | 3,5 |
| 49+460 | 49+330 | 49+180 | 49+050 | 130 | 2 | 6 | 6,2 |
| 48+300 | 48+100 | 47+970 | 47+770 | 200 | 6 | | 3,0 |
| 46+500 | 45+790 | 46+150 | 45+440 | 710 | 14 | | 2,0 |
| 44+370 | 41+620 | 43+910 | 41+160 | 2750 | 106 | 21 | 4,6 |
| 41+380 | 40+230 | 40+910 | 39+760 | 1150 | 15 | 1 | 1,4 |
| 39+980 | 39+600 | 39+480 | 39+100 | 380 | 6 | | 1,6 |
| 39+240 | 39+000 | 38+730 | 38+490 | 240 | 6 | | 2,5 |
| 37+720 | 36+600 | 37+200 | 36+080 | 1120 | 19 | 5 | 2,1 |
| 36+490 | 35+040 | 35+960 | 34+510 | 1450 | 10 | 10 | 1,4 |
| 33+370 | 32+600 | 32+740 | 31+970 | 770 | 30 | 1 | 4,0 |
| 32+440 | 31+910 | 31+810 | 31+280 | 530 | 14 | | 2,6 |
| 24+700 | 23+350 | 23+910 | 22+560 | 1350 | 56 | 8 | 4,7 |
| 22+230 | 21+180 | 21+430 | 20+380 | 1050 | 50 | 4 | 5,1 |
| 19+080 | 18+470 | 18+220 | 17+610 | 610 | 11 | | 1,8 |
| 12+000 | 11+260 | 10+990 | 10+250 | 740 | 1 | 18 | 2,4 |
| 4+400 | 4+280 | 3+200 | 3+080 | 120 | | 7 | 5,8 |

Tabella 3 - TSD 2016: tratte critiche SS 3 bis – Carreggiata sinistra

Nelle *tabelle 4 e 5* sono riportate le tratte critiche individuate sulla SS 3 bis sulla base del rilievo ripetuto nel mese di aprile 2017, elaborate con gli stessi criteri indicati per le due tabelle precedenti. Le righe evidenziate in giallo individuano le tratte di lunghezza maggiore di 300 m con un livello di criticità maggiore di 5.

| Progressive Rapporto di prova | | Progressive correte (reali) | | Lunghezza tratta [m] | IS _{fond} n. punti critici | IS ₃₀₀ n. punti critici | Livello di criticità |
|----------------------------------|---------|--------------------------------|---------|-------------------------|---|--|-------------------------|
| 0+880 | 1+100 | 1+495 | 1+710 | 220 | | 8 | 3,6 |
| 2+690 | 2+870 | 3+300 | 3+470 | 170 | | 11 | 6,5 |
| 4+340 | 4+480 | 4+930 | 5+070 | 140 | 4 | 1 | 3,6 |
| 15+550 | 15+910 | 16+220 | 16+580 | 360 | | 24 | 6,7 |
| 16+020 | 16+390 | 16+690 | 17+060 | 370 | | 16 | 4,3 |
| 17+520 | 17+690 | 18+190 | 18+360 | 170 | | 7 | 4,1 |
| 19+910 | 20+190 | 20+590 | 20+870 | 280 | | 12 | 4,3 |
| 20+490 | 20+810 | 21+170 | 21+490 | 320 | | 8 | 2,5 |
| 24+320 | 24+530 | 25+010 | 25+220 | 210 | 3 | 2 | 2,4 |
| 35+090 | 35+460 | 35+810 | 36+180 | 370 | | 16 | 4,3 |
| 36+610 | 36+030 | 36+340 | 36+760 | 420 | | 22 | 5,2 |
| 37+060 | 37+880 | 37+790 | 38+610 | 820 | | 38 | 4,6 |
| 38+250 | 38+860 | 38+990 | 39+600 | 610 | 2 | 46 | 7,9 |
| 39+870 | 40+070 | 40+610 | 40+810 | 200 | 9 | 5 | 7,0 |
| 40+560 | 41+130 | 41+300 | 41+870 | 570 | 16 | 15 | 5,4 |
| 46+840 | 47+010 | 47+590 | 47+760 | 170 | | 8 | 4,7 |
| 49+960 | 50+120 | 50+720 | 50+880 | 160 | | 8 | 5,0 |
| 58+110 | 58+280 | 58+890 | 59+060 | 170 | | 7 | 4,1 |
| 69+320 | 69+670 | 69+330 | 69+680 | 350 | 2 | 18 | 5,7 |
| 73+140 | 73+270 | 73+170 | 73+300 | 130 | | 11 | 8,5 |
| 74+000 | 74+670 | 74+030 | 74+700 | 670 | | 27 | 4,0 |
| 77+690 | 78+040 | 77+710 | 78+060 | 350 | | 20 | 5,7 |
| 78+310 | 79+040 | 78+360 | 79+090 | 730 | | 53 | 7,3 |
| 80+110 | 80+240 | 80+140 | 80+270 | 130 | | 6 | 4,6 |
| 82+050 | 82+170 | 82+090 | 82+210 | 120 | | 5 | 4,2 |
| 72+070 | 92+330 | 92+120 | 92+380 | 260 | | 14 | 5,4 |
| 95+320 | 95+670 | 95+360 | 95+670 | 350 | | 16 | 4,6 |
| 98+500 | 98+600 | 98+550 | 98+650 | 100 | | 5 | 5,0 |
| 100+120 | 100+290 | 100+180 | 100+350 | 170 | | 12 | 7,1 |
| 102+080 | 102+200 | 102+130 | 102+250 | 120 | | 5 | 4,2 |
| 106+160 | 106+660 | 106+210 | 106+710 | 500 | | 25 | 5,0 |
| 109+570 | 109+820 | 109+630 | 109+880 | 250 | 2 | 13 | 6,0 |
| 116+800 | 116+980 | 116+780 | 116+960 | 180 | | 9 | 5,0 |
| 119+670 | 119+880 | 119+640 | 119+850 | 210 | | 14 | 6,7 |
| 123+110 | 123+230 | 123+060 | 123+180 | 120 | | 6 | 5,0 |
| 123+890 | 124+070 | 123+840 | 124+020 | 180 | | 14 | 7,8 |

Tabella 4 - TSD 2017: tratte critiche SS 3 bis – Carreggiata destra

| Progressive Rapporto di prova | | Progressive correte(reali) | | Lunghezza tratta [m] | IS _{fond} n. punti critici | IS ₃₀₀ n. punti critici | Livello di criticità |
|----------------------------------|---------|-------------------------------|---------|-------------------------|---|--|-------------------------|
| 128+860 | 129+610 | 129+800 | 129+550 | 250 | 2 | 11 | 5,2 |
| 129+270 | 129+000 | 129+220 | 128+950 | 270 | | 16 | 5,9 |
| 128+730 | 128+360 | 128+680 | 128+300 | 380 | | 17 | 4,5 |
| 127+780 | 126+340 | 127+780 | 126+220 | 1440 | 5 | 57 | 4,3 |
| 123+220 | 123+100 | 123+150 | 123+030 | 120 | 1 | 8 | 7,5 |
| 122+180 | 122+490 | 122+910 | 122+420 | 490 | | 26 | 5,3 |
| 122+230 | 122+070 | 122+180 | 122+020 | 160 | 2 | 3 | 3,1 |
| 121+480 | 121+380 | 121+430 | 121+330 | 100 | | 5 | 5,0 |
| 120+780 | 120+610 | 120+730 | 126+560 | 170 | | 5 | 2,9 |
| 120+300 | 120+090 | 120+250 | 120+040 | 210 | | 13 | 6,2 |
| 119+930 | 119+750 | 119+880 | 110+700 | 180 | | 10 | 5,6 |
| 118+520 | 118+380 | 118+470 | 118+330 | 140 | | 5 | 3,6 |
| 117+780 | 117+640 | 117+730 | 117+590 | 140 | | 8 | 5,7 |
| 115+320 | 115+120 | 115+310 | 115+110 | 200 | | 7 | 3,5 |
| 109+770 | 109+440 | 109+820 | 109+490 | 330 | 3 | 8 | 3,3 |
| 106+480 | 106+140 | 106+520 | 106+180 | 340 | 6 | 19 | 7,3 |
| 96+490 | 96+210 | 96+520 | 96+240 | 280 | | 24 | 8,6 |
| 87+210 | 87+110 | 87+250 | 87+150 | 100 | | 6 | 6,0 |
| 84+060 | 83+820 | 84+090 | 83+850 | 240 | | 9 | 3,7 |
| 77+600 | 77+380 | 77+620 | 77+400 | 220 | 2 | 13 | 6,8 |
| 71+600 | 71+220 | 71+590 | 71+200 | 390 | | 13 | 3,3 |
| 67+720 | 67+510 | 67+710 | 67+500 | 210 | | 12 | 5,7 |
| 62+810 | 62+480 | 62+810 | 62+480 | 330 | | 14 | 4,2 |
| 62+160 | 61+960 | 62+160 | 61+960 | 210 | 4 | 14 | 8,6 |
| 60+330 | 60+060 | 60+330 | 60+060 | 270 | | 10 | 3,7 |
| 57+780 | 57+620 | 57+770 | 57+610 | 160 | | 10 | 6,2 |
| 51+920 | 51+780 | 51+890 | 51+750 | 140 | 3 | 3 | 4,3 |
| 50+840 | 50+190 | 50+800 | 50+140 | 660 | | 40 | 6,1 |
| 49+820 | 49+600 | 49+770 | 49+550 | 220 | | 12 | 5,4 |
| 49+230 | 49+100 | 49+170 | 49+040 | 130 | | 6 | 4,6 |
| 48+350 | 48+240 | 48+280 | 48+170 | 110 | | 8 | 7,3 |
| 43+670 | 43+490 | 43+560 | 43+380 | 180 | | 10 | 5,6 |
| 43+260 | 42+910 | 43+140 | 42+790 | 350 | | 18 | 5,1 |
| 42+170 | 41+680 | 42+050 | 41+560 | 490 | 6 | 36 | 8,6 |
| 41+480 | 41+350 | 41+360 | 41+230 | 130 | 3 | 6 | 6,9 |
| 38+780 | 38+600 | 38+670 | 38+490 | 180 | 2 | 6 | 4,4 |
| 38+220 | 38+060 | 38+120 | 37+960 | 160 | | 8 | 5,0 |
| 37+140 | 37+050 | 37+040 | 36+950 | 90 | | 10 | 11,1 |
| 35+750 | 35+010 | 35+650 | 34+910 | 740 | | 20 | 2,7 |
| 21+410 | 21+310 | 21+290 | 21+190 | 100 | 4 | 9 | 13,0 |
| 21+220 | 21+060 | 21+090 | 20+930 | 160 | 1 | 5 | 3,7 |

Tabella 5 - TSD 2017: tratte critiche SS 3 bis – Carreggiata sinistra

1.3 Pozzetti esplorativi

Al fine di acquisire ulteriori informazioni sullo stato della pavimentazione della SS 3 bis, in particolare per analizzare i materiali che costituiscono lo strato di fondazione, sono stati eseguiti dei prelievi mediante l'apertura di pozzetti esplorativi (*figura 4*). Una prima serie di 10 prelievi è stata eseguita nel mese di novembre 2016, un'altra sempre di 10 prelievi è stata eseguita nel mese di aprile 2018.

Una volta rimosso il pacchetto degli strati di conglomerato bituminoso e misurato lo spessore, si è proceduto al prelievo del sottostante materiale granulare, prestando attenzione a separare eventuali materiali di natura e caratteristiche diverse come fondazione e sottofondo. Anche arrivando ad una profondità di 60-70 cm dalla base degli strati di conglomerato bituminoso non sono stati trovati materiali diversi.

Quindi, i materiali prelevati (uno per ogni pozzetto) sono stati recapitati al Laboratorio di strade dell'università Politecnica delle Marche che ha eseguito le prove di classificazione e analisi granulometrica. I risultati più significativi sono riassunti nelle tabelle 6, 7 e 8.



Figura 4 - Foto di prelievi da pozzetti esplorativi

| Progressive | Passante a 2,00 mm | Passante a 0,42 mm | Passante a 0,063 mm | Limite liquido | Limite plastico | IP | Classifica |
|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----|------------|
| km 16+950 dx | 20,2 | 10,5 | 6,3 | - | NP | NP | A1-a |
| km 22+600 dx | 20,8 | 11,7 | 7,7 | 25,9 | 19,0 | 6,9 | A2-4 |
| km 25+050 dx | 28,5 | 18,1 | 11,7 | 22,5 | 15,1 | 7,4 | A2-4 |
| km 31+400 dx | 14,8 | 6,9 | 3,9 | - | NP | NP | A1-a |
| km 36+510 dx | 21,0 | 14,9 | 7,5 | - | NP | NP | A1-a |
| km 40+896 sx | 23,0 | 13,0 | 6,1 | - | NP | NP | A1-a |
| km 36+996 sx | 40,6 | 25,3 | 15,4 | 40,7 | 32,0 | 8,7 | A2-5 |
| km 32+200 sx | 24,7 | 13,0 | 5,7 | - | NP | NP | A1-a |
| km 23+000 sx | 28,5 | 12,7 | 6,5 | - | NP | NP | A1-a |
| km 20+980 sx | 9,7 | 5,2 | 2,9 | 18,7 | 12,9 | 5,8 | A1-b |

Tabella 6 - Risultati delle prove sui materiali prelevati nel mese di novembre 2016

| Progressive | Passante a 2,00 mm | Passante a 0,42 mm | Passante a 0,063 mm | Limite liquido | Limite plastico | IP | Classifica |
|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----|------------|
| km 62+500 sx | 23,2 | 19,2 | 13,1 | 41,5 | 32,5 | 9,0 | A2-5 |
| km 58+900 sx | 23,7 | 19,1 | 13,9 | 23,5 | 14,5 | 9,0 | A2-5 |
| km 57+300 sx | 25,4 | 19,8 | 9,5 | - | NP | NP | A1-a |
| km 56+100 sx | 26,8 | 20,0 | 6,7 | - | NP | NP | A1-a |
| km 54+650 sx | 19,2 | 15,2 | 7,0 | - | NP | NP | A1-a |
| km 54+550 sx | 30,6 | 27,6 | 13,1 | 11,0 | 7,0 | 4,0 | A1-b |
| km 53+200 sx | 30,8 | 19,1 | 4,4 | - | NP | NP | A1-a |
| km 52+150 sx | 9,9 | 6,8 | 4,8 | - | NP | NP | A1-a |
| km 48+950 sx | 12,9 | 9,6 | 4,7 | - | NP | NP | A1-a |
| km 47+950 sx | 21,9 | 11,6 | 5,4 | - | NP | NP | A1-a |

Tabella 7 - Risultati delle prove sui materiali prelevati nel mese di aprile 2018

| Progressive | Passante a 2,00 mm | Passante a 0,40 mm | Passante a 0,063 mm | Limite liquido | Limite plastico | IP | Classifica |
|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|----|------------|
| km 84+300 | 32,4 | 18,7 | 9,2 | - | NP | NP | A1-a |
| km 84+800 | 42,6 | 25,0 | 12,2 | - | NP | NP | A1-a |
| km 85+300 | 40,3 | 24,6 | 13,1 | - | NP | NP | A1-a |
| km 85+800 | 38,1 | 20,9 | 10,0 | - | NP | NP | A1-a |
| km 86+300 | 40,7 | 25,3 | 14,6 | - | NP | NP | A1-a |
| km 86+800 | 40,4 | 22,4 | 12,0 | 20 | 14 | 6 | A1-a |
| km 87+300 | 30,7 | 18,7 | 8,9 | - | NP | NP | A1-a |
| km 87+800 | 32,5 | 17,4 | 8,4 | - | NP | NP | A1-a |
| km 88+300 | 34,8 | 20,7 | 11,4 | 23 | 17 | 6 | A1-a |
| km 88+800 | 33,1 | 16,9 | 8,0 | - | NP | NP | A1-a |
| km 89+300 | 37,9 | 17,6 | 6,8 | - | NP | NP | A1-a |
| km 89+800 | 36,6 | 20,3 | 10,4 | - | NP | NP | A1-a |
| km 90+300 | 35,8 | 21,8 | 11,2 | - | NP | NP | A1-a |

Tabella 8 - Risultati delle prove sui materiali prelevati nel mese di marzo 2020

Nel corso dei prelievi è stato accertato che, sotto agli strati di conglomerato bituminoso, generalmente, non esiste uno strato di fondazione ma un unico materiale che costituisce sia la fondazione che il sottofondo e dalle prove di laboratorio è emerso che, in tutti i casi, il materiale presente sotto ai conglomerati bituminosi non è costituito da misto granulare stabilizzato, ma da tout venant, che con i Capitolati attuali non è accettabile.



Figura 5 - Campioni prelevati rispettivamente alla progressiva km 2+200, al km 40+896 e al km 48+950 in direzione sud

Nella prima serie di prelievi (novembre 2016) in 4 casi su dieci il materiale è risultato sensibilmente plastico (IP compreso tra 5,8 e 8,7). Nella seconda serie di prelievi (aprile 2018) in 4 casi su dieci il materiale è risultato del tipo A2-5 con Indice di Plasticità 9. Nella terza serie di prelievi (marzo 2020) in 2 casi su dieci il materiale è risultato del tipo A1-a con Indice di Plasticità pari a 6.

Inoltre, la granulometria non è sempre di tipo continuo, talvolta povera di materiale medio-piccolo (frazione tra 2 e 10 mm). La forma è spesso arrotondata (*figura 5*), caratteristica di materiali provenienti da depositi alluvionali non soggetti a lavorazione industriale (frantumazione e vagliatura).

1.4 Individuazione degli interventi manutentivi

Accertato che, almeno nelle tratte critiche indagate le criticità sono rappresentate dalla mancanza di un adeguato strato di fondazione e dalla scarsa

qualità dei materiali di sottofondo, gli interventi manutentivi non possono che essere orientati verso il risanamento profondo della pavimentazione esistente.

Nei tratti in cui il sottofondo presenta valori di portanza molto bassi, si è provveduto ad un intervento di bonifica del sottofondo mediante stabilizzazione a calce. Inoltre, è necessario prevedere la realizzazione di un adeguato strato di fondazione attraverso la sostituzione del materiale esistente (con idoneo misto granulare stabilizzato), oppure attraverso il trattamento di stabilizzazione a cemento. Quest'ultimo consiste nella miscelazione con cemento del materiale presente sul posto mediante l'impiego di un pulvimixer. Nei casi in cui il materiale da stabilizzare presenta Indice di Plasticità $IP > 5$, cioè quando la miscela di aggregati contiene una significativa presenza di materiali fini (plastici) di natura argillosa come accertato per alcuni prelievi riportate in tabelle 6, 7 e 8) è necessario procedere ad un pretrattamento con calce.

L'individuazione del tipo di legante (calce e/o cemento), il dosaggio da adottare per il raggiungimento delle prestazioni previste e l'eventuale correzione granulometrica devono scaturire da specifiche indagini di laboratorio.

Per la nuova pavimentazione vengono proposte due soluzioni alternative che, con costi molto simili, garantiscono lo stesso livello prestazionale (vita utile). Una ipotesi è quella che prevede la presenza di uno strato di conglomerato bituminoso riciclato a freddo (base a freddo), che garantisce la possibilità di riutilizzare gran parte del fresato proveniente dalla demolizione della pavimentazione esistente. L'altra ipotesi è quella di realizzare una pavimentazione con base a caldo.

Gli spessori ipotizzati, che di seguito sono stati verificati mediante il calcolo razionale della pavimentazione, sono: tappeto di usura con bitume modificato hard (tipo A) 4 cm, binder con bitume modificato hard 6 cm, base a freddo (ipotesi 1) 16 cm, base a caldo con bitume modificato hard (seconda ipotesi) 12 cm.

1.5 Dimensionamento delle nuove pavimentazioni

Le pavimentazioni stradali svolgono la funzione di ripartire sul terreno i carichi trasmessi dai veicoli, in particolare da quelli pesanti.

In linea di principio il metodo di progetto di una pavimentazione stradale non differisce sostanzialmente da quello di una qualsiasi altra struttura dell'ingegneria civile: note le caratteristiche meccaniche dei materiali da impiegare ed i carichi trasmessi dai veicoli, la sovrastruttura deve garantire un certo livello di integrità entro la così detta vita utile.

In pratica però la grande variabilità dei materiali che possono essere impiegati, la difficoltà di definire compiutamente il danno subito e i livelli di carico, rendono il problema estremamente complesso. Due sono i punti fondamentali che distinguono il progetto di una pavimentazione stradale da quello di una qualsiasi altra struttura civile:

1. la difficoltà di individuare la natura e le caratteristiche intrinseche dei materiali impiegati, estremamente variabili con le condizioni climatiche e con la modalità di applicazione dei carichi;
2. il trascurare gli effetti prodotti dal peso proprio, in quanto la loro incidenza sullo stato tenso-deformativo è minimo rispetto a quella dei carichi accidentali (veicoli) e delle condizioni ambientali (temperatura e umidità);

Le moderne tecniche numeriche, basate sull'applicazione della teoria degli elementi finiti o del multistrato elastico, consentono di ricostruire al calcolatore un modello teorico della pavimentazione, costituita dalla sovrapposizione di differenti strati di conglomerato bituminoso, approssimando in modo più fedele possibile il suo comportamento reale. Tale algoritmo rientra tra i "metodi razionali" per il calcolo delle pavimentazioni flessibili che negli ultimi anni hanno sostituito i "metodi empirici" basati invece sull'osservazione diretta di tronchi stradali sperimentali.

I metodi fondati su una valutazione “razionale”, cioè “per via di calcolo”, si basano sullo studio del comportamento tenso-deformativo dei vari strati della pavimentazione attraverso cui si procede:

1. alla verifica del danno da fatica accumulato nei vari strati durante la vita utile della pavimentazione (legge di Miner);
2. alla verifica della profondità delle ormaie prodotte al termine della vita utile, le quali non devono superare il limite di tollerabilità per la funzionalità e la sicurezza del piano viabile.

Questo consente di associare ad ogni pavimentazione stradale, sottoposta ad un certo traffico, una *vita utile*, cioè di quel periodo di tempo, o di cicli di carico, al di là del quale la degradazione da essa subita ne rende necessario il rifacimento. Si evidenzia che la vita utile della pavimentazione non esclude la necessità di interventi manutentivi non strutturali relativi al ripristino delle condizioni superficiali di regolarità ed aderenza.

1.5.1 Metodo di calcolo

Il processo progettuale per il dimensionamento strutturale di una pavimentazione stradale si basa principalmente su cinque passaggi:

- la definizione preliminare degli spessori di ogni singolo strato;
- la scelta dei materiali da impiegare;
- la conoscenza dei dati di traffico e delle condizioni climatiche di esercizio;
- il calcolo delle tensioni indotte dall'applicazione dei carichi;
- l'applicazione degli appropriati criteri di verifica.

In particolare, la durata di una pavimentazione viene correlata al numero massimo di passaggi dell'asse standard che è in grado di sopportare prima di raggiungere il collasso strutturale. Nota pertanto la classe di traffico assunta come riferimento, si determinerà il relativo stato tenso-deformativo indotto

risolvendo la sovrastruttura tramite modelli di calcolo. Il massimo valore della deformazione orizzontale di trazione alla base degli strati legati sarà quindi utilizzato come dato di input per determinare, dalle curve di fatica, il numero massimo di cicli sopportabili dalla pavimentazione. Sperimentalmente è stato dimostrato che tale operazione risulta cautelativa in quanto le curve di fatica determinate in laboratorio, o gli eventuali fattori di traslazione laboratorio-sito, sottovalutano il fenomeno del recupero (autoriparazione).

Tenuto conto che le proprietà meccaniche dei conglomerati bituminosi si modificano sensibilmente al variare della temperatura, tale operazione deve essere ripetuta per ciascun periodo dell'anno (stagione, mese, ecc.) a cui si associa una stessa temperatura media dell'aria. In particolare, sulla base delle temperature medie mensili dell'aria ricavate dalla stazione meteo più vicina alla zona interessata dal progetto, si può risalire alla temperatura del conglomerato bituminoso alla profondità z (espressa in centimetri) secondo la nota formula introdotta di Witczak:

$$T_z = (1,467 + 0,043 \cdot z) + (1,362 - 0,005 \cdot z) \cdot T_a$$

dove T_z è la temperatura alla profondità z e T_a è la temperatura media dell'aria.

Ammettendo una ripartizione del traffico proporzionale nei giorni dell'anno di ciascun periodo (stagione, mese, ecc.), sarà possibile determinare il numero totale dei passaggi dell'asse standard che produce la rottura per fatica della pavimentazione sfruttando la legge di Miner, meglio nota come la legge "di accumulo lineare del danno da fatica".

La legge di Miner può essere enunciata nel modo seguente:

“Se $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_k$ sono le ampiezze delle deformazioni corrispondenti rispettivamente a n_1, n_2, \dots, n_k cicli di carico applicati ad un materiale senza alcun ordine particolare, si produce la rottura per fatica quando la seguente disequazione è verificata con il segno di uguaglianza:

$$\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

dove N_i è il numero di cicli di deformazione che porterebbe a rottura il materiale qualora l'ampiezza di deformazione fosse mantenuta costante pari a ε_i .

Supposto di aver risolto la struttura per un numero di periodi dell'anno pari a k determinando altrettante coppie di valori (ε_i, N_i) , l'equazione che consentirà di determinare il numero N_x di passaggi dell'asse standard che porta al collasso per fatica la pavimentazione sarà la seguente:

$$\sum_{i=1}^k \frac{\left(\frac{N_x}{k}\right)}{N_i} = 1$$

Una volta individuato il numero totale N_x dei passaggi riferiti all'asse standard che la pavimentazione può sopportare, la determinazione della vita utile espressa in anni è calcolata dividendo tale valore N_x per la popolazione dei veicoli annui in assi standard equivalenti.

Nel caso si decida di suddividere l'anno in quattro periodi corrispondenti alle quattro stagioni, la determinazione del numero massimo di passaggi dell'asse standard assume la seguente espressione:

$$N_{tot} = \frac{4N_{tot1} \cdot N_{tot2} \cdot N_{tot3} \cdot N_{tot4}}{N_{tot2}N_{tot3}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot3}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot2}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot2}N_{tot3}}$$

1.5.2 Leggi di fatica

➤ Legge di fatica per i materiali legati a bitume

La legge di fatica assunta per l'analisi dei materiali legati a bitume è la legge di Finn. La procedura che ha portato ad ottenere i modelli di fatica più utilizzati, tra cui il modello di Finn, è quella di determinare le prestazioni a fatica del

materiale in laboratorio, per poi, attraverso opportuni fattori di traslazione, ottenere risultati compatibile con il comportamento in esercizio.

La legge di Finn può essere espressa come:

$$N_t = 10^{-3.083} \cdot \varepsilon_t^{-3.291} \cdot E^{-0.854}$$

dove:

- N_t = è il numero di cicli di applicazione del carico, riferito all'asse standard considerato, che causa la fessurazione del 10% della superficie stradale;
- ε_t = è la deformazione orizzontale di trazione massima alla base degli strati legati a bitume riferita all'inizio della vita della pavimentazione;
- E = è il modulo elastico (espresso in MPa) dello strato più profondo in conglomerato bituminoso riferito alla temperatura effettiva dello strato stesso.

➤ ***Leggi di fatica per le miscele legate a cemento***

In maniera analoga a quanto esposto per le miscele trattate con cemento ed emulsione, anche gli strati in misto cementato presentano un comportamento evolutivo molto diverso a seconda che vengano considerati i primi anni di servizio (prima fase) o il periodo successivo (seconda fase). I misti cementati nella prima fase mostrano un comportamento a fatica in cui il materiale si presenta a “blocchi” ma comunque rigido e coeso per poi fessurarsi progressivamente fino ad assumere, nella seconda fase, un comportamento simile ai misti granulari. Benché questo cambiamento di comportamento avvenga gradualmente nel tempo, la modellazione della struttura prevede una schematizzazione in due fasi consecutive distinte tra loro:

- nella prima fase la sovrastruttura viene calcolata attribuendo un valore di modulo iniziale al misto cementato e si presenta a blocchi di dimensioni da 1 a 10 volte lo spessore dello strato stesso. In questo caso viene

definita la vita a fatica sulla base della massima deformazione di trazione subita dallo strato ε_t e della massima deformazione di trazione ammissibile ε_b . In questa fase i parametri fondamentali che entrano in gioco sono il modulo elastico iniziale, lo spessore dello strato, la massima deformazione alla base dello strato stesso e la deformazione critica;

- nella seconda fase lo strato passa da uno stato a “blocchi” di dimensioni circa uguali allo spessore dello strato ad uno stato granulare. L’intera sovrastruttura viene ricalcolata con un valore di modulo ridotto e viene applicata una legge di trasferimento che tiene in considerazione la massima tensione di compressione subita dallo strato σ_v e il rispettivo valore ammissibile UCS. In questa fase i parametri fondamentali che entrano in gioco sono il modulo ridotto (valore che tiene in considerazione la natura fessurato/granulare dello strato), lo spessore dello strato, la massima tensione di compressione in sommità dello strato stesso e la rispettiva tensione di compressione critica.

In tale ambito, numerose ricerche sono state svolte al fine di fornire i valori di riferimento (in funzione dei materiali impiegati) per ognuno dei parametri sopraelencati e di tarare adeguate leggi previsionali per la vita utile dello strato cementato e le sue ripercussioni all’interno dell’intera sovrastruttura [5].

Andando perciò a distinguere le due fasi comportamentali dello strato in misto cementato è possibile affermare che, durante la prima fase, la deformazione di trazione è il parametro chiave nella determinazione della vita utile a fatica. La vita a fatica è definita come il numero di ripetizioni di carico che determina la riduzione del modulo fino a raggiungere un valore critico in funzione del tipo di miscela. Il criterio proposto per strade con elevato traffico pesante è basato sulla seguente equazione:

$$N_f = 10^{6.84 \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_t}{7.63 \cdot \varepsilon_b}\right)}$$

Dove N_f sono il numero di cicli di carico di asse standard ammissibile durante il periodo di vita a fatica effettivo, ϵ_t è la massima deformazione di trazione alla base dello strato e ϵ_b è la massima deformazione di trazione ammissibile.

Infine, tale valore viene relazionato allo spessore dello strato d per mezzo di uno Shift Factor (SF), o fattore di traslazione, definito secondo la seguente equazione:

$$SF = 10^{(0.00285 \cdot d - 0.293)}$$

Dopo aver calcolato il numero di cicli di carico che determinano la fine della prima fase (fase a fatica con materiale non fessurato), si passa allo studio della seconda fase nella quale il materiale si comporta in maniera analoga ad uno strato granulare e la legge a cui si fa riferimento per strade ad alto traffico è la seguente:

$$N_{Ci} = 10^{7.506 \cdot (1 - \frac{\sigma_v}{1.10 \cdot UCS})}$$

Dove σ_v è la tensione di compressione in sommità dello strato e UCS è la tensione massima a compressione ammissibile.

In maniera analoga a quanto descritto per gli strati trattati con cemento ed emulsione, il valore totale dei cicli di carico sopportati dallo strato trattato con cemento risulta essere la somma dei cicli accumulati durante le due fasi:

$$N = N_f + N_{Ca}$$

Occorre notare che se durante la prima fase gli altri strati (“ i ”) che costituiscono la sovrastruttura hanno tutti una vita utile (N_{i1}) superiore a N_f , tale eccesso ($N_{i1} - N_f$) va moltiplicato per il rapporto:

$$\left(\frac{N_{i2}}{N_{i1}} \right)$$

dove N_{i2} è il numero di cicli dello stesso strato calcolato nelle condizioni di seconda fase. In tal caso la vita utile dello strato i -esimo risulterebbe essere:

$$N_f + (N_{i1} - N_f) \cdot \frac{N_{i2}}{N_{i1}}$$

In caso contrario se uno strato qualsiasi della pavimentazione va in crisi per un numero di cicli N_i inferiore a N_f è evidente che questo determina la vita utile dell'intera pavimentazione senza l'instaurarsi della seconda fase.

➤ ***Verifica dei materiali non legati***

La natura ciclica dei carichi che transitano sulla superficie stradale è tale da produrre sulla sommità dello strato di fondazione o del terreno di sottofondo delle tensioni verticali σ_z che possono creare avvallamenti sul piano viabile per effetto di accumulo di deformazioni plastiche ε_z . Tale evenienza è tanto più probabile quanto più elevato è il livello tenso-deformativo trasferito dalla sovrastruttura.

Analogamente a quanto visto per le leggi di fatica, esistono diversi criteri per la verifica razionale del sottofondo. Il criterio proposto riprende il modello sviluppato dal Transport Research Laboratory (TRL):

$$\log N_z = - 7.21 - 3.95 \cdot \log \varepsilon_z$$

dove:

- N_z = è il numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti;
- ε_z = è la deformazione verticale di compressione sulla sommità dello strato (fondazione o sottofondo).

1.5.3 Tipologie di pavimentazioni adottate

Per la nuova pavimentazione vengono proposte tre diverse soluzioni: una con base a caldo, una con base a freddo per attenuare il problema dello smaltimento del fresato e una con base a caldo aumentata di 2 cm (da 12cm a 14 cm) destinata

alla breve tratta compresa tra l'innesto della SS 318 (direttrice Perugia Ancona dell'Asse Viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna) e l'innesto del raccordo autostradale Perugia-Bettolle, con carico di traffico nettamente superiore al resto dell'itinerario umbro della SS3bis.

➤ ***Nuova pavimentazione con base a caldo***

La nuova pavimentazione con base a caldo è costituita da uno strato di fondazione stabilizzata a cemento (o calce e cemento) di 35 cm, uno strato di base con bitume modificato hard di 12 cm, uno strato di binder con bitume modificato hard di 6 cm ed un tappeto di usura di tipo A con bitume modificato hard di 4 cm (figura 6).

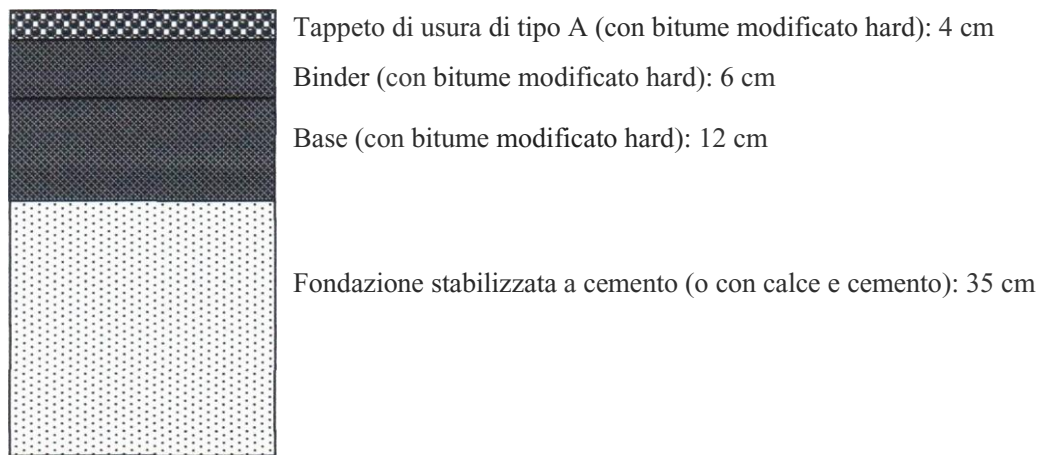


Figura 6 - Pavimentazione con base a caldo

Ai fini del calcolo, è stata assunta una sovrastruttura costituita da 22 cm di conglomerato bituminoso con bitume modificato hard, 35 cm di fondazione stabilizzata a cemento e dal sottofondo considerato un semispazio.

➤ ***Nuova pavimentazione con base riciclata a freddo***

La nuova pavimentazione con uno strato di fresato riciclato a freddo è costituita da uno strato di fondazione stabilizzata a cemento (oppure a calce e cemento) di 35 cm, uno strato di base a freddo con emulsione di bitume modificato di 16

cm, uno strato di binder con bitume modificato hard di 6 cm ed un tappeto di usura di tipo A con bitume modificato hard di 4 cm (*figura 7*).

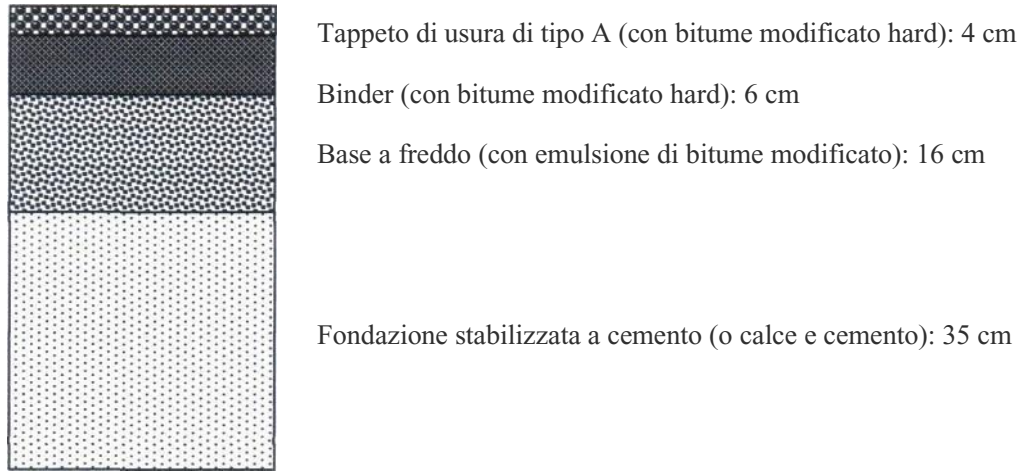


Figura 7 - Pavimentazione con base a freddo

Ai fini del calcolo, è stata assunta come nuova pavimentazione la sovrastruttura costituita da 10 cm di conglomerato bituminoso con bitume modificato hard, 16 cm di base a freddo con emulsione di bitume modificato, 35 cm di fondazione stabilizzata a cemento e dal sottofondo considerato un semispazio.

➤ ***Nuova pavimentazione con base a caldo maggiorata***

La nuova pavimentazione con base a caldo “*maggiorata*” è costituita da uno strato di fondazione stabilizzata a cemento (o calce e cemento) di 35 cm, uno strato di base con bitume modificato hard di 14 cm, uno strato di binder con bitume modificato hard di 6 cm ed un tappeto di usura di tipo A con bitume modificato hard di 4 cm (*figura 8*).

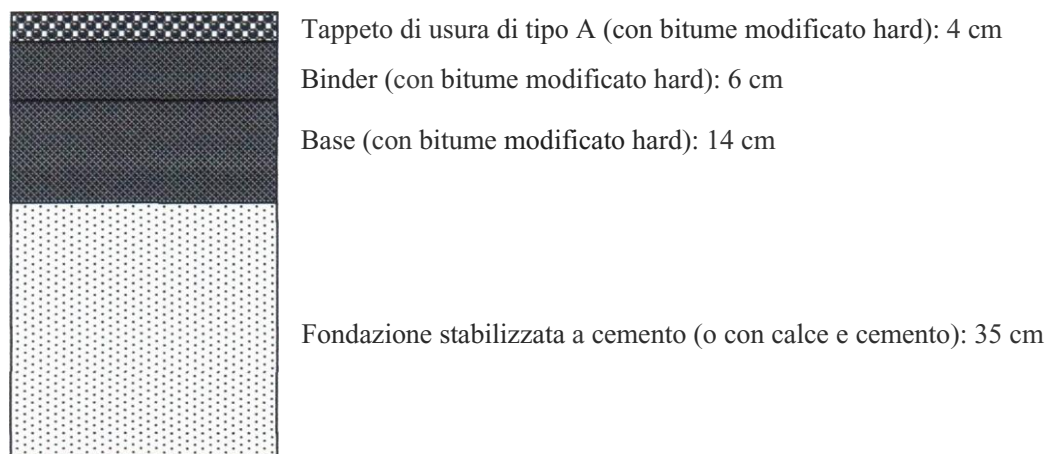


Figura 8 - Pavimentazione con base a caldo maggiorata

Ai fini del calcolo, è stata assunta come nuova pavimentazione la sovrastruttura costituita da 24 cm di conglomerato bituminoso con bitume modificato hard, 35 cm di fondazione stabilizzata a cemento e dal sottofondo considerato un semispazio.

1.5.4 Dati di traffico

I dati di traffico utilizzati sono quelli dei mezzi pesanti rilevati dall'ANAS in alcune progressive del tratto umbro della SS3 bis, dal 2012 al 2017.

Nella maggior parte delle sezioni il carico di traffico è di circa 1500 veicoli pesanti/giorno con incrementi molto bassi negli ultimi sei anni (2012 – 2017). In due sezioni (km 68+900 e km 73+990) si sono viceversa registrati notevoli incrementi dei flussi di traffico, in entrambe le direzioni, che nel 2017 hanno raggiunto la media annuale di 2300 veicoli pesanti/giorno, senza notevoli variazioni stagionali. La tratta più trafficata, come già noto, è quella compresa tra l'innesto della SS 318 (diretrice Perugia Ancona dell'Asse Viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna) e l'innesto del raccordo autostradale Perugia-Bettolle, dove confluisce anche la SS 75 Centrale Umbra.

Al fine di calcolare il carico di traffico previsto per i prossimi 20 anni di vita utile della pavimentazione si sono fatte pertanto ipotesi diverse. Nella breve tratta più trafficata (zona di Collestrada), dove si sono avuti incrementi molto

forti negli ultimi anni, il tasso di incremento annuo del traffico pesante è stato ipotizzato dell'1% per primi 10 anni e dello 0,5% per i successivi 10 anni a partire da 2300 veicoli pesanti/giorno registrati nel 2017 come media sull'intero anno. Nel resto dell'itinerario umbro sono stati valutati due scenari: traffico iniziale di 2000 veicoli pesanti/giorno (sensibilmente più alto di quello rilevato nel 2017) con un tasso di incremento annuo dell'1% per primi 10 anni e dello 0,5% per i successivi 10 anni, oppure (secondo scenario) traffico iniziale di 1500 veicoli pesanti/giorno (mediamente quello rilevato nel 2017) con un tasso di incremento annuo del 2% per primi 10 anni e dell'1% per i successivi 10 anni a partire da 1500 registrati nel 2017 come media su l'intero anno .

Per la conversione dei mezzi pesanti a passaggi dell'asse standard da 80 kN a ruote gemellate sono stati utilizzati i fattori di equivalenza e lo spettro di traffico contenuti nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali redatto dal CNR e riportati nella tabella 9. Nella stessa tabella è riportato anche il coefficiente di equivalenza *C.E.* che esprime il numero medio di assi standard per veicolo pesante.

| Extraurbane principali - spettro di traffico | | | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|------------------|-------------|
| Categoria veicoli | % | carico per asse | | | | | Coef.equiv | C.E. |
| 2 - Autocarri leggeri | 13.10 | 15 | 30 | - | - | - | 0,02 | 0,00 |
| 3 - Autocarri medi e pesanti | 39.50 | 40 | 80 | - | - | - | 1,06 | 0,42 |
| 4 - Autocarri medi e pesanti | 10.50 | 50 | 110 | - | - | - | 3,73 | 0,39 |
| 5 - Autocarri pesanti | 7.90 | 40 | 80 | 80 | - | - | 2,06 | 0,16 |
| 6 - Autocarri pesanti | 2.60 | 60 | 100 | 100 | - | - | 5,20 | 0,14 |
| 7 - Autotreni e articolati | 2.60 | 40 | 90 | 80 | 80 | - | 3,66 | 0,10 |
| 8 - Autotreni e articolati | 2.50 | 60 | 100 | 100 | 100 | - | 7,64 | 0,19 |
| 9 - Autotreni e articolati | 2.60 | 40 | 80 | 80 | 80 | 80 | 3,06 | 0,08 |
| 10 - Autotreni e articolati | 2.50 | 60 | 90 | 90 | 100 | 100 | 8,40 | 0,21 |
| 11 - Autotreni e articolati | 2.60 | 40 | 100 | 80 | 80 | 80 | 5,50 | 0,14 |
| 12 - Autotreni e articolati | 2.60 | 60 | 110 | 90 | 90 | 90 | 8,70 | 0,23 |
| 13 - Mezzi d'opera | 0.50 | 50 | 120 | 130 | 130 | 130 | 26,13 | 0,13 |
| 16 - Autobus | 10.50 | 50 | 80 | - | - | - | 1,15 | 0,12 |
| SOMMA PERCENTUALE | 100.00 | | | | | | TOT. C.E. | 2,31 |

Tabella 9 - Spettro di traffico e coefficiente di equivalenza

Il numero di assi standard nei 20 anni N di vita utile ipotizzata è stato poi calcolato sulla base della seguente formula:

$$N = gg \cdot TGM_p \cdot F \cdot C.E. \cdot \left(\frac{(1 + r_1)^{n_1 - 1} - 1}{r_1} + (1 + r_1)^{n_1 - 1} \cdot \frac{(1 + r_2)^{n_2 + 1} - 1}{r_2} \right)$$

dove gg sono i giorni di traffico (365 giorni), TGM_p è il traffico giornaliero medio dei veicoli pesanti in una direzione (1500 – 2000 – 2300 veicoli/giorno nelle tre situazioni ipotizzate), F è il coefficiente di ripartizione sulle corsie (0,9 per strade a due corsie per carreggiata), r_1 è il tasso medio annuo di crescita del traffico (2% oppure 1%) nei primi n_1 anni di esercizio della sovrastruttura (10 anni), r_2 è il tasso medio annuo di crescita del traffico (1% oppure 0,5%) nei secondi n_2 anni di esercizio della sovrastruttura (10 anni).

Dalle ipotesi di partenza i passaggi totali di asse equivalente standard dopo 20 anni di servizio risulterebbero:

- $N = 37,9$ milioni nella tratta più trafficata (zona di Collestrada);
- $N = 32,9$ milioni nel resto dell'itinerario umbro della SS3bis nell'ipotesi di 2000 veicoli pesanti/giorno, con tassi di crescita 1% nei primi 10 anni e 0,5% nei successivi 10 anni;
- $N = 26,8$ milioni nel resto dell'itinerario umbro della SS3bis nell'ipotesi di 1500 veicoli pesanti/giorno, con tassi di crescita 2% nei primi 10 anni e 1% nei successivi 10 anni.

1.5.5 Parametri adottati per il calcolo

Le nuove pavimentazioni sono state calcolate mediante il software BISAR. Gli strati di conglomerato bituminoso sono stati modellati come uno strato unico con caratteristiche meccaniche equivalenti. Poiché il conglomerato bituminoso è un materiale estremamente sensibile alla temperatura, per procedere nello studio con le effettive caratteristiche nei diversi periodi dell'anno è necessario conoscere le temperature medie stagionali della zona di intervento.

Nel caso specifico, sono state prese le temperature registrate dalla stazione meteo di Perugia relative all'anno 2015. Successivamente è stato possibile determinare le temperature della pavimentazione (*tabella 10*) per mezzo della formula di Witczak.

$$T_p = (1,467 + 0,043 \cdot z) + (1,362 - 0,005 \cdot z) \cdot T_a$$

dove T_p è la temperatura alla profondità z (profondità media dello strato) e T_a è la temperatura dell'aria.

| Stazione meteo di Perugia | |
|---------------------------|------------------|
| Mese | Temperatura [°C] |
| Gennaio | 6.3 |
| Febbraio | 5.4 |
| Marzo | 10.4 |
| Aprile | 12.7 |
| Maggio | 17.7 |
| Giugno | 21.4 |
| Luglio | 27.5 |
| Agosto | 23.9 |
| Settembre | 19.2 |
| Ottobre | 14.0 |
| Novembre | 10.6 |
| Dicembre | 7.8 |

Tabella 10 - Temperature medie mensili registrate dalla stazione meteo di Perugia

Il valore del modulo elastico del bitume è stato determinato sulla base dei principi del nomogramma di Van der Poel, a partire dai valori di penetrazione, temperatura di rammollimento, frequenza di carico e la temperatura di riferimento. Noto il modulo del bitume alla temperatura di riferimento e le caratteristiche volumetriche della miscela bituminosa, per la determinazione del modulo di rigidezza del conglomerato bituminoso si è fatto uso della teoria di Francken di seguito descritta.

$$E^* = E_{\infty} \cdot |R^*|$$

$$E_{\infty} = 1.436 \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{0.55} \cdot e^{-5.840 \cdot 10^{-2} \cdot V_v}$$

$$\log \log |R^*| = \log \log |F^*| - 1.35 \log \log |F^*| \cdot \left(1 - e^{-0.13 \frac{V_a}{V_b}}\right) \cdot (1 + 0.11 \log \log |F^*|)$$

$$|F^*| = \frac{S_b}{3000}$$

dove:

E^* : modulo complesso del conglomerato bituminoso

E_{∞} : modulo vetroso del conglomerato bituminoso

F^* : modulo ridotto del bitume

V_a : percentuale di aggregati

V_b : percentuale di bitume

V_v : percentuale di vuoti

In conclusione, sulla base della temperatura del conglomerato bituminoso nella stagione di riferimento, delle caratteristiche meccaniche del bitume e della composizione della miscela si sono ricavati i valori del modulo degli strati in conglomerato bituminoso nelle stagioni di riferimento (*tabella 11*).

| Temperatura pav stagionale [°C] | Sb [MPa] | G* [MPa] | F* | logR* | R* | E [MPa] | E _{mod} [MPa] |
|---------------------------------|----------|---------------------------------------|-------|--------------------|-------|---------|------------------------|
| 11.6 | 77.3 | 25.8 | 0.026 | -0.482 | 0.330 | 10759 | 12911 |
| 24.5 | 13.2 | 4.4 | 0.004 | -0.883 | 0.131 | 4274 | 5129 |
| 32.7 | 2.8 | 0.9 | 0.001 | -1.328 | 0.047 | 1531 | 1837 |
| 16.1 | 44.8 | 14.9 | 0.015 | -0.594 | 0.255 | 8315 | 9978 |
| Profondità calcolo [cm] | 11 | Percentuale su aggregati | | Percentuale sul cb | | | |
| R&B [°C] | 55 | Pa [%] | 100 | Pa [%] | 95.2 | | |
| Pen [dmm] | 50 | Pb [%] | 5.0 | Pb [%] | 4.8 | | |
| A | 0.040 | γ _a [g/cm ³] | 2.7 | | | | |
| IP | -0.02 | γ _b [g/cm ³] | 1.02 | | | | |
| f [Hz] | 8 | γ _{max} [g/cm ³] | 2.50 | | | | |
| t | 0.020 | γ _{mix} [g/cm ³] | 2.38 | | | | |
| V _a [%] | 83.9 | | | | | | |
| V _b [%] | 11.1 | | | | | | |
| V _v [%] | 5.0 | | | | | | |
| C [MPa] | 14360 | | | | | | |
| E _{inf} [MPa] | 32613 | | | | | | |

Tabella 11 - Modulo del conglomerato bituminoso

Per i conglomerati confezionati con bitume modificato di tipo hard sono stati assunti i moduli elastici del conglomerato con bitume normale aumentati del 30%. In realtà l'impiego del bitume modificato può determinare incrementi del modulo elastico anche modesti, ma permette certamente di ottenere miglioramenti del comportamento a fatica molto più consistenti fino ad un ordine di grandezza. Nel caso specifico, poiché la legge di fatica utilizzata è la stessa per tutti i conglomerati bituminosi (normali e modificati), il miglioramento prestazionale derivante dall'impiego del bitume modificato è notevolmente sottostimato in quanto connesso al solo incremento del modulo elastico.

Per la base a freddo con emulsione modificata sono stati assunti i moduli elastici del conglomerato bituminoso a caldo (con bitume normale) ridotti del 30%.

Per lo strato di fondazione stabilizzato a cemento (oppure a calce e cemento) sono stati impiegati parametri indicati dal metodo Sud Africano (sviluppato dal CSIR - Council of Scientific and Industrial Research) [18] e relativi ad un materiale codificato come C3:

- nella prima fase di vita utile, nella quale il materiale mostra un effettivo comportamento a fatica in cui il materiale si presenta a “blocchi” ma comunque rigido e coeso, è stato assunto un valore del modulo di 1500 MPa ed un valore di deformazione massima ammissibile ϵ_b pari a 125 μ strain [16];
- nella seconda fase di vita utile, nella quale lo stato fessurativo dello strato è in fase avanzata ma tuttavia garantisce ancora ottime capacità portanti, sono stati assunti modulo pari a 300 MPa e resistenza a compressione UCS pari a 2250 kPa [16].

Per il sottofondo esistente, considerata la tipologia del materiale di cui sono costituiti, in via prudenziale, è stato assunto un valore del modulo pari a 80 MPa. Nelle successive tabelle, 12, 13 e 14, sono riepilogati i parametri di calcolo adottati rispettivamente per la pavimentazione con la base a caldo, con la base riciclata a freddo e per quella con base a caldo aumentata di 2 cm.

| Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo | | | | |
|---|--------------------|-----------|--------|---------|
| Modulo elastico [MPa] | inverno | primavera | estate | autunno |
| Conglomerato con bitume modificato hard * | 13987 | 5556 | 1990 | 10809 |
| Fondazione stabilizzata a cemento | Ph1 1500 - Ph2 300 | | | |
| Sottofondo | 80 | | | |
| Coefficiente di Poisson | inverno | primavera | estate | autunno |
| Conglomerato con bitume modificato hard * | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Fondazione stabilizzata a cemento | 0.30 | | | |
| Sottofondo | 0.40 | | | |
| Spessori [cm] | | | | |
| Conglomerato con bitume modificato hard * | 22 | | | |
| Fondazione stabilizzata a cemento | 35 | | | |
| Sottofondo | inf. | | | |
| * tappeto 4 cm; binder 6 cm; base 12 cm; tutti con bitume modificato hard | | | | |

Tabella 12 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo

| Parametri di calcolo della pavimentazione con base riciclata a freddo | | | | |
|---|--------------------|-----------|--------|---------|
| Modulo elastico [MPa] | inverno | primavera | estate | autunno |
| Conglomerato con bitume modificato hard * | 12826 | 3528 | 1193 | 10672 |
| Base a freddo con emulsione di bitume modificato | 6906 | 2081 | 791 | 5802 |
| Fondazione stabilizzata a cemento | Ph1 1500 - Ph2 300 | | | |
| Sottofondo | 80 | | | |
| Coefficiente di Poisson | inverno | primavera | estate | autunno |
| Conglomerato con bitume modificato hard * | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Base a freddo con emulsione di bitume modificato | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Fondazione stabilizzata a cemento | 0.30 | | | |
| Sottofondo | 0.40 | | | |
| Spessori [cm] | | | | |
| Conglomerato con bitume modificato hard * | 10 | | | |
| Base a freddo con emulsione di bitume modificato | 16 | | | |
| Fondazione stabilizzata a cemento | 35 | | | |
| Sottofondo | inf. | | | |
| * tappeto con bitume modificato hard 4 cm; binder con bitume modificato hard 6 cm | | | | |

Tabella 13 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base riciclata a freddo

| Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo maggiorata | | | | |
|--|--------------------|-----------|--------|---------|
| Modulo elastico [MPa] | inverno | primavera | estate | autunno |
| Conglomerato bituminoso modificato * | 13983 | 5579 | 2014 | 10817 |
| Fondazione esistente stabilizzata a cemento | Ph1 1500 - Ph2 300 | | | |
| Sottofondo | 80 | | | |
| Coef. Poisson | inverno | primavera | estate | autunno |
| Conglomerato bituminoso modificato * | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Fondazione esistente stabilizzata a cemento | 0.30 | | | |
| Sottofondo | 0.40 | | | |
| Spessori [cm] | | | | |
| Conglomerato bituminoso modificato * | 24 | | | |
| Fondazione esistente stabilizzata a cemento | 35 | | | |
| Sottofondo | inf. | | | |
| * tappeto 4 cm; binder 6 cm; base 14 cm; tutti con bitume modificato hard | | | | |

Tabella 14 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo maggiorata

1.5.6 Analisi dei risultati del calcolo

Coerentemente con i criteri di calcolo e i parametri assunti per la pavimentazione di progetto sono state eseguite le opportune verifiche, a fatica e alle deformazioni permanenti, degli strati legati a bitume, della fondazione e del sottofondo.

Applicando le leggi descritte nel paragrafo 1.5.2 è stato possibile determinare il numero di passaggi di assi standard che i vari strati della pavimentazione sono in grado di sopportare in ciascuna stagione dell'anno e da qui, attraverso la legge di Miner, la vita utile effettiva.

Nelle tabelle 14, 15 e 16 sono rispettivamente riassunti i risultati ottenuti per la pavimentazione con la base a caldo, per la pavimentazione con la base a freddo e per la pavimentazione con la base a caldo aumentata di 2 cm.

| Pavimentazione con base a caldo | | |
|---|----------|-----------------|
| Materiale | Spessore | Cicli a rottura |
| Conglomerato bituminoso con bitume modificato hard | 22 cm | 3.53E+07 |
| Fondazione stabilizzata a cemento (o calce e cemento) | 35 cm | 1.26E+08 |
| Sottofondo | inf. | 5.16E+07 |

Tabella 14 - Cicli di carico a rottura della pavimentazione con base a caldo

| Pavimentazione con base a freddo | | |
|---|----------|-----------------|
| Materiale | Spessore | Cicli a rottura |
| Conglomerato bituminoso con bitume modificato hard | 10 cm | 4.07E+07 |
| Base a freddo con emulsione di bitume modificato | 16 cm | 3.92E+07 |
| Fondazione stabilizzata a cemento (o calce e cemento) | 35 cm | 1.23E+08 |
| Sottofondo | inf. | 4.61E+07 |

Tabella 15 - Cicli di carico a rottura della pavimentazione con base riciclata a freddo

| Pavimentazione con base a caldo maggiorata | | |
|---|----------|-----------------|
| Materiale | Spessore | Cicli a rottura |
| Conglomerato bituminoso con bitume modificato hard | 24 cm | 4.38E+07 |
| Fondazione stabilizzata a cemento (o calce e cemento) | 35 cm | 1.32E+08 |
| Sottofondo | inf. | 6.86E+07 |

Tabella 16 - Cicli di carico a rottura della pavimentazione con base a caldo

Dai risultati del calcolo razionale della vita utile delle tre pavimentazioni eseguito mediante il software BISAR, è emerso che:

- *la pavimentazione con la base a caldo di 12 cm va in crisi dopo 35,3 milioni di cicli di carico di asse standard da 80 kN;*
- *la pavimentazione con la base riciclata a freddo va in crisi dopo 39,2 milioni di cicli di carico di asse standard da 80 kN;*
- *la pavimentazione con la base a caldo di 14 cm va in crisi dopo 43,8 milioni di cicli di carico di asse standard da 80 kN.*

In conclusione, la pavimentazione con base a caldo di 12 cm è idonea per tutto l'itinerario umbro della SS3 bis, escluso il tratto di Collestrada, dove è necessario aumentare lo strato (base) da 12 a 14 cm. La pavimentazione con base rigenerata a freddo di 16 cm è idonea per tutto l'itinerario umbro della SS3 bis, compreso il tratto di Collestrada. Considerato però che in questa tratta i cicli di carico (vita utile) che porterebbero alla rottura della pavimentazione (39,2 milioni) sono molto prossimi al carico di traffico stimato nei primi 20 anni di esercizio (37,9 milioni), sarebbe opportuno aumentare lo spessore della base a freddo da 16 a 18 cm.

1.5.7 Pavimentazione con usura drenante

Sono state proposte diverse tipologie di pavimentazione (con base a caldo e con base a freddo) tutte con il tappeto di usura di tipo chiuso. Per due di queste pavimentazioni viene ora valutata la sostituzione del tappeto chiuso con un tappeto drenante dello spessore di cm 4. Come è noto il conglomerato bituminoso drenante a causa della sua notevole porosità, necessaria per garantire il drenaggio dell'acqua, ha caratteristiche meccaniche ridotte. Per garantire la stessa vita utile alla pavimentazione è pertanto necessario aumentare lo spessore degli strati sottostanti di base e binder di 2 cm.

I parametri di calcolo adottati sono gli stessi utilizzati negli studi precedenti. Il modulo di rigidità del conglomerato bituminoso drenante è stato individuato

applicando la teoria di Francken, ipotizzando un percentuale di vuoti residui del 18%.

Una delle due pavimentazioni analizzate è costituita da uno strato di fondazione stabilizzata a cemento (oppure a calce e cemento) di 35 cm, uno strato di base con bitume modificato hard di 16 cm (+ 2 cm rispetto alla pavimentazione proposta in precedenza), uno strato di binder con bitume modificato hard di 6 cm ed un tappeto di usura drenante 4 cm (*figura 9*).

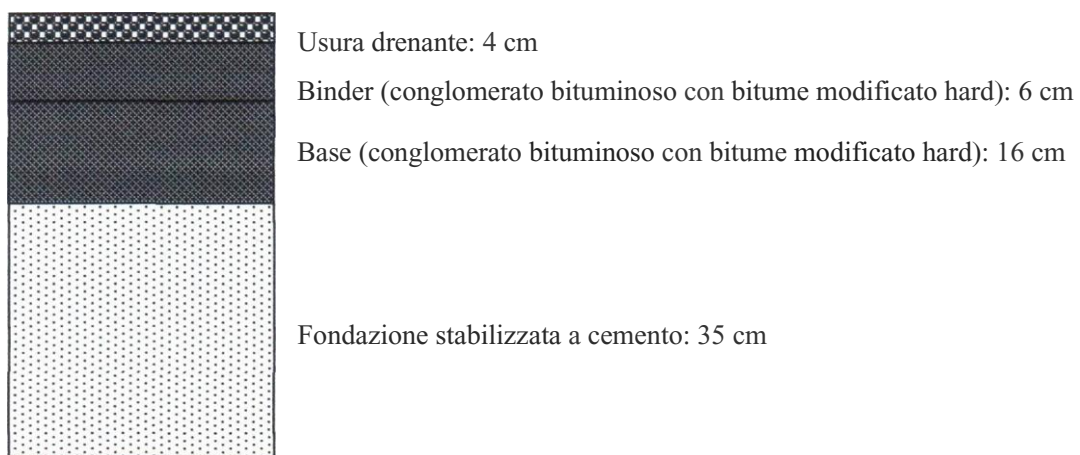


Figura 9 - Pavimentazione con base a caldo e usura drenante

Ai fini del calcolo, quindi, è stata assunta come nuova pavimentazione la sovrastruttura costituita da 4 cm di usura drenante, 22 cm di conglomerato bituminoso con bitume modificato hard, 35 cm di fondazione stabilizzata a cemento e dal sottofondo considerato un semispazio.

La seconda pavimentazione analizzata è costituita da uno strato di fondazione stabilizzata a cemento (oppure a calce e cemento) di 35 cm, uno strato di base a freddo con emulsione di bitume modificato di 16 cm, uno strato di basebinder con bitume modificato hard di 8 cm ed un tappeto di usura drenante di 4 cm (*figura 10*).

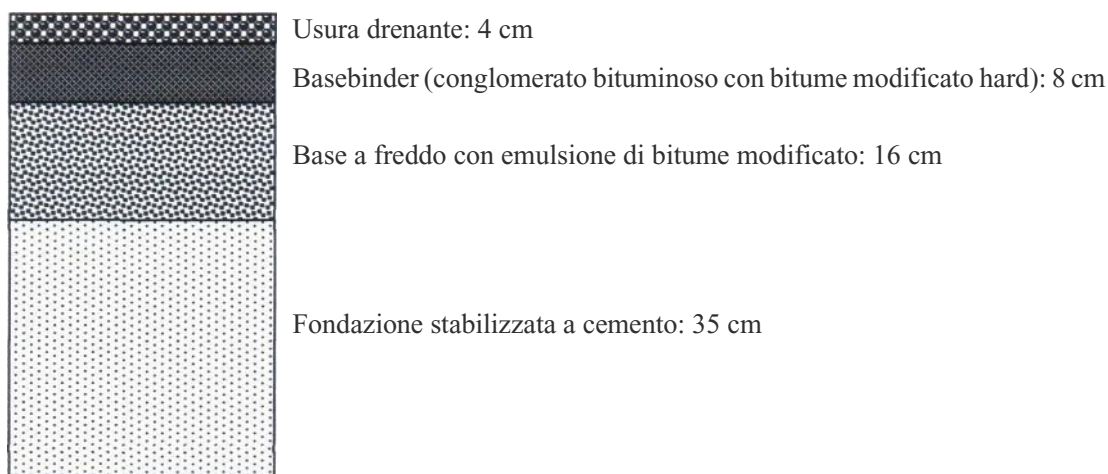


Figura 10 - Pavimentazione con base a freddo e usura drenante

Nelle successive tabelle, 17 e 18, sono riepilogati i parametri di calcolo adottati rispettivamente per la pavimentazione con la base a caldo e per quella con base a freddo.

| Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo e usura drenante | | | | |
|--|--------------------|-----------|--------|---------|
| Modulo elastico [Mpa] | inverno | primavera | estate | autunno |
| Usura drenante | 5309 | 1380 | 446 | 4378 |
| Conglomerato con bitume modificato hard * | 13969 | 5650 | 2087 | 10839 |
| Fondazione esistente stabilizzata a cemento | Ph1 1500 - Ph2 300 | | | |
| Sottofondo | 80 | | | |
| Coef. Poisson | inverno | primavera | estate | autunno |
| Usura drenante | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Conglomerato con bitume modificato hard * | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Fondazione esistente stabilizzata a cemento | 0.30 | | | |
| Sottofondo | 0.40 | | | |
| Spessori [cm] | | | | |
| Usura drenante | 4 | | | |
| Conglomerato con bitume modificato hard * | 22 | | | |
| Fondazione esistente stabilizzata a cemento | 35 | | | |
| Sottofondo | inf. | | | |
| * binder con bitume modificato hard 8 cm; base con bitume modificato hard 14 cm | | | | |

Tabella 17 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base a caldo e usura drenante

| Parametri di calcolo della pavimentazione con base riciclata a freddo e usura drenante | | | | |
|---|--------------------|-----------|--------|---------|
| Modulo elastico [MPa] | inverno | primavera | estate | autunno |
| Usura drenante | 5309 | 1380 | 446 | 4378 |
| Basebinder con bitume modificato hard | 12826 | 3604 | 1253 | 10696 |
| Base a freddo con emulsione di bit. modificato | 6906 | 2095 | 803 | 5806 |
| Fondazione stabilizzata a cemento | Ph1 1500 - Ph2 300 | | | |
| Sottofondo | 80 | | | |
| Coefficiente di Poisson | inverno | primavera | estate | autunno |
| Usura drenante | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Basebinder con bitume modificato hard | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Base a freddo con emulsione di bitume modificato | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Fondazione stabilizzata a cemento | 0.30 | | | |
| Sonofondo | 0.40 | | | |
| Spessori [cm] | | | | |
| Usura drenante | 4 | | | |
| Basebinder con bitume modificato hard | 8 | | | |
| Base a freddo con emulsione di bitume modificato | 16 | | | |
| Fondazione stabilizzata a cemento | 35 | | | |
| Sottofondo | inf. | | | |

Tabella 18 - Parametri di calcolo della pavimentazione con base riciclata a freddo e usura drenante

Coerentemente con i criteri di calcolo e i parametri assunti per le due pavimentazioni sono state eseguite le opportune verifiche, a fatica e alle deformazioni permanenti, degli strati legati a bitume, della fondazione e del sottofondo.

Applicando le leggi di fatica già utilizzate negli studi precedenti è stato possibile determinare il numero di passaggi di assi standard che i vari strati della pavimentazione sono in grado di sopportare in ciascuna stagione dell'anno e da qui, attraverso la legge di Miner, la vita utile effettiva.

Nelle tabelle 19 e 20 sono riassunti i risultati ottenuti per la pavimentazione con la base a caldo e per la pavimentazione con la base a freddo.

| Pavimentazione con base a caldo maggiorata e usura drenante | | |
|--|----------|-----------------|
| Materiale | spessore | Cicli a rottura |
| Conglomerato con bitume modificato hard | 22 cm | 4.76E+07 |
| Fondazione stabilizzata a cemento (o calce e cemento) | 35 cm | 1.33E+08 |
| Sottofondo | inf. | 6.85E+07 |

Tabella 19 - Cicli di carico a rottura della pavimentazione con base a caldo e usura drenante

| Pavimentazione con base a freddo e usura drenante | | |
|--|----------|-----------------|
| Materiale | spessore | Cicli a rottura |
| Basebinder con bitume modificato hard | 8 cm | 5.22E+07 |
| Base a freddo con emulsione di bitume modificato | 16 cm | 4.36E+07 |
| Fondazione stabilizzata a cemento (o calce e cemento) | 35 cm | 1.25E+08 |
| Sottofondo | inf. | 4.92E+07 |

Tabella 20 - Cicli di carico a rottura della pavimentazione con base riciclata a freddo e usura drenante

Lo spessore dell'usura drenante non viene riportato in quanto ha caratteristiche meccaniche ridotte e nel caso in tabella 19, il conglomerato con bitume modificato hard di 22 cm comprende solo spessore del binder e della base. Inoltre, come si evince dalle tabelle, i cicli di carico che portano a rottura le due pavimentazioni indagate sono superiori a quelli ottenuti per le corrispondenti pavimentazioni con il tappeto chiuso.

Dai calcoli eseguiti resta pertanto confermato l'usuale orientamento di considerare il contributo del tappeto drenante alla funzione strutturale della pavimentazione come quello di un tappeto chiuso di metà spessore. Con questo criterio il tappeto drenante di 4 cm risulterebbe equivalente a 2 cm di conglomerato chiuso. Pertanto, nel passaggio dal tappeto chiuso di 4 cm al tappeto drenante di 4 cm, gli strati sottostanti dovrebbero essere aumentati di 2 cm.

Capitolo II: Esecuzione dei lavori

2.1 Organizzazione dei lavori

Gli interventi di manutenzione della strada statale 3 bis i lavori, tutt'ora in corso, sono stati affidati mediante Accordo Quadro. Quest'ultimo prevede l'apertura dei cantieri in modo scaglionato e graduale secondo un piano pluriennale in modo tale da eseguire i lavori evitando eccessivi disagi al traffico.

Le imprese vengono chiamate ad eseguire singole tratte di alcuni km di manutenzione e prima di iniziare i lavori, devono operare delle indagini mediante pozzetti esplorativi per la conoscenza dei materiali esistenti producendo così, lo studio delle miscele che intendono adottare.

Il risanamento profondo in questione riguarda una strada a carreggiate separate e viene eseguito su una singola carreggiata su tratte di qualche km; quindi, per procedere con l'inizio dei lavori, è necessario deviare il traffico sulla carreggiata adiacente (a doppio senso) chiudendo una tratta della careggiata e utilizzando i bypass che ci sono sulle barriere centrali. Una volta chiusa la strada al traffico, si procede alla fresatura del conglomerato bituminoso. Una parte del conglomerato bituminoso esistente viene portato via perché non potrà essere riciclato, la parte sottostante cioè quella con granulometria più grossa, viene accantonata sul posto (portandola più avanti o più indietro dove ci sono piazzole) per poter essere poi riutilizzata per fare la base a freddo. Si procede in primo luogo con la stabilizzazione dello strato di fondazione con calce e cemento; successivamente, il fresato viene riportato e steso sopra la fondazione con la finitrice a secco e viene miscelato con cemento ed emulsione bituminosa. Al termine si dispone la mano di attacco sovrastabilizzata e si procede con la stesa di binder e tappeto. Infine, si fa la segnaletica orizzontale e si apre la strada al traffico.

2.2 Modalità esecutive

2.2.1 Studio delle miscele

Prima dell'inizio dei lavori, l'impresa produce lo studio della miscela per ogni strato. Con "studio di miscela" (mix-design) si intende l'insieme di attività di studio e di laboratorio che consente di definire la composizione di una miscela nota come "ricetta", nel rispetto delle prescrizioni di capitolato e delle prestazioni richieste nel progetto esecutivo. Il concetto di studio della miscela è applicabile in nei casi in cui i procedimenti di realizzazione prevedono la scelta dei materiali e la loro miscelazione. Nell'ambito della costruzione e manutenzione dei corpi stradali le categorie di miscele da sottoporre a studio preliminare possono essere:

- conglomerati bituminosi;
- miscele per strati profondi (miscele legate e miscele non legate).

In generale, lo studio di miscela applicato ai conglomerati bituminosi è caratterizzato dalle seguenti attività:

- selezione dei materiali costituenti (aggregati grossi, fini, filler, bitume e additivi);
- selezione della composizione granulometrica (curva);
- determinazione del contenuto percentuale di legante;
- verifica delle proprietà volumetriche del materiale alla densità di progetto;
- verifica delle proprietà meccaniche e/o prestazionali del prodotto.

La realizzazione di una miscela bituminosa prevede la calibrazione delle quantità di tutti i materiali componenti, che parte da un'analisi empirica per la selezione degli aggregati e del quantitativo di legante necessario a ricoprire la loro superficie e passa attraverso un processo sperimentale iterativo di prove di laboratorio per convergere alla ricetta ottimale. Le procedure di studio che

portano alla definizione di una miscela e che hanno avuto maggior applicazione nel nostro Paese sono il metodo Marshall ed il più recente metodo volumetrico. Una volta fissata la curva granulometrica vengono prodotte diverse miscele corrispondenti ad apporti crescenti in termini percentuali di legante e, sulla base del criterio di selezione, si individua quello che risponde ai requisiti del CSA. Il parametro che determina la scelta del mix ottimale è il contenuto percentuale dei vuoti poiché le proprietà meccaniche di un conglomerato bituminoso compattato dipendono fortemente da esso in quanto un elevato volume di vuoti comporta una maggior attitudine del materiale a deformarsi ed una minor resistenza alle azioni di carico. Una delle principali informazioni che lo studio di formulazione del mix deve fornire è la densità post-compattazione e il conseguente contenuto di vuoti. Le prove che caratterizzano il comportamento meccanico del materiale dovranno essere condotte sul campione corrispondente alla densità ottimale.

Invece, per lo studio dei materiali impiegati negli strati sottostanti la pavimentazione è necessaria la caratterizzazione dei materiali al fine di individuare la corretta composizione della miscela e, successivamente attraverso il mix design, definire il dosaggio delle componenti. La caratterizzazione dei materiali è sempre necessaria e, generalmente, si basa sull'accertamento delle seguenti caratteristiche:

- Classificazione del materiale;
- Limiti di Atterberg;
- Studio Proctor;
- Contenuto di acqua;
- Indice di portanza CBR.

A titolo di esempio, viene descritto in seguito uno dei tanti studi di prequalifica per lo strato di fondazione stabilizzato con calce e cemento relativo al tratto in carreggiata Nord della strada statale S.S. 3 bis "Tiberina" dal km 83+975 al km 90+050.

Nel giorno 2 marzo 2020 sono stati eseguiti n. 13 pozzetti per il prelievo del materiale inerte che si vuole stabilizzare con la tecnica in situ.

Lo studio di prequalifica è stato organizzato in 3 step:

1. Prelievo dei campioni lungo la corsia di marcia;
2. Classifica del materiale proveniente dai pozzetti di prelievo secondo CNR UNI 10006/00;
3. Studio di prequalifica effettuato su 2 miscele costituita ognuna da n. 3 provini.

Dall'analisi stratigrafica e dalla classifica dei vari campioni (*tabella 8*) è emerso che tutti i campioni appartengono al gruppo A1-A, pertanto:

- La determinazione dell'indice plastico ha riguardato solo due campioni presi in esame ed ha evidenziato valori pari al 6% per entrambi i campioni; quindi, lo strato di fondazione da stabilizzare può essere composto anche da terreni plastici. Per questo motivo, al fine di garantire un'efficace stabilizzazione in sito dei terreni viene applicato in laboratorio l'1.00% di calce, che può reagire con la matrice fine presente nello stabilizzato che compone lo strato di fondazione;
- In generale per la maggior parte dei campioni oggetto dello studio, la curva granulometrica si presenta all'interno del fuso di progetto (*figura 11*) e solo per alcuni si hanno delle piccole oscillazioni della stessa dai limiti del fuso; pertanto, non sono necessarie integrazioni di materiale.
- Infine, si è osservato che per tutti i provini a rottura a 3 gg, si sono ottenuti valori superiori a quelli minimi previsti dal CSA.

Pertanto, le percentuali di cemento, calce e acqua che si utilizzeranno nella campagna di stabilizzazione sono le seguenti:

- Cemento 2.75% (riferito alla massa degli aggregati);
- Calce 1.25% (riferito alla massa degli aggregati);
- Acqua 7.00% (riferito alla massa degli aggregati).

Un impiego superiore di cemento porta all'ottenimento di valori di resistenza a compressione e trazione molto alti rispetto ai limiti imposti dal CSA relativo all'applicativo al quale fanno riferimento i presenti studi.

Di seguito e in appendice B, sono riportati i fusi granulometrici dei diversi provini su questa tratta confrontati con il fuso granulometrico del capitolato Anas.

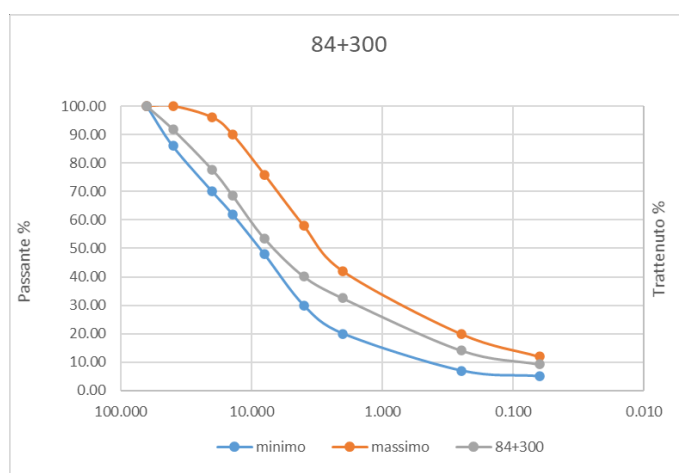


Figura 11 - Fuso granulometrico CSA e curva granulometrica provino km 84+300

2.2.2 Fondazione stabilizzata con calce e cemento

La tecnica di stabilizzazione consiste nella miscelazione in sito, mediante macchina pulvimixer, di cemento steso al di sopra della fondazione e, laddove il sottofondo presenta valori di portanza molto bassi, si è provvede ad un intervento di bonifica del sottofondo mediante un pretrattamento a calce.

Prima di eseguire la stabilizzazione dello strato di fondazione è necessario però fresare gli strati di conglomerato bituminoso. Il pacchetto bituminoso esistente, a seguito degli interventi di manutenzione operati nel corso degli anni di esercizio ha uno spessore variabile tra 21 e 30 cm. La fresatura non deve rimuovere tutto il conglomerato bituminoso esistente, ma solo creare lo spazio per il nuovo pacchetto bituminoso (base + binder + tappeto di usura). L'eventuale maggiore spessore (di pochi cm) può essere inglobato nel nuovo strato di fondazione stabilizzato a cemento. La presenza di una quantità limitata

(fino al 30%) di conglomerato bituminoso non pregiudica infatti le prestazioni del materiale granulare stabilizzato a cemento, ma piuttosto potrebbe migliorarne la granulometria.

Come già detto, nei casi in cui il materiale da stabilizzare presenta Indice di Plasticità $IP > 5$, cioè quando la miscela di aggregati contiene una significativa presenza di materiali di natura argillosa è necessario procedere ad un pretrattamento con calce; inoltre, qualora la granulometria discontinua del materiale presente in sito incida in modo significativo sulle prestazioni del nuovo strato di fondazione (portanza), si deve procedere ad una correzione granulometrica mediante sostituzione di parte del materiale. L'eventuale correzione granulometrica, il tipo di legante e il dosaggio da adottare sono state definite dallo studio di prequalifica come quello precedentemente descritto.

Prima di stendere il cemento, si deve stabilire l'umidità del materiale in sito, eseguendo verifiche in più punti e profondità. In presenza di valori che si discostano dal valore di umidità ottima, determinato con prove di laboratorio si deve, aerare il materiale in caso di eccesso di umidità, oppure annaffiarlo con acqua se troppo asciutto, per raggiungere il grado di umidità desiderato. La miscelazione non dovrà mai essere eseguita in condizioni ambientali e atmosferiche avverse quali pioggia o temperatura ambiente non comprese tra 5°C e 35°C .

Si procede quindi alla stesa del cemento mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico (*figura 12*), regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale di dosaggio prevista in sede di progetto della miscela. Ultimata la stesa del cemento si passa alla miscelazione che deve essere realizzata con una o due passate di pulvimixer.



Figura 12 - Foto della spandi calce

Nei tratti in cui il materiale, a causa della sua plasticità, richiedesse il pretrattamento a calce si procede con le stesse modalità indicate per il cemento, adottando il dosaggio previsto nel progetto della miscela. Tra il primo trattamento con calce e quello successivo con cemento devono passare almeno 12 ore.

Completata l'operazione di miscelazione, quindi, si dovrà provvedere alla risagomatura dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura e, immediatamente dopo, si procede con le operazioni di costipamento e con la stesa dello strato di protezione che dovranno essere ultimate entro tre ore dalla stesa del cemento. L'addensamento dello strato che potrà essere preceduto, a discrezione della DL, da una eventuale ulteriore umidificazione e dovrà essere realizzato con il rullo a due ruote vibranti da 10 ton per ruota o con il rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 ton. Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo idrico protettivo di emulsione bituminosa sovra stabilizzata e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

2.2.3 Base a freddo con emulsione di bitume modificato

Il riciclaggio a freddo mediante emulsione modificata delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso viene realizzata reimpiegando materiali fresati da

pavimentazioni stradali, opportunamente selezionati, legati nuovamente con emulsione e cemento, stesi e compattati.

La fresatura, come già detto, deve solo creare lo spazio per il nuovo pacchetto bituminoso, pertanto, i lavori prevedono una prima fresatura di circa 14 cm di conglomerato bituminoso per portare via il materiale che non potrà essere riciclato, poi una seconda fresatura di circa 17 cm di materiale con granulometria più grossa che viene accantonato sul posto per poter essere successivamente utilizzata per fare la base a freddo. Questi spessori di fresatura derivano dal fatto che per la base a freddo, così come per la fondazione, le stabilizzazioni tendono ad aumentare di volume perché il materiale rimaneggiato ha più vuoti rispetto a quello compattato. Quindi, per ottenere una base a freddo di 18 cm servono circa 16-17 cm di vecchio conglomerato bituminoso, considerando anche l'aggiunta di sabbia fine o filler a causa dell'aumento di volume. Per gli strati di binder e usura invece di portare via i 10 cm per far posto al 6+4 degli strati nuovi, occorre portar via quei 10 cm + 3-4 cm che tengono conto dell'aumento di volume della stabilizzazione della fondazione e della base a freddo. Fresando circa 30 cm non si ha nessun problema di avanzo di conglomerato bituminoso perché generalmente c'è né di meno. Se ci fosse più conglomerato bituminoso perché sono stati fatti i lavori di manutenzione nel corso del tempo, quello in più può essere inglobato nella stabilizzazione dello strato di fondazione (di qualche cm). Per essere più precisi e per fare una lavorazione più corretta, spesso l'impresa preferisce stabilizzare i 35 cm della fondazione e successivamente portare via l'eccesso del materiale che rigonfia. Quindi, il materiale che rigonfia non viene tolto prima (stimato) ma viene tolto dopo la stabilizzazione, in modo tale da livellare a -28 cm, ovvero lo spazio per i conglomerati (18+6+4).

Per quanto riguarda il riciclaggio del fresato, esso può avvenire in impianto fisso o in sito mediante un treno di riciclaggio mobile o tramite idonee riciclatrici. Nel caso si impasti all'impianto anche la seconda fresatura viene portata via, il

materiale viene poi selezionato all'impianto e viene fatta una ricostruzione della curva granulometrica. In questo caso, si lavora per classi, cioè, il fresato viene granulato con una macchina che lo "sgranula", dopodiché viene vagliato e si fanno 2-3 classi granulometriche per ricostruire la curva. Successivamente, si miscela, si mette l'emulsione, si mette il cemento, si trasporta col camion e si stende con la finitrice. Quindi, c'è un maggiore controllo della miscela. Nel caso si misceli in sito, dopo aver fatto la stabilizzazione a calce e cemento, il fresato che è stato accantonato viene riportato sopra alla fondazione stabilizzata e generalmente viene steso con la finitrice a secco per cercare di avere dei piani regolari.

Generalmente, basta fare un'integrazione con del filler perché il conglomerato bituminoso fresato ha poca parte finissima perché resta inglobata nella pellicola di bitume (il filler non è libero, resta nel bitume vecchio). Per questo oltre al cemento, viene aggiunto del filler, generalmente circa 3% come mostrato in figura 13. Inoltre, occorre verificare il controllo dell'umidità in quanto l'impasto deve contenere circa il 5% di acqua altrimenti ne influenzerebbe le prestazioni. Considerando che l'emulsione al 60% di bitume contiene il 40% di acqua e dato che il mix design è stato realizzato con il 4% di emulsione, ne deriva che il contenuto dell'acqua dato dall'apporto dell'emulsione è intorno all'1,6%; pertanto, l'impasto senza emulsione deve contenere il 3,4% di acqua.



Figura 13 - Foto in cantiere della stesa del filler (sinistra) e del cemento (destra)

In sito il riciclaggio avviene per mezzo di una macchina riciclatrice che è dotata di un vano di miscelazione in cui sono iniettati il legante bituminoso (emulsione) e l'acqua necessaria per ottenere elevati gradi di costipamento. Il cemento e gli eventuali aggregati di integrazione (filler), invece, vengono normalmente sparsi sopra lo strato da trattare nel tratto antistante la riciclatrice che, in un'unica passata, li miscela con il fresato, l'acqua e il legante bituminoso come riportato in figura 14.



Figura 14 - Foto della miscelazione del fresato con filler e cemento

Dopodiché, si procede con la compattazione (*figura 15*). Quest'ultima dovrà essere effettuata con rullo monotamburo vibrante di almeno 19 ton accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 ton. Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

Successivamente, si mette la mano di emulsione di protezione ma anche di mano di attacco che deve essere sovrastabilizzata e poi si fanno binder e tappeto.



Figura 15 - Foto della compattazione della base a freddo

2.2.4 Mano di ancoraggio e mano di attacco

Per un corretto funzionamento sotto carico della pavimentazione composta da vari strati è indispensabile la piena collaborazione strutturale in corrispondenza delle zone di interfaccia; in caso contrario, nel processo di deformazione si genera uno scorrimento reciproco tra gli strati adiacenti dando luogo a un sensibile incremento del livello tenso-deformativo complessivo, a danno della durabilità della struttura.

Per raggiungere la condizione di collegamento fra gli strati, la messa in opera di un nuovo strato necessita di essere preceduta da un adeguato trattamento della superficie di stesa e ne deriva che, a seconda che lo strato di supporto sia in

misto granulare oppure in conglomerato bituminoso, la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano di attacco [17]. In entrambi i casi si può prevedere l'utilizzo di bitume a caldo; tuttavia, la tecnica di gran lunga più diffusa e vantaggiosa si basa sull'impiego di emulsione bituminosa.

La funzione principale dell'applicazione della mano di ancoraggio è quella di irrigidire la parte superiore dello strato non legato riempiendone i vuoti e garantendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso. Proprio perché ha una funzione di "impregnazione" dello strato sottostante, essa va realizzata con un'emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, in modo tale che abbia tempo sufficiente per penetrare tra i granuli prima della fase di presa.

Le emulsioni bituminose si distinguono per la quantità di bitume presente nell'emulsione e soprattutto per la velocità di rottura. Quest'ultima è il tempo che passa da quando viene spruzzata per la separazione dell'acqua dal bitume, in modo da formare una sottile pellicola di rivestimento che provoca la sua azione legante. L'emulsione è una sospensione di particelle di bitume in acqua (emulsione al 60%). Per stare sospese in acqua, per non farle decantare sul fondo e per far sì che non si aggrumino si utilizzano degli agenti stabilizzanti (tensioattivi).

Nell'utilizzo dell'emulsione per la realizzazione di un tappeto, ad esempio, il principio è che si vuole che l'acqua se ne vada il prima possibile in quanto se restasse diventerebbe un elemento di separazione, e quindi, in questo caso, si vuole un'emulsione a rapida rottura. Esistono emulsioni che si spruzzano su ghiaia e misto granulare, e in questo caso, la velocità di rottura deve essere lenta perché l'emulsione deve avere il tempo di penetrare dentro i buchi della ghiaia per tenere insieme il materiale e per aggrapparsi in profondità (es. depolverizzazioni). Invece, quando ho un materiale che contiene cemento, essendo un elemento che infastidiscono la stabilità dell'emulsione cioè la fanno

rompere, se avessi un'emulsione che non è stabile al cemento avverrebbe che quando viene a contatto con il cemento che sia rapida o lenta avviene si separa immediatamente. Per questi casi, esiste un'emulsione sovrastabilizzata che è più stabile di quella lenta, nel senso che, anche se fosse messa a contatto con il cemento non si romperebbe, questo è dovuto all'aggiunta di ulteriori tensioattivi e sostanze chimiche. Se bisogna fare una base a freddo è necessario impastarla con l'emulsione, cioè con acqua e bitume (non con il solo bitume perché se si separasse la pellicola di bitume appiccicherebbe e non sarebbe più lavorabile). Quando bisogna fare gli impasti contenenti cemento o bisogna spruzzare l'emulsione su uno strato trattato con il cemento, si deve utilizzare un'emulsione sovrastabilizzata. Quindi la sovrastabilizzazione è una caratteristica aggiuntiva in quanto si può avere un'emulsione con tanto o poco bitume, un'emulsione con il bitume normale o con il modificato che può essere sovra stabilizzata o no.

Per mano d'attacco si intende invece quell'applicazione di legante bituminoso su uno strato di conglomerato eseguita prima della stesa dello strato sovrastante. Essa ha il triplice scopo di garantire la perfetta continuità tra gli strati della pavimentazione, la loro mutua adesione e l'impermeabilità dello strato sottostante, aspetti che rivestono fondamentale importanza per lo sviluppo di adeguate prestazioni in esercizio. A prescindere dalla tipologia di mano di attacco, per un'adesione efficace è necessario preparare adeguatamente la superficie di stesa, garantendo un supporto pulito, privo di corpi estranei, tracce di terra o fango apportati dai mezzi di cantiere, sabbia o graniglia non ancorata allo strato sottostante. Qualora necessario quindi, si deve predisporre la pulizia del piano di posa con attrezzature specifiche dotate di spazzole rotanti e dispositivi aspiranti, o mediante idropulitrice. In tal senso, prima della realizzazione del conglomerato superiore è anche necessario accertare che lo strato sottostante abbia i requisiti di quota, sagoma, densità e portanza previsti da progetto [20].

Una volta applicata la mano di attacco (in ragione di 0,6-1,2 kg/m²), per evitare che venga asportata dai mezzi di stesa o da veicoli di cantiere eventualmente in transito, va previsto lo spargimento di graniglia monogranulare, sabbia o filler che proteggono il velo di emulsione sottostante (in quantità minima, tale da evitare l'asportazione, ma non da ricoprire interamente la superficie di stesa). Utilizzando il filler (*figura 16*), inoltre, si ha un miglior effetto d'incollaggio dovuto alla miscela che si produce a seguito dell'applicazione del conglomerato bituminoso caldo che scioglie l'emulsione.



Figura 16 - Foto del filler sulla base a freddo

Per quanto attiene alla procedura di stesa dell'emulsione, questa avviene per mezzo di una semplice autocisterna termica, munita di dispositivo di riscaldamento, barre di distribuzione e controllo del dosaggio in relazione alla velocità di avanzamento.

2.2.5 Conglomerati bituminosi a caldo: base, basebinder, binder, usura e usura drenante

La costruzione del pacchetto legato nelle pavimentazioni flessibili avviene per strati successivi solitamente distinti in base, binder e usura, ove la buona riuscita di ognuno di essi dipende anche dalla corretta realizzazione di quello

sottostante. Indipendentemente dal tipo di strato e dalle caratteristiche della miscela bituminosa che lo costituisce, il processo di esecuzione si articola secondo la sequenza di più fasi comprendenti la preparazione della superficie di posa, la stesa del materiale e la successiva compattazione.

La preparazione della superficie di stesa, che ha il primario scopo di garantire un adeguato collegamento all'interfaccia tra due strati sottoposti, deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura e consiste, normalmente, nell'applicazione sullo strato sottostante di emulsioni bituminose (opportunamente dosate) aventi specifiche caratteristiche.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici costituite da un trattore semovente con una tramoggia frontale e un banco posteriore di stesa dotato di meccanismi di compattazione e livellamento. La componente più critica della finitrice è la sua unità di rasatura, che conferisce il giusto profilo al conglomerato bituminoso steso a caldo operando in modo cosiddetto "galleggiante", cioè attraverso un sistema basato sull'equilibrio delle forze principali che agiscono su di essa. Il controllo del profilo in senso longitudinale viene garantito da opportuni sistemi (sia di tipo meccanico sia di tipo contactless a ultrasuoni o laser) in grado di realizzare, rispetto a un livello di riferimento fisso, la corretta pendenza longitudinale e di compensare eventuali irregolarità del piano di posa. Oltre al livellamento longitudinale, il banco è dotato di sensori e dispositivi di regolazione della pendenza trasversale in curva. È opportuno evidenziare il fatto che, contemporaneamente alla stesa, la vibrofinitrice impartisce una prima compattazione alla miscela che condiziona in modo significativo quella successiva per opera dei rulli [10]. Questa macchina deve lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Inoltre, la temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare non inferiore a

160°C per conglomerati con bitume modificato e 140°C per conglomerati con bitumi normali. Per lo strato di usura drenante, valgono le stesse prescrizioni dei conglomerati tradizionali ad eccezione della temperatura di costipamento che dovrà essere compresa tra i 150°C e 180°C per le miscele ottenute con legante bituminoso con modifica di tipo hard. Pertanto, il trasporto dei conglomerati bituminosi caldi dall'impianto di confezione al cantiere deve avvenire mediante mezzi di adeguata portata sempre dotati di teloni di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

Il processo di compattazione si realizza operando a “caldo”, quando cioè il materiale si trova ad una temperatura tale per cui la viscosità del legante ne consente la lavorazione (la finestra temporale entro cui è possibile effettuare la compattazione in modo efficace è variabile e dipende principalmente dalle condizioni climatiche, dal tipo e dalla temperatura del conglomerato bituminoso, nonché dai mezzi d'opera impiegati). Subito dopo la stesa, il conglomerato bituminoso deve essere costipato allo scopo di ridurre il volume dei vuoti interni e favorirne in tal modo l'incremento di resistenze meccaniche che si genera col mutuo avvicinamento delle particelle che lo compongono come mostrato in figura 17.



Figura 17 - Foto della compattazione del conglomerato caldo (binder)

Il processo di compattazione dei conglomerati bituminosi può suddividersi in 3 fasi iniziale, intermedia e di finitura ciascuna delle quali si caratterizza per mezzi e tecniche differenti l'una dall'altra.

- Nella fase iniziale è buona norma raggiungere la maggior parte del grado di addensamento finale richiesto (in genere oltre il 90%), il che impone che si operi nelle condizioni di temperatura massima del materiale (è bene che il compattatore proceda a breve distanza dalla finitrice). In tale fase sono comunemente impiegati compattatori a rullo vibrante limitando l'uso di compattatori pneumatici agli strati di base e di binder.
- La fase intermedia ha lo scopo di “chiudere la miscela” in modo da raggiungere il grado di addensamento finale dello strato eliminando, al contempo, le tracce prodotte dai compattatori nella fase precedente. È essenziale che il materiale abbia una temperatura tale da renderlo ancora lavorabile. Molto spesso la compattazione intermedia è effettuata con compattatori a ruote pneumatiche in grado di esercitare forze statiche elevate senza somministrare forze di impatto.
- La fase di finitura ha lo scopo di rimuovere ogni traccia di stesa o segno di arresto, in modo da ottenere una superficie omogenea e regolare. Spesso tale operazione viene eseguita a distanza di circa un'ora dalla posa del conglomerato impiegando compattatori a rulli in modalità esclusivamente statica [10].

In generale, per la compattazione delle terre e dei conglomerati bituminosi possono essere utilizzati vari tipi di rulli (*figura 18*) tra i quali si distinguono i compattatori, i rulli tandem, i rulli combinati, i rulli gommati e rulli statici a triciclo e, nel caso in esame, viene realizzato con rulli dei seguenti tipi:

- strato di base, basebinder e binder con rullo combinato vibrante gommato più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 12 t;
- strato di usura con rulli gommati e vibranti tandem con peso di almeno 10 t;

- strato di usura drenante con rulli metallici del peso di 8÷12 ton.

Può essere anche utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 t per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.



Figura 18 - Macchine per la compattazione di terre e conglomerati

Particolare attenzione, deve essere dedicata alla formazione dei giunti, sia trasversali, sia longitudinali (*figura 19*). I primi si creano, nella maggior parte dei casi, quando si riprende la lavorazione interrotta in precedenza o quando si ripristina un tratto ammalorato. La corretta realizzazione del giunto trasversale richiede la preparazione del bordo dello strato esistente prima della posa del materiale fresco; ciò si ottiene operando un taglio con sega circolare o fresa in direzione trasversale rispetto all'asse stradale, ottenendo in tal modo una superficie verticale regolare sulla quale applicare una mano di attacco bituminosa. La compattazione di tale giunto deve essere eseguita in modo che il piano finito sia omogeneo e senza compromettere la regolarità dello strato di nuova realizzazione. A tal riguardo, si può adottare uno schema analogo a quello rappresentato in figura 20 [19].



Figura 19 - Foto del giunto trasversale (binder)

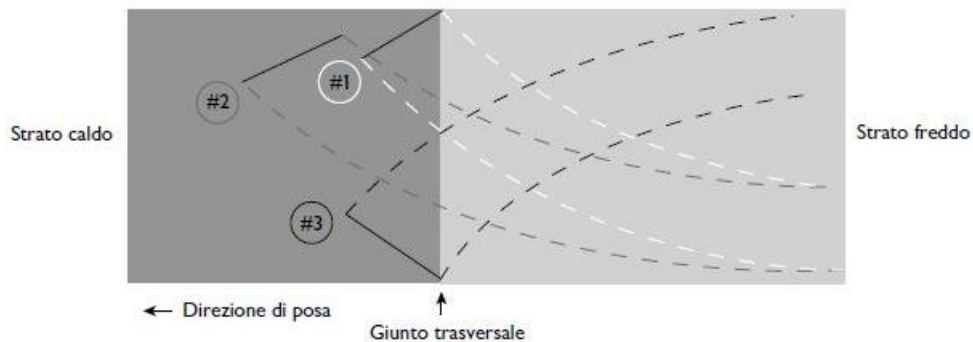


Figura 20 - Schema di compattazione del giunto trasversale

In alternativa e qualora lo spazio disponibile lateralmente lo consenta, si può compattare approcciando il giunto dal fianco, sempre e comunque in modalità statica. Questa tecnica, per quanto efficace nel livellamento del giunto, provoca tuttavia la formazione di tracce ortogonali alla direzione iniziale della compattazione, ma si riesce a ridurle notevolmente percorrendo il giunto con buona parte del tamburo poggiante sullo strato già esistente e spostandosi progressivamente verso la parte di nuova realizzazione.

I giunti longitudinali invece, vengono creati tra passate parallele della vibrofinitrice, preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici. Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida al 55% in peso per assicurare la saldatura della striscia successiva. Nel caso di posa "caldo-su-freddo" è buona norma far

iniziare a compattare il giunto longitudinale dal lato freddo con una sovrapposizione di circa 10-20 cm del conglomerato caldo e solo staticamente per non danneggiare il conglomerato freddo. In seguito, si riprende la compattazione della superficie restante sul lato più lontano del giunto come mostrato in figura 21.

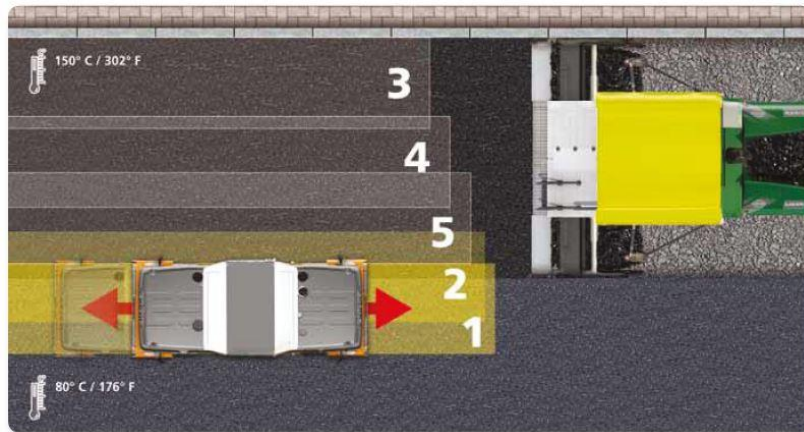


Figura 21 - Passaggi del rullo per una corretta esecuzione dei giunti longitudinali

In caso di giunto longitudinale durante la posa “caldo-su-caldo” è bene lasciare il giunto centrale (circa 15 cm) come si trova e compattarlo solo al termine.

In tutti i casi i giunti longitudinali e trasversali rappresentano un punto di particolare attenzione in quanto deve essere garantito un collegamento durevole tra le due superfici per evitare che le acque superficiali penetrino nella pavimentazione. La realizzazione del giunto deve quindi rispettare specifici requisiti per assicurare il raggiungimento di un’adeguata superficie tra le due stese:

- Superficie di contatto inclinata (70 – 80°);
- rugosità e porosità;
- assenza di polvere e sporcizia;
- assenza di umidità e di sostanze che possono inibire l’adesione;
- rivestimento con legante sufficientemente denso (tramite spruzzatura di attivanti di adesione o emulsione bituminosa).

Inoltre, la sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che esse risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.



Figura 22 - Modalità di realizzazione dei giunti longitudinali

Altro aspetto importante sono le condizioni di stesa in quanto, durante la posa in opera del conglomerato bituminoso, si sfrutta la forte variazione di viscosità del bitume in funzione della temperatura. Per ottenere un buon addensamento, quindi una bassa percentuale di vuoti residui, al momento della compattazione la temperatura della miscela deve essere di circa 135°C con il bitume tal quale e di almeno 145°C con il bitume modificato. È buona norma non procedere alla stesa dello strato d'usura a temperature ambientali inferiori a 3°C, o meglio inferiori a 6°C poiché basse temperature determinano un rapido raffreddamento della miscela per conduzione termica. Tali raccomandazioni valgono in particolar modo per gli strati di usura poiché, per gli strati più profondi (binder e base), è plausibile eseguire la stesa anche a temperature intorno allo zero in quanto essi sono caratterizzati da una percentuale elevata di aggregati grossi in grado di trattenere il calore per più tempo. Inoltre, è sempre buona norma evitare di stendere il conglomerato a caldo in presenza di forte umidità e/o pioggia. Infatti, se il conglomerato caldo viene a contatto con superfici umide, sotto lo strato steso può formarsi vapore acqueo e dato che tende a spostarsi verso l'alto, si formano dei vuoti che compromettono la compattazione del materiale, il grado di addensamento e, quindi, la capacità portante della pavimentazione.

Quindi, la stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

2.3 Prove di controllo in corso d'opera

Le prove di controllo in corso d'opera sono un servizio di ispezione che hanno lo scopo di fornire un monitoraggio sul campo finalizzato alla verifica della conformità dell'opera. L'obiettivo è quello di ridurre i rischi legati alla mancata conformità, alla fornitura dei materiali e alla modalità di esecuzione dell'opera, garantendo la qualità della costruzione. Il controllo deve essere effettuato preliminarmente in laboratorio mediante prove sui materiali costituenti, poi sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e, successivamente, con prove in sito. A prescindere dal tipo di miscela, le prove sui materiali costituenti e sulla miscela hanno la finalità di verificarne la conformità rispetto alle specifiche di progetto poiché nella costruzione di un generico strato l'impresa è tenuta a dichiarare, prima di dare inizio alle lavorazioni, la composizione e le caratteristiche dei materiali da impiegare avendo come base di riferimento un preventivo studio di laboratorio e la composizione dichiarata. I materiali costituenti da sottoporre a verifica (aggregati, filler, bitume, cemento) vengono campionati direttamente presso i siti di produzione delle miscele.

Ai controlli preliminari seguono i controlli in corso d'opera. Essi devono coinvolgere la miscela sfusa prelevata durante la stesa a fianco alla vibrofinitrice, poiché in tale fase le analisi di laboratorio mirano innanzitutto a verificare la composizione. In aggiunta, è opportuno che su campioni confezionati in laboratorio, utilizzando una predefinita tecnica di compattazione (Marshall o pressa giratoria nel caso di conglomerati bituminosi), si provveda a eseguire prove per la valutazione delle caratteristiche volumetriche e meccaniche (resistenza a compressione e a trazione indiretta).

Le prove svolte sulla miscela sfusa però, non sono sufficienti a valutare le caratteristiche prestazionali della miscela posta in opera in quanto non

forniscono alcuna certezza sulla qualità delle lavorazioni eseguite (trasporto, stesa e rullatura). Quindi, una volta ultimati i lavori, la DL verifica le prestazioni della miscela sia tramite l'esecuzione di prove non distruttive ad alto rendimento per la verifica delle caratteristiche funzionali e strutturali, e sia mediante prelievo di carote fresate dalla pavimentazione mediante carotatrice. Le carote vengono impiegate per la valutazione delle seguenti caratteristiche:

- spessori degli strati;
- percentuale dei vuoti;
- percentuale di bitume;
- granulometria;

Limitatamente allo strato di fondazione stabilizzato è prassi comune, prima di iniziare la stesa degli strati a bitume, effettuare misure di portata in sito mediante le classiche prove di carico su piastra o prove deflettometriche.

2.3.1 Pressa a taglio giratoria

La pressa a taglio giratorio permette di valutare le caratteristiche volumetriche della miscela attraverso il confezionamento in laboratorio di provini sottoposti a compressione e taglio giratorio. In questo modo sui provini preparati con la miscela sfusa è possibile eseguire l'analisi dei vuoti e valutare le resistenze meccaniche mediante rottura a trazione indiretta.

La prova consiste nel sottoporre il materiale, contenuto all'interno di una fustella cilindrica di dimensioni note e inclinata rispetto alla verticale, all'azione combinata di una pressione normale applicata per mezzo di un pistone a comando idraulico e di una sollecitazione di taglio, generata per effetto della rotazione della fustella stessa intorno all'asse verticale. In questo modo si realizza un meccanismo di compattazione della miscela analogo a quello prodotto dall'avanzamento del rullo che porta a una riorganizzazione delle particelle attraverso movimenti di traslazione e rotazione reciproci. In condizioni standard si adotta un valore della pressione di 600 kPa, una velocità

di rotazione di 30 giri/min e un angolo di inclinazione pari a 1,25; sono previste, a seconda dei casi, fustelle del diametro di 100, 150 e 160 mm. La procedura di prova prevede due differenti impostazioni: nel primo caso si fissa il termine della prova al raggiungimento di un prestabilito numero di rotazioni indipendentemente dal grado di compattazione finale raggiunto dal campione; in alternativa si opera fissando l'altezza finale del campione indipendente dal numero di giri necessario per raggiungerla. Inoltre, una caratteristica importante della pressa a taglio giratorio è la possibilità di registrare la variazione dell'altezza del campione (e dunque del suo volume) al progredire del numero di rotazioni [10]. Le norme tecniche di Capitolato Anas fissano tre diversi livelli di vuoti residui da verificare:

- N1: riferimento per valutare l'auto-addensamento delle miscele. Se i vuoti a tale livello di compattazione fossero troppo bassi le miscele in opera potrebbero risultare eccessivamente cedevoli in costruzione e dunque instabili in esercizio sotto l'azione del traffico.
- N2: numero di rotazioni richiesto per produrre un addensamento simile a quello in situ alla riapertura al traffico di progetto.
- N3: numero di rotazioni a cui corrisponde un grado di compattazione che non dovrebbe mai essere superato in esercizio. Se i vuoti a questo livello di compattazione fossero troppo bassi la miscela potrebbe compattarsi troppo in esercizio, manifestando problemi di ormaiamento.

Inoltre, il numero di giri N della pressa giratoria varia in funzione della miscela e del tipo di bitume. Successivamente, i provini risultanti dalla compattazione mediante giratoria (compattati a N3) vanno sottoposti a prova di rottura in configurazione di trazione indiretta eseguita a 25°C.

2.3.2 Prova di trazione indiretta

La configurazione di trazione indiretta può essere utilizzata per le prove di rottura di tipo classico, ricavando un corrispondente parametro meccanico detto

resistenza a trazione indiretta (RTI). La prova viene eseguita a una temperatura di 25°C sui provini cilindrici realizzati con pressa giratoria (compattati a un numero di giri N3); il carico viene fatto variare monotonicamente con una predefinita velocità di spostamento e la rottura si manifesta tramite una fessura che corre diametralmente al provino lungo la stessa direzione di applicazione del carico (*figura 22*); ciò in conseguenza delle tensioni di trazione in esso generate che superano il valore limite caratteristico del materiale.

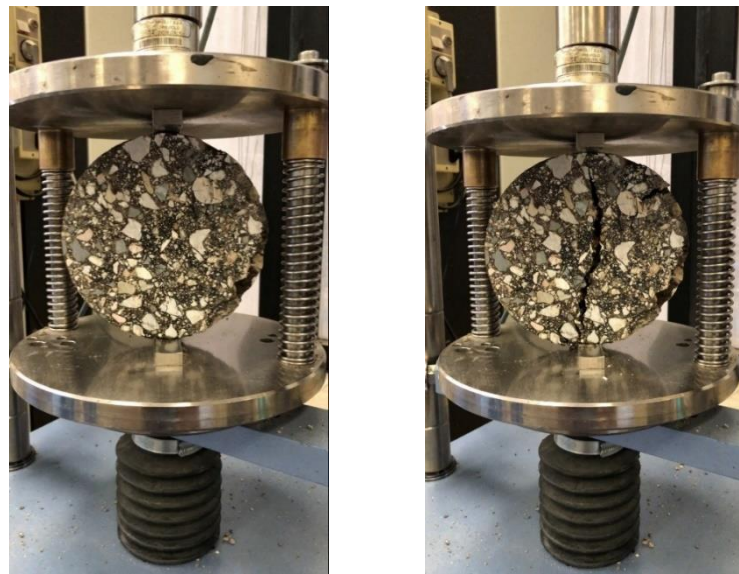


Figura 22 - Foto della prova a rottura di trazione indiretta

Detto P il carico massimo e note le dimensioni del campione (diametro e d e altezza t), la resistenza si ricava dalla formula:

$$RTI = \sigma_t = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot d \cdot t}$$

Un altro parametro che può essere ricavato dalla prova di trazione indiretta è il Coefficiente di Trazione Indiretta (ITC), espresso in GPa, definito come:

$$ITC = \frac{RTI \cdot \pi \cdot d}{2 \cdot \delta_c}$$

Dove δ_c è la deformazione verticale a rottura del provino espressa in mm. Il capitolato Anas, quindi, prevede la verifica, fissando dei limiti, dei due

parametri sopra descritti in quanto sono riconducibili alle caratteristiche meccaniche della miscela.

2.3.3 Prove di compressione

La prova di compressione prevede la preparazione di campioni cilindrici all'interno degli stampi utilizzati per la prova CBR, compattati in cinque strati con 85 colpi per strato. Questi campioni vengono estratti dopo 24 ore e successivamente stagionati in ambiente controllato (temperatura di 20°C e umidità relativa almeno pari al 90%) per altri 6 giorni. La prova consiste nel portare a rottura il materiale imponendo un carico assiale crescente con velocità di 1 MPa/s (la resistenza a compressione è così valutata come media di 4 provini).

2.3.4 Caratteristiche volumetriche

Gran parte delle proprietà prestazionali delle miscele sono direttamente influenzate dalla loro conformazione interna, che può essere espressa in termini di rapporti volumetrici tra le diverse fasi componenti: aggregati, legante e aria. La composizione interna del conglomerato bituminoso la si può schematizzare considerando un raggruppamento di particelle sferoidali, in cui gli elementi di dimensioni minori occupano progressivamente gli spazi lasciati liberi da quelli di dimensioni più elevate. Ogni elemento lapideo è ricoperto dal legante che penetra in parte all'interno della porosità superficiale e la restante parte forma una sottile pellicola di ricoprimento. I vuoti invece, sono dati dal volume intergranulare occupato dall'aria. Quindi, si va ad associare a ogni fase componente i corrispondenti valori di volume e di massa.

➤ Massa volumica

È data dal rapporto della massa e del volume. Il procedimento di misura più comune consiste nel sottoporre un campione (confezionato in laboratorio o estratto dalla pavimentazione mediante carotaggio) alla valutazione della massa

rispettivamente in aria dopo l'essiccazione (M_D), in acqua in condizioni di saturazione (M_W) e in aria in condizioni di saturazione con superficie asciutta (M_{SSD}). Si ottiene quindi:

$$MV = \frac{MD}{MSSD - MW} \rho_w$$

Dove ρ_w è la densità dell'acqua alla temperatura di prova T, definita dalla seguente relazione:

$$\rho_w = 1,00016584 - 0,000793 \cdot T - 0,00000529 \cdot T^2$$

➤ **Massima massa volumica teorica**

La massima massa volumica teorica è una caratteristica intrinseca della miscela ed è indipendente dal suo grado di addensamento; per questo motivo è si definisce teorica, in quanto, per ragioni fisiche, non è possibile raggiungere la condizioni ultima di addensamento limite, ovvero in assenza di vuoti.

Si determina col metodo del picnometro su un campione allo stato sciolto secondo la seguente formula:

$$MMVT = \frac{MD}{(MD + MPW - MPGW)} \cdot \rho_w$$

Con M_D che rappresenta la massa in aria del campione (post-essiccazione), M_{PW} rappresenta la massa del picnometro riempito d'acqua (fino al menisco), M_{PGW} la massa del picnometro contenente il campione e riempito d'acqua e la ρ_w la densità dell'acqua alla temperatura alla quale viene eseguita la misura.

➤ **Percentuale dei vuoti**

La valutazione della massima massa volumica teorica e della massa volumica ha come fine quello di definire la percentuale dei vuoti d'aria presenti all'interno del campione. In accordo a quanto prescritto dalla normativa UNI EN 12697-8 il volume dei vuoti si ricava utilizzando i parametri determinati come segue:

$$v = \frac{MMVT - MV}{MMVT} \cdot 100$$

➤ **Contenuto di bitume**

Viene espresso in termini percentuali ponderali e, come detto in precedenza, può essere riferito sia alla massa degli aggregati, sia alla massa totale della miscela come di seguito riportato:

$$PB = 100 \cdot \frac{MB}{MG}$$

$$PBT = 100 \cdot \frac{MB}{MG + MB}$$

Con M_B riferito alla massa del bitume e M_G riferito alla massa degli aggregati. Inoltre, il contenuto di bitume (UNI EN 12697-39 – UNI EN 12697-1) presente nella miscela può essere riferita sia al peso degli inerti che al peso del conglomerato e può essere determinato attraverso l'estrazione del legante che si esegue mediante il riscaldamento a elevate temperature (superiori a 500°C) in forni idonei, o per estrazione tramite solvente.

➤ **Grado di compattazione**

Il grado di compattazione è utilizzato per valutare l'addensamento del materiale. Esse descrive il rapporto tra la densità determinata in laboratorio e la densità reale ottenuta in cantiere (espressa come percentuale). In cantiere, è possibile ottenere gradi di compattazione superiori al 100%, poiché la densità determinata in laboratorio rappresenta solamente un valore di riferimento relativo ottenuto in condizioni standard. Quindi, il grado di compattazione rappresenta un parametro fondamentale per giudicare conglomerati bituminosi e terre; può essere determinato in sito utilizzando varie procedure, tra cui il volumometro a sabbia.

➤ Densità in sito

La densità in sito è misurata attraverso il volumometro a sabbia. L'apparecchiatura è costituita da un recipiente contenente sabbia, un vassoio metallico con foro centrale e un cono, anch'esse metallico, con il diametro della base corrispondente a quello del vassoio, munito di valvola.

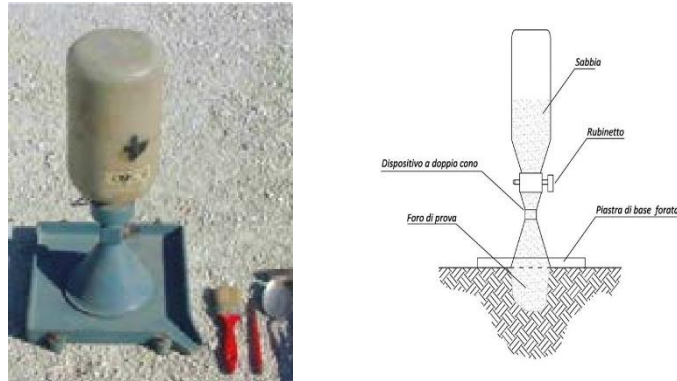


Figura 23 - Volumometro a sabbia

Il vassoio viene posizionato sul terreno da caratterizzare e si realizza un foro, utilizzando un cucchiaio o una spazzola, fino a raggiungere la profondità specificata e il materiale rimosso viene posto all'interno di un contenitore stagno. Successivamente si posiziona il cono doppio accuratamente pesato e riempito con sabbia calibrata sul vassoio d'acciaio, in questo modo, la sabbia attraversa la valvola ed entra nel foro di prova, fino a riempirlo. La valvola viene chiuso solo quando anche la parte inferiore dell'imbuto si è riempita di sabbia. Infine, viene pesato nuovamente il cono doppio con la sabbia residua nell'imbuto superiore.

Il peso ed il volume della sabbia che ha riempito il foro di prova possono essere determinati calcolando la differenza di peso. Questa prova viene utilizzata per determinare la densità umida, la quale a sua volta può servire per determinare la densità secca. Quest'ultima è determinata rapportando la massa secca del materiale estratto e il volume totale del cavo (ottenuto sottraendo al volume di sabbia versata quello del cono). Per l'essiccazione della terra in stufa a 105°C

sono richieste almeno 6 ore in assenza di fino argilloso. Infine, il grado di compattazione è calcolato dalla densità secca e dalla densità ottenuta in laboratorio.

➤ **Densità umida**

La densità umida ρ_f è pari alla massa umida m_f divisa per il volume del campione V inclusa la porosità esistente del campione e del grano stesso. La densità umida è principalmente una misura utilizzata per descrivere la densità di campioni di terreno prelevati da un cantiere:

$$\rho_f = \frac{m_f}{V} \left[\frac{g}{cm^3} \right]$$

➤ **Densità secca**

Per determinare la densità secca di un campione di terreno di volume noto, il campione di terreno viene essiccato fino ad ottenere la costanza della massa (es. in forno) e quindi pesato. La densità secca ρ_d è pari alla massa secca m_d divisa per il volume del campione V inclusa la porosità esistente del campione e del grano stesso:

$$\rho_d = \frac{m_d}{V} \left[\frac{g}{cm^3} \right]$$

Quindi, la densità secca è la base per la determinazione del grado di compattazione.

2.3.5 Piastre statiche

Lo scopo della prova è di determinare il modulo di deformazione M_d che misura la capacità portante dei terreni di sottofondo, degli strati di rilevato nonché degli strati non legati di fondazione e di base delle pavimentazioni stradali.

Durante una prova di carico statico su piastra, si utilizza un martinetto idraulico per caricare/scaricare in modo incrementale una piastra circolare,

generalmente del diametro di 30 cm (rif. CNR 146/92). La lettura degli incrementi di carico è effettuata utilizzando un manometro munito di una scala graduata in modo da consentire direttamente la lettura del carico unitario in funzione del diametro della piastra utilizzata, invece, la lettura delle deformazioni del terreno viene misurata attraverso dei trasduttori di spostamento applicati sulla piastra, solidali a una barra dotata di appoggi a terra situati esternamente all'area interessata dal bacino di deflessione. Si considerano esauriti gli assestamenti sotto carico quando il cedimento medio tra due letture successive in 1 minuto non è maggiore 2/100 mm. In questo modo si può risalire al modulo di deformazione M_d che è il rapporto fra il carico applicato alla superficie di prova mediante una piastra circolare di diametro di 300 mm e l'abbassamento relativo di questa. Esso si determina con prova di carico a ciclo doppio e viene espressa in N/mm^2 dalla relazione:

$$Md = \frac{\Delta p}{\Delta s} \times D$$

Dove:

- Δp è l'incremento della pressione trasmessa da una piastra circolare rigida di diametro $D=300$ mm, espresso in N/mm^2 ;
- Δs è il cedimento totale corrispondente all'incremento di cedimento della superficie caricata, espresso in mm.

La procedura di prova, caratterizzata da elevati tempi di esecuzione (30 ÷ 60 minuti), si presta per indagini puntuali mirate.

2.3.6 Light Weight Deflectometer (LWD)

La prova di carico dinamico con piastra leggera serve per determinare il modulo dinamico di elasticità e dunque la capacità portante e il grado di compattazione di terreni, tenendo in considerazione il tipo di terreno e il contenuto d'acqua. Le prove LWD devono rispettare le Norme ASTM E2583-07 "Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight

Deflectometer (LWD)” e andranno eseguite applicando una sollecitazione pari a circa 70 kPa mentre la durata dell’impulso di carico sarà pari a circa 30 msec. Tale configurazione si ottiene utilizzando il carico da 10 kg con una altezza di caduta(distanza tra terreno e base del carico) pari a 100 cm. Le battute del LWD, secondo quanto indicato nella Norma, devono essere ripetute fino ad ammettere uno scarto tra le deflessioni a centro piastra inferiore o uguale al 3%. Pur nel rispetto del valore di modulo elastico richiesto, se non viene raggiunto il limite dello scarto tra due deflessioni consecutive dopo 4 ripetizioni per più di 5 punti di misura distanziati almeno 5 m tra loro, lo strato andrà riaddensato.

Durante le prove vanno registrare la pressione effettivamente applicata, il tempo di applicazione del carico, la deflessione al centro piastra ed il modulo elastico che dovrà essere calcolato con la seguente espressione

$$E = \frac{f \cdot (1 - 2\eta) \cdot \sigma \cdot r}{d_0}$$

con

- $f = 2$
- $\eta = 0,35$
- $\sigma =$ sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 KPa)
- $r = 150$ mm (raggio della piastra)
- $d_0 =$ deflessione misurata al centro piastra

La prova di carico dinamico con piastra leggera differisce dalla prova di carico statico in quanto, il carico viene creato da un colpo ammortizzato invece che da una pressione costante ed è applicato solo per circa 20-30 ms.

Per questo motivo, di norma, vi è minore post-compattazione del terreno in caso di prova ripetuta rispetto al caso della prova di carico statico. Una prova di carico dinamico richiede solamente circa due minuti [20].

2.4 Controllo prestazionale finale

Ultimati i lavori, occorre verificare le caratteristiche prestazionali della miscela posta in opera mediante le prove non distruttive da eseguirsi direttamente in sito anche con apparecchiature ad alto rendimento per la verifica delle caratteristiche funzionali e strutturali.

2.4.1 Rilievo della regolarità superficiale

Attraverso le prove ad alto rendimento, menzionate nei paragrafi 1.1.1 e 1.1.2, è possibile quindi monitorare diversi parametri, tra i quali il CAT (coefficiente di aderenza trasversale), HS (altezza in sabbia) e IRI (International Roughness Index), rispettivamente correlabili all'aderenza, alla macrorugosità e alla regolarità della pavimentazione. L'Anas, tramite il Centro Sperimentale Stradale (CSS) di Cesano, dispone di due apparecchiature principali per la misura delle grandezze appena menzionate: il macchinario ERMES (per la misura di CAT, HS e IRI) e il Traffic Speed Deflectometer (TSD) che permette di risalire oltre alla regolarità della pavimentazione (IRI) anche a misure di portanza.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti ad elevata rugosità superficiale, per i quali le misure vanno effettuate tra il 60° ed il 270° giorno dall'apertura al traffico. Le misurazioni non possono avvenire subito dopo l'ultimazione della lavorazione per dare il tempo al conglomerato di perdere la patina di bitume che permane in superficie fintanto che non avviene il transito dei primi veicoli. L'interazione ruota-pavimentazione comporta infatti l'asportazione del film di bitume superficiale permettendo il mutuo contatto tra granulo e battistrada e assicurando conseguentemente maggiore aderenza per i veicoli. Il valore dell'IRI deve essere invece monitorato tra la stesa e il 180° giorno dall'apertura al traffico [20].

Inoltre, è importante considerare che il TSD appartiene alla nuova generazione di apparecchiature appartenenti ai dispositivi RWD (Rolling Wheel Deflectometer), ovvero apparecchiature dinamiche mobili in grado di effettuare misure di portanza a velocità confrontabili con quelle di esercizio; pertanto, la risposta della pavimentazione misurata è analoga a quella realmente generata dal passaggio dei mezzi pesanti in esercizio. È un fattore di notevole importanza in quanto, diversamente da quanto accade durante la storia di carico generata da apparecchiature impulsive tipo FWD (Falling Weight Deflectometer), nella realtà le direzioni delle tensioni e delle deformazioni principali all'interno delle pavimentazioni subiscono delle rotazioni durante il passaggio di carichi mobili.

2.4.2 SCRIM-TEX

Un'altra apparecchiatura utilizzata per i rilievi dei parametri di aderenza superficiale C.A.T. (Coefficiente di Aderenza Trasversale) e di macrotessitura H.S. (Altezza di Sabbia) è la S.C.R.I.M.-TEX (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine e Texture Meter).

Tale strumentazione è costituita da un autocarro sul quale è montato, su entrambi i lati, un sistema di misura; grazie alla presenza di una cisterna d'acqua di capacità adeguata e di un dispositivo dosatore, provvede all'innaffiamento della pavimentazione in modo da riprodurre davanti alla ruota caricata (utilizzata per la misura dell'aderenza trasversale) una superficie stradale bagnata con uno spessore del velo idrico pressoché costante. Le ruote di misura vengono fatte transitare sulla parte di pavimentazione più sollecitata dal traffico e sono orientate con un angolo di deriva di 20 gradi rispetto alla direzione del veicolo trainante; esse sono costituite da uno pneumatico liscio oggetto di fabbricazione speciale con durezza e resilienza standardizzate. Un sistema idraulico permette di sollevare ed abbassare le ruote di misura e di aprire o chiudere rispettivamente l'erogazione dell'acqua dal dispositivo di innaffiamento. Un sistema molla-ammortizzatore permette infine alla ruota di rimanere a costante contatto della pavimentazione quando è in posizione di

misura. Il rilievo della macrotessitura della pavimentazione viene eseguito con due ulteriori strumenti, localizzati su entrambi i lati di misura ed in posizione anteriore rispetto alle ruote di misura del C.A.T., i quali impiegano una tecnologia di tipo laser.

Per quanto riguarda i rilievi dell'aderenza C.A.T. e della macrotessitura H.S. sono stati condotti a velocità variabile in funzione delle caratteristiche geometriche del tracciato, con passo di campionamento di 10 metri ed in corrispondenza delle wheel-paths destra e sinistra di ciascuna tratta oggetto di indagine. Invece, il rilievo delle caratteristiche di regolarità superficiale della pavimentazione è stato eseguito in continuo alla velocità di circa 60 km/h.

2.4.3 Falling Weight Deflectometer (FWD)

Lo sviluppo dell'apparecchiatura denominata Falling weight deflectometer (FWD) o deflettometro a massa battente, risale ai primi anni '60 grazie a studi condotti in Danimarca sulla base di esperienza precedenti maturate in Francia. A fronte del successo raccolto dalle apparecchiature impulsive a livello mondiale, va considerata la difficoltà connessa alla esecuzione di tali prove per il monitoraggio di una rete stradale, tenuto conto che, anche se per un tempo limitato, la strumentazione deve stazionare in corrispondenza del punto di misura. Ne deriva un certo intralcio al traffico in esercizio soprattutto se si considera che il passo di misura in ogni caso non dovrebbe essere superiore a 100 m; difatti, le misure oggetto del presente studio avranno una cadenza minima di 20 o 50 metri, in funzione dell'effettiva estensione dell'intervento.

Il principio di funzionamento del FWD consiste nell'applicazione di un carico impulsivo generato da una massa nota M lasciata cadere da un'altezza prestabilita H al di sopra di un sistema di molle di rigidità K collegato a una piastra di carico circolare (diametro $D = 300$ mm) a contatto con la pavimentazione. La possibilità di modificare i parametri M , H , e K consente di ottenere il valore desiderato del carico impulsivo da applicare sulla

pavimentazione che può variare di norma tra 20 e 120 kN, anche se i modelli più pesanti possono generare carichi fino a 250 kN (Heavy Weight Deflectometer) [10].

Nel caso in esame, vengono eseguite prove con una massa montante di 700 kg, con una piastra di carico di diametro di 300 mm e si eseguono 3 battute per punto stazione con una pressione di contatto di circa 1700 KPa, corrispondete ad un livello di carico pari a 120KN.

La scelta dei parametri di prova (esempio rigidità del sistema di molle) è orientata, inoltre, a produrre un impulso di carico la cui durata sia in grado di simulare le sollecitazioni effettivamente trasmesse al passaggio dei veicoli. A tale proposito l'intervallo di carico risulta compreso tra 20 e 60 ms, mentre il tempo richiesto per il raggiungimento del picco (load rise time) può variare tra 5 ms e 30 ms. L'applicazione del carico sulla superficie stradale genera un bacino di deflessione caratterizzato da simmetria assiale e che può essere misurato attraverso il rilievo dei cedimenti verticali in direzione radiale rispetto al centro della piastra di carico. A tale proposito sono impiegati da 6 a 9 trasduttori di spostamento (geofoni) posizionati a distanze prestabilite rispetto al centro della piastra di carico (0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500, 1800) in funzione della rigidità globale della pavimentazione, che denominiamo rispettivamente da d_0 a d_9 . I dati raccolti nel corso delle misure deflettometriche vengono utilizzate per risalire a parametri sintetici (esempio IS300) oppure per la stima delle proprietà meccaniche (moduli elastici) dei materiali costituenti la pavimentazione. Inoltre, fornisce anche gli indicatori IS200 e IS_{FOND} [10]. Per i risanamenti profondi, come nel caso oggetto di studio, si valuta l'indice strutturale IS300 in quanto l'IS200 è usato come riferimento nell'ambito dei risanamenti superficiali.

L'IS300 è un parametro che rappresenta la deformabilità della parte superficiale (circa 30 cm dal piano viabile) della pavimentazione stradale. Nel caso specifico della pavimentazione della S.S. 3 Bis "Tiberina", l'IS300 schematizza il

comportamento meccanico degli strati in conglomerato bituminoso (tappeto, binder e base, per uno spessore complessivo di 22 cm) e di parte dello strato di fondazione stabilizzato a cemento.

Nello specifico, l'IS300 si calcola come differenza tra la deformazione misurata in corrispondenza del punto di applicazione del carico e quella misurata a 30 cm di distanza dal punto di applicazione del carico, in direzione longitudinale.

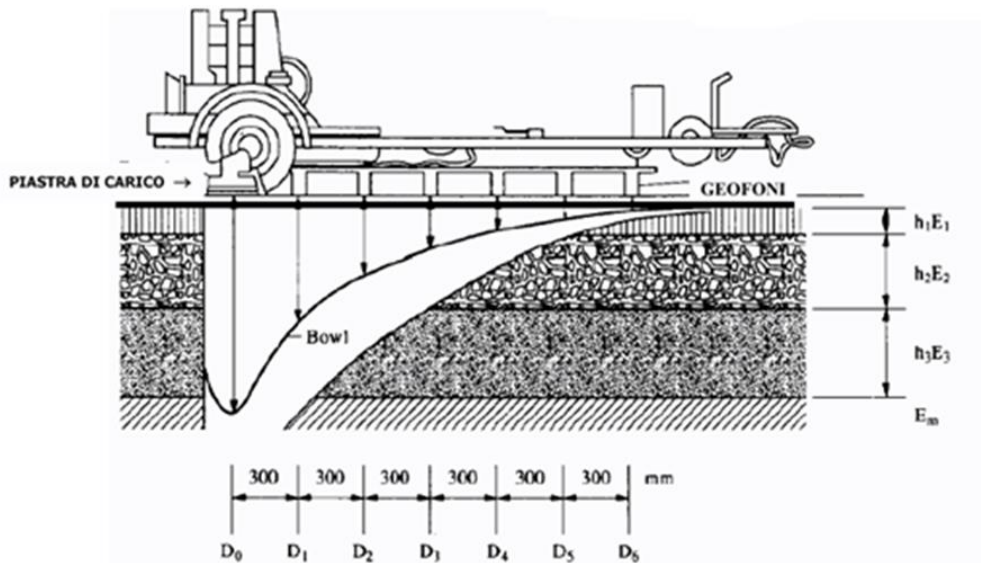


Figura 24 - Schema di una prova deflettometrica (FWD)

Ovviamente l'IS300 dipende direttamente dalla rigidità degli strati della pavimentazione, in particolare degli strati in conglomerato bituminoso: più la sovrastruttura è rigida, minore è la deformazione misurata durante la prova deflettometrica e quindi minore è il valore di IS300. Poiché il conglomerato bituminoso è un materiale termodipendente, che cioè cambia le proprie caratteristiche meccaniche al variare della temperatura, è necessario riferire l'IS300 ad un valore standard di temperatura, nello specifico 14 °C. Si normalizza l'IS300 alla pressione di 1700KPa e alla temperatura di riferimento attraverso le seguenti relazioni:

$$IS300_{norm,p} = \frac{IS300 \cdot 1700}{p}$$

$$IS300_{norm,p,T} \equiv IS300(14^{\circ}C) = IS300_{norm,p} \cdot e^{0.037 \cdot (14 - T_{prova})}$$

Dove:

- P è la pressione effettivamente applicata in corrispondenza della stazione di prova;
- T_{prova} è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova

Allo scopo di stabilire il “valore soglia” di IS300, di riferimento per l'accettazione dei lavori di risanamento della pavimentazione della strada statale oggetto di studio, la prova deflettometrica eseguita con apparecchiatura FWD (Falling Weight Deflectometer) è stata schematizzata con il software BISAR. Tale software modella la pavimentazione stradale attraverso la teoria del multistrato elastico, secondo la quale ogni strato ha un comportamento puramente elastico e è rappresentabile quindi mediante i due parametri modulo di Young E e rapporto di Poisson ν . Nella simulazione della prova FWD, la pavimentazione stradale è stata rappresentata in maniera analoga rispetto al dimensionamento della sovrastruttura effettuato in fase di progetto. In particolare, è stato determinato il “valore soglia” per diversi pacchetti strutturali tra i quali:

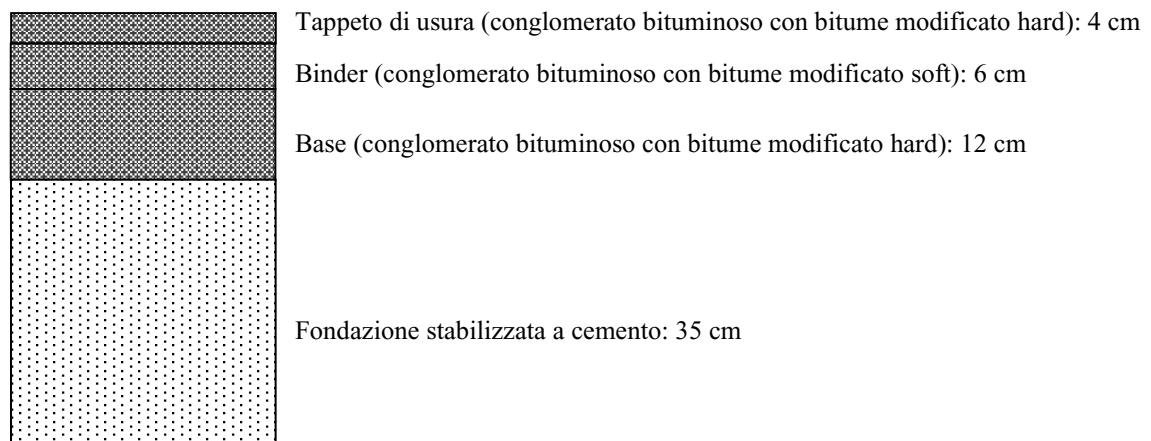


Figura 25 - Pavimentazione con base a caldo e usura chiusa

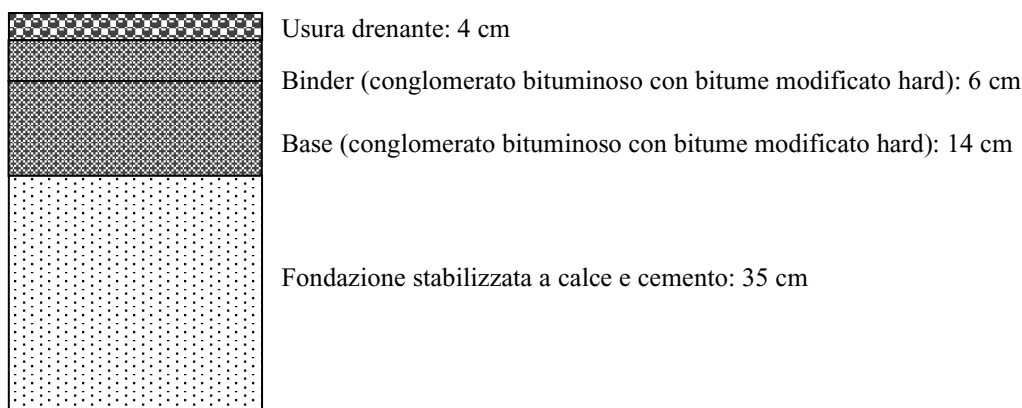


Figura 26 - Pavimentazione con base a caldo e usura drenante

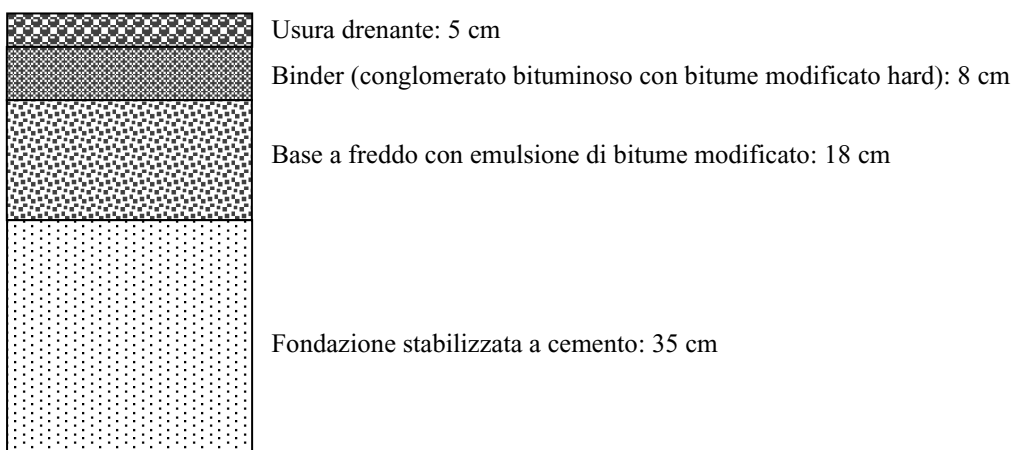


Figura 27 - Pavimentazione con base a freddo e usura drenante

Nello specifico, le pavimentazioni N. 1 e N. 2 sono caratterizzate dalla presenza della base a caldo in conglomerato bituminoso con bitume modificato hard e si differenziano tra loro per la presenza o meno del tappeto drenante. La pavimentazione N. 3 è contraddistinta dalla base a freddo in conglomerato bituminoso con emulsione di bitume modificato con spessore di 18 cm e dalla presenza del tappeto di usura drenante.

I risultati della simulazione indicano che il valore soglia di IS300 per l'accettazione dei lavori di risanamento profondo della pavimentazione della S.S. 3 Bis "Tiberina" (E/45), con i materiali e gli spessori previsti nel dimensionamento di progetto, risultano pari a:

Pavimentazione N. 1

usura tipo A 4 cm + binder hard 6 cm + base 12 cm

$$\begin{aligned} IS300 &= \text{Displacement } UZ_0 - \text{Displacement } UZ_{300\text{ mm}} = 502 - 444.5 \\ &= 57.5 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Pavimentazione N. 2

usura drenante 4 cm + binder hard 6 cm + base a caldo hard 14 cm

$$IS300 = \text{Displacement } UZ_0 - \text{Displacement } UZ_{300\text{ mm}} = 504.6 - 443.2 = 61.4 \mu\text{m}$$

Pavimentazione N. 3

usura drenante 5 cm + binder hard 8 cm + base a freddo 18 cm

$$IS300 = \text{Displacement } UZ_0 - \text{Displacement } UZ_{300\text{ mm}} = 462.6 - 400.5 = 62.1 \mu\text{m}$$

Capitolo III: Risultati delle prove

3.1 Metodologia di analisi

Le prove oggetto dell'analisi sono state precedentemente descritte nel sottocapitolo 2.3. I risultati delle prove eseguite sono stati suddivisi e riportati in base a che si tratti di prove sulla sottofondazione, sulla fondazione stabilizzata, sulla base riciclata a freddo, sui carotaggi e sul conglomerato bituminoso sfuso. Oltre a queste, vengono riportati anche i risultati delle prove eseguite con le apparecchiature ad alto rendimento quali, l'HWD, per la valutazione delle caratteristiche strutturali IS300, ed ERMES, per i rilievi delle caratteristiche funzionali della superficie stradale (aderenza, macrorugosità e regolarità).

Per avere un riscontro sulla bontà delle lavorazioni, i risultati vengono confrontati con le caratteristiche previste dal capitolato. I valori al di fuori dei limiti previsti, verranno evidenziati in giallo.

3.1.1 Sottofondazione

Oltre alle prove eseguite per la valutazione dei materiali costituenti la sottofondazione attraverso pozzetti esplorativi, come citato nel paragrafo 1.3, sono state eseguite prove di carico su piastra e prove LWD al fine di valutarne la portanza.

In particolare, le prove di carico su piastra generalmente sono state eseguite prima e dopo l'intervento per valutarne il miglioramento ottenuto mediante la stabilizzazione a calce. Dopo l'intervento il risultato della prova deve avere un valore maggiore di 50 MPa come indicato dal capitolato. Inoltre, sono indicati anche le specifiche per la prova LWD; occorre fare una prima misura dopo 4 ore dall'intervento e una successiva dopo 24 ore e devono risultare valori maggiori rispettivamente di 60 e 200 MPa.

3.1.2 Fondazione stabilizzata con calce e cemento

Le prove esaminate nel presente studio per la fondazione stabilizzata con calce e cemento riguardano le prove per la misura della densità in sito per determinare il grado di compattazione, prove LWD e le prove per la caratterizzazione meccanica dei provini confezionati in cantieri mediante un laboratorio mobile. Per quest'ultima, vengono eseguite prove di resistenza a trazione indiretta e di resistenza a compressione di provini confezionati in cantiere aventi un diametro di 150 mm, e un'altezza, per la prova di trazioni indiretta di 100-130 mm e di 160-200 per la prova a compressione; entrambi compattati con 180 giri di pressa giratoria. I provini vanno maturati a 40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima del test di rottura; inoltre, viene prevista la preparazione di 3 provini per ogni prova maturati a 3 e/o a 7 giorni. È necessario precisare che per queste prove i risultati riportati nei sotto capitoli da 3.2 e 3.6, sono la media di 3 provini per ogni prova. Le restanti tabelle sono allegate in appendice C.

I valori ottimali dei risultati di queste prove devono essere compresi nei range riportati nella seguente tabella:

| | 3 gg | 7 gg | Dimensioni provini |
|--|-------------|-----------|-----------------------------------|
| Rit 25°C (GPa x 10-3) | 0,20 - 0,45 | 0,25-0,50 | Diametro 150mm, altezza 100-130mm |
| Compressione semplice 25 °C (GPa x 10-3) | 1,3 - 3,5 | 2,0 - 5,0 | Diametro 150mm, altezza 160-200mm |

Tabella 21 - Valori di capitolato di resistenza a trazione indiretta e di compressione per la fondazione stabilizzata

Le prescrizioni per LWD sono uguali a quelle previste per la sottofondazione quindi, con valori di 60 e 200 MPa a 4 e 24 ore dall'intervento di stabilizzazione.

Infine, per determinare il grado di compattazione è necessaria la misura della massa volumica del secco in sito in quanto, come già detto, il grado di

compattazione è il rapporto tra la densità determinata in laboratorio e la densità reale ottenuta in cantiere. È necessario specificare in questo caso che la misura di quest'ultima può non essere del tutto rappresentativa se la prova non è stata eseguita perfettamente. Utilizzando il volumometro è possibile che si ottengono addirittura valori maggiori del 100% di compattazione in quanto, il volume di sabbia misurato è minore di quello effettivo. Il grado di compattazione, comunque, deve essere superiore al 94%.

3.1.3 Base a freddo con emulsione di bitume modificato

Le prove previste per la base riciclata a freddo con cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata si realizzano sulla miscela sfusa e attraverso il confezionamento dei provini in cantiere con la pressa giratoria, si vanno a determinare la massa volumica secca, il contenuto di bitume e le resistenze a trazione indiretta e a compressione.

Anche in questo caso, per le resistenze si dovranno realizzare provini con pressa giratoria con numeri di giri pari a 180. Le dimensioni dei provini così come l'intervallo dei valori ottimali dei risultati della prova vengono allegati di seguito:

| | | |
|---|-----------|-------------------------------------|
| | 3 gg | Dimensioni provini |
| ITS 25°C (GPa x 10 ⁻³) | 0,32-0,55 | Diametro 150mm - altezza 100-130 mm |
| Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³) | 1,2 - 2,5 | Diametro 150mm - altezza 160-200 mm |

Tabella 22 - Valori di capitolato di resistenza a trazione indiretta e di compressione per la base a freddo

La differenza sostanziale è che in questo caso non si valuteranno provini maturati a 7 giorni, bensì solo a 3 giorni.

Di notevole importanza per la base a freddo riciclata è il contenuto di bitume. Occorre, data l'aggiunta di emulsione bituminosa, che il quantitativo di bitume sia controllato (in quanto se il bitume non è abbastanza provoca un'azione

legante inferiore, diventando più fragile con vuoti più alti, viceversa se ce ne fosse troppo si può verificare uno scorrimento quindi l'ormaiamento); per questo, si determina la differenza tra la quantità di bitume presente nella miscela prima e dopo l'aggiunta dell'emulsione. Il minimo di capitolato prevede il 3% di emulsione bituminosa, mentre i mix design sono stati realizzati con il 4 %. Da qui deriva, essendo l'emulsione al 60% (60% di bitume), che il valore orientativamente corretto considerando il mix design è 2,4%. Il minimo di conseguenza è 1,8%.

3.1.4 Conglomerati sfusi

Sulla miscela sfusa vengono eseguite prove di laboratorio mediante pressa giratoria. I provini vengono compattati mediante pressa giratoria ad un numero di giri totali N3 dipendete dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante. Si procede, quindi, alla verifica della % dei vuoti che viene fatta a 3 livelli di n° di giri, come già specificato nel 2.3.1. Per semplicità si riporteranno, per ogni strato, soltanto il livello N2 in quanto simula un addensamento simile a quello in situ alla riapertura al traffico di progetto, in modo tale da poter fare un confronto i vuoti presenti nelle carote:

| | Bitume modificato Hard | | % vuoti (Vm UNI EN 12697-8) |
|-------------------|------------------------|-----|-----------------------------|
| | N2 | 120 | |
| Base e basebinder | N2 | 120 | 3-6 |
| Binder | N2 | 120 | 3-6 |
| Usura | N2 | 140 | 3-6 |
| Usura drenante | N2 | 50 | ≥ 22 |

Tabella 23 - Valori di capitolato della % dei vuoti di provini realizzati mediante pressa giratoria

Successivamente, le miscele risultanti dallo studio mediante giratoria (compattate a N3) vengono sottoposte alla prova di trazione indiretta al fine di

determinare Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta), che dovranno rispettare le seguenti specifiche:

| | Miscele con bitume HD | |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Rt (GPa x 10 ⁻³) | CTI (GPa x 10 ⁻³) |
| Base e basebinder | 0,95 - 1,70 | ≥ 75 |
| Binder | 0,95 - 1,70 | ≥ 75 |
| Usura | 0,95 - 1,90 | ≥ 75 |
| Usura drenante | 0,36 - 0,70 | ≥ 30 |

Tabella 24 - Valori di capitolato della resistenza e del coefficiente di trazione indiretta di provini realizzati mediante pressa giratoria

Infine, viene determinata la massa volumica e la % di bitume; quest'ultima, riferita alla miscela deve essere compresa tra:

- 3,8-5,2% per la base;
- 4,0-5,3% per il basebinder;
- 4,1-5,5% per il binder;
- 4,5-6,1% per l'usura;
- 4,8-5,8 % per l'usura drenante.

3.1.5 Carotaggi

I controlli eseguiti sui carotaggi riguardano preliminarmente la misura degli spessori, si passa poi alla determinazione della massa volumica, del contenuto dei vuoti e di bitume.

La determinazione del contenuto dei vuoti è necessaria per valutare la bontà della compattazione avvenuta. La % dei vuoti è rilevabile dai carotaggi e deve corrispondere ai seguenti range per ogni strato:

| Lavorazioni | % dei vuoti (Vm : UNI EN 12697-8) | |
|-------------|-----------------------------------|------|
| | min. | max. |
| Base | 3 | 9 |
| Basebinder | 3 | 9 |
| Binder | 3 | 8 |
| Usure A | 3 | 8 |
| Drenante | 16 | 27 |

Tabella 25 - Valori di capitolato della % dei vuoti nelle carote estratte dalla pavimentazione

È necessario, inoltre, una precisazione sugli spessori. Come si evince dalla figura 28, lo spessore della base a freddo potrebbe non essere omogeneo, nello specifico, sottostimato in quanto durante il carotaggio, la parte inferiore dello strato è soggetta a “sgranamento” dovuto a scarsa compattazione. Infine, il limite dei vuoti deve essere minore dell’8%; questo produce sempre valori non conformi in quanto per fare l’impasto è previsto circa il 5% di acqua e, per una questione di rapporti di masse volumiche, corrisponde circa all’11% dei vuoti. Quindi si è assunto un valore del 12% oltre il quale si considerano valori alti di vuoti.



Figura 28 - Foto dei carotaggi della base a freddo al km 82+700 e 82+800

3.1.6 Prove ad alto rendimento

Le prove ad alto rendimento necessitano anch'esse di valori di soglia oltre il quale, l'intervento eseguito non è conforme e dunque potrà essere soggetto a detrazioni o addirittura al rifacimento dell'intervento.

I valori soglia determinati per l'HWD sono stati riportati nel 2.4.3 e cambiano in funzione della pavimentazione adottata sulla base del parametro IS300.

Per la prova ERMES vengono definiti dei valori accettabili, accettabili con detrazione e non accettabili. Sono definiti come segue:

| ERMES | CAT | IRI | HS |
|-----------------|----------------|----------------|------------|
| Accettazione | ≥ 53 | $\leq 2,5$ | $\geq 1,0$ |
| Accettazione d. | $< 53 \geq 40$ | $< 2,5 \geq 4$ | $< 1,0$ |
| Non accettabile | < 40 | > 4 | |

Tabella 26 - Valori soglia ERMES

Nelle tabelle successive sono riportati in rosso i valori non accettabili e in giallo i valori intermedi.

3.2 Prove sulla tratta dal km 77+000 al km 83+975

Di seguito sono riportati i risultati delle prove relative alla tratta dal km 77+000 al km 83+975 direzione nord (Cesena). A titolo di esempio è riportata una sola tabella in base a che si tratti di prove sulla sottofondazione, sulla fondazione stabilizzata, sulla base riciclata a freddo, sui carotaggi, sul conglomerato bituminoso sfuso e ad alto rendimento. Le restanti tabelle eseguite sono riportate in appendice C.

| SOTTOFONDAZIONE | | | | |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
| Progressiva | LWD | | Piastre statiche | |
| | 4 H | 24 H | ante-operam | post-operam |
| Limiti di capitolato | > 60 MPa | > 200 MPa | | > 50 MPa |
| 77+640 | | | 45.45 | |
| 77+650 | | 249.00 | | |
| 77+700 | | 422.00 | 75.00 | |
| 77+750 | | 304.00 | 69.77 | |
| 77+900 | | | | 100.00 |
| 78+100 | | | | 103.40 |
| 78+250 | | | 31.30 | |
| 81+450 | | | 26.80 | 81.08 |
| 81+800 | 70.30 | | | |
| 81+900 | 110.30 | | | |
| 82+000 | 60.60 | | | |
| 82+050 | | | 39.50 | 75.00 |
| 82+100 | 73.22 | | | |
| 82+150 | 70.50 | | | |
| 82+200 | 79.40 | | | |
| 82+250 | | | | |
| 82+300 | | | 36.14 | 116.88 |
| 82+800 | | | 22.73 | 243.24 |
| 83+100 | | | 32.61 | 150.00 |
| 83+300 | | 263.00 | 27.52 | 200.00 |
| 83+400 | | | | 250.00 |
| 83+500 | | | | 333.33 |
| 83+600 | | 258.00 | 34.48 | 187.50 |

Tabella 27 - Prove sulla sottofondazione dal km 77+000 al km 83+975

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20+0,45 MPa | 0,25+0,50 MPa | 1,3+3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | > 94% | |
| 77+300 | Marcia | | | | | | 314.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 485.00 | | |
| 77+400 | Marcia | | 0.27 | | 4.72 | | 365.00 | 2.09 | 97.62% |
| | Sorpasso | | 0.26 | | 2.49 | | 214.00 | 1.99 | 99.45% |
| 77+500 | Marcia | | | | | | 382.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 279.00 | | |
| 77+550 | Marcia | | | | | | 527.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 261.00 | | |
| 77+600 | Sorpasso | | | | | | 178.00 | | |
| 77+620 | Marcia | | | | | | 1034.00 | | |
| 77+630 | Sorpasso | | | | | | 213.00 | | |
| 77+650 | Marcia | | 0.27 | | 3.72 | | 206.00 | 2.02 | 97.68% |
| | Sorpasso | | | | | 113.00 | 135.00 | | |
| 77+675 | Marcia | | | | | | 917.00 | | |
| 77+680 | Sorpasso | | | | | | 291.00 | | |
| 77+690 | Sorpasso | | | | | | 268.00 | | |
| 77+700 | Marcia | | | | | | 322.00 | | |
| | Sorpasso | | 0.25 | | 2.37 | 106.00 | 197.00 | 1.91 | 98.91% |
| 77+750 | Sorpasso | | | | | | 71.00 | | |
| 77+765 | Sorpasso | | | | | | 50.00 | | |
| 77+780 | Sorpasso | | | | | 152.00 | 338.00 | | |
| 77+790 | Marcia | | | | | | 909.00 | | |
| 77+800 | Marcia | | | | | | 410.50 | | |
| 77+850 | Sorpasso | | 0.25 | | 2.50 | | 210.77 | | |
| 77+900 | Marcia | | 0.26 | | 3.38 | | 614.50 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 195.80 | | |
| 78+000 | Marcia | | | | | | 228.25 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 208.33 | | |
| 78+100 | Marcia | | 0.26 | | 2.93 | | 706.00 | 2.20 | 94.61% |
| | Sorpasso | | 0.27 | | 3.05 | | 214.30 | | |
| 78+200 | Marcia | | 0.32 | | 3.50 | | 401.75 | 2.21 | 94.70% |
| | Sorpasso | | | | | | 203.04 | | |
| 78+300 | Marcia | 0.19 | 0.25 | 3.68 | 4.99 | | | | |
| | Sorpasso | | 0.32 | | 2.68 | | 326.50 | 2.22 | 94.85% |
| 78+400 | Sorpasso | | | | | | 504.00 | | |
| 78+500 | Marcia | | 0.26 | | 4.91 | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 678.75 | | |
| 78+600 | Sorpasso | | 0.26 | | 2.04 | | 236.75 | 2.21 | 95.12% |
| 78+650 | Marcia | | | | | | | 2.22 | 95.13% |
| 78+700 | Marcia | | 0.26 | | 3.20 | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | | 2.19 | 94.99% |
| 78+750 | Sorpasso | | 0.21 | | 2.02 | | 254.75 | | |
| 78+800 | Marcia | | 0.42 | | 3.57 | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 289.75 | | |
| 78+900 | Marcia | | 0.29 | | 4.81 | | | | |
| 79+000 | Sorpasso | | 0.26 | | 2.03 | | 267.50 | 2.18 | 95.21% |
| 79+050 | Marcia | | 0.30 | | 4.98 | | | | |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

Tabella 28 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 77+000 al km 83+975

| PROVE SULLA MISCELA SFUSA DELLA BASE RICICLATA A FREDDO CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA | | | | | | | | |
|---|-----------------|---|----------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria* | | | | % bitume sulla miscela | % bitume sugli aggregati** | % di bitume apportato dall'emulsione*** |
| | | Resistenza a compressione 3 GG | Massa volumica secca | Resistenza a trazione 3 GG | Massa volumica secca | | | |
| Limiti di capitolato | | 1,2 ÷ 2,5 MPa | | 0,32 ÷ 0,55 MPa | | | | > 1,8% |
| 77+400 | Marcia | 2.370 | 2.138 | 0.22 | 2.138 | 6.00 | 4.70 | 1.30 |
| 77+600 | Sorpasso | 2.920 | 2.111 | 0.33 | 2.111 | 6.20 | 4.10 | 2.10 |
| 77+700 | Marcia | 2.200 | 2.097 | 0.21 | 2.097 | 6.00 | | |
| 77+900 | Marcia | 2.143 | 2.161 | 0.39 | 2.163 | 5.77 | 3.00 | 2.77 |
| 78+100 | Sorpasso | 1.880 | 2.196 | 0.33 | 2.192 | 6.62 | 3.89 | 2.73 |
| 78+200 | Marcia | 1.710 | 2.208 | 0.34 | 2.208 | 6.91 | 3.89 | 3.02 |
| 78+300 | Marcia | 2.050 | 2.196 | 0.34 | 2.198 | 6.36 | 3.97 | 2.39 |
| Uscita P.te Felcino | Svincolo | | | | | 6.05 | 3.21 | 2.84 |
| 78+600 | Sorpasso | 1.690 | 2.166 | 0.35 | 2.158 | 6.82 | 4.31 | 2.51 |
| Ingresso P.te Felcino | Svincolo | 2.157 | 2.200 | 0.37 | 2.151 | 6.05 | 3.21 | 2.84 |
| 78+700 | Marcia | 1.370 | 2.185 | 0.32 | 2.275 | | | |
| 78+800 | Sorpasso | 1.770 | 2.229 | 0.33 | 2.232 | | | |
| 78+900 | Marcia | 1.960 | 2.191 | 0.34 | 2.267 | 6.30 | 3.31 | 2.99 |
| 79+000 | Marcia | 2.313 | 2.094 | 0.40 | 2.142 | 5.93 | 3.11 | 2.82 |
| 79+100 | Sorpasso | 2.133 | 2.185 | 0.36 | 2.182 | 6.22 | 3.58 | 2.64 |
| 79+200 | Marcia | 2.220 | 2.149 | 0.37 | 2.135 | 6.17 | 3.58 | 2.59 |
| 79+300 | Sorpasso | 2.240 | 2.171 | 0.41 | 2.181 | 5.87 | 3.35 | 2.52 |
| 79+400 | Marcia | 2.263 | 2.178 | 0.38 | 2.163 | 6.01 | 3.35 | 2.66 |
| 79+500 | Sorpasso | 2.223 | 2.163 | 0.40 | 2.142 | 5.99 | 3.35 | 2.64 |
| | Marcia | | | | | 5.74 | 3.35 | 2.39 |
| 79+700 | Marcia | 2.063 | 2.193 | 0.42 | 2.207 | 5.82 | 2.78 | 3.04 |
| 79+800 | Sorpasso | 2.090 | 2.185 | 0.43 | 2.227 | 5.58 | 2.78 | 2.80 |
| 80+000 | Marcia | 2.293 | 2.191 | 0.43 | 2.201 | 5.86 | 2.78 | 3.08 |
| 80+200 | Marcia | 2.850 | 2.058 | 0.32 | 2.058 | 3.90 | 3.10 | 0.80 |
| 80+500 | Marcia | 2.713 | 2.150 | 0.32 | 2.150 | 3.70 | 3.00 | 0.70 |
| 80+800 | Marcia | 2.493 | 2.152 | 0.32 | 2.152 | 4.40 | 3.90 | 0.50 |
| 81+050 | Sorpasso | 2.680 | 2.189 | 0.33 | 2.189 | 4.40 | 3.60 | 0.80 |
| 81+300 | Marcia | 2.810 | 2.246 | 0.36 | 2.246 | 3.50 | 3.30 | 0.20 |
| 81+550 | Marcia Sorpasso | 2.783 | 2.172 | 0.33 | 2.172 | 6.00 | 4.00 | 2.00 |
| 81+800 | Marcia Sorpasso | 2.707 | 2.190 | 0.34 | 2.190 | 6.30 | 4.00 | 2.30 |
| 82+050 | Marcia Sorpasso | 2.707 | 2.189 | 0.32 | 2.189 | 6.00 | 4.00 | 2.00 |
| 82+300 | Marcia Sorpasso | 3.120 | 2.192 | 0.34 | 2.192 | 5.20 | 4.00 | 1.20 |
| 82+550 | Marcia Sorpasso | 2.567 | 2.193 | 0.32 | 2.193 | 5.20 | 4.00 | 1.20 |
| 82+800 | Marcia Sorpasso | 2.067 | 2.133 | 0.23 | 2.133 | 6.10 | 4.00 | 2.10 |
| 82+800 Università P.M. | | | | 0.37 | | | | |
| 83+050 | Marcia | 2.670 | 2.144 | 0.32 | 2.144 | 4.60 | 3.20 | 1.40 |
| 83+300 | Marcia | 3.080 | 2.148 | 0.37 | 2.148 | 5.90 | 3.00 | 2.90 |
| 83+550 | Marcia | 2.970 | 2.158 | 0.32 | 2.158 | 4.30 | 3.90 | 0.40 |
| 83+700 | Marcia Sorpasso | 2.300 | 2.096 | 0.32 | 2.096 | 4.40 | 3.90 | 0.50 |
| 83+950 | Marcia Sorpasso | 2.100 | 2.154 | 0.32 | 2.154 | 4.10 | 3.90 | 0.20 |
| VALORE MEDIO | | | | | | % bitume sulla miscela | % bitume sugli aggregati | % di bitume apportato dall'emulsione |
| | | | | | | 5.57 | 3.57 | 2.01 |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria
**Miscela di fresato e aggregati aggiunti, prelevata prima della miscelazione con cemento ed emulsione bituminosa
***Differenza tra la quantità di bitume presente nella miscela prima e dopo l'aggiunta dell'emulsione

Tabella 29 - Prove sulla base a freddo riciclata dal km 77+000 al km 83+975

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|--------|-----------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|--------|-----------|----------------|------------------------------|
| Progressiva | Corsia | BASEBINDER | | | | | USURA DRENANTE | | | | |
| | | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Massa volumica | Vuoti Residui* n° giri 120 | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Massa volumica | Vuoti Residui* n° giri 50 |
| | | Rt | CTI | | | | Rt | CTI | | | |
| Limiti capitolato | | 0,95 ÷ 1,70 | > 75 | 4,0 ÷ 5,3 | | 3-6 % | 0,36 ÷ 0,70 | ≥ 30 | 4,8 ÷ 5,8 | | ≥ 22 |
| 77+300 | Marcia | | | | | | 0.49 | 66.30 | 5.10 | 1.984 | 24.1 |
| 77+350 | Marcia | 1.580 | 192.00 | 4.90 | 2.471 | 3.8 | | | | | |
| 77+400 | Sorpasso | 1.680 | 233.10 | 5.00 | 2.459 | 3.2 | | | | | |
| 77+700 | Sorpasso | | | | | | 0.45 | 73.40 | 5.20 | 1.996 | 23.4 |
| 77+830 | Marcia | 2.150 | 324.00 | 4.50 | 2.445 | 3.1 | | | | | |
| 78+100 | Marcia | | | | | | 0.40 | 51.50 | 5.30 | 1.963 | 34.5 |
| 78+200 | Sorpasso | | | | | | 0.61 | 73.30 | 4.80 | 1.959 | 24.5 |
| Uscita P.te Felcino | Marcia | 1.800 | 342.10 | 4.50 | 2.424 | 3.2 | | | | | |
| 78+500 | Marcia | 1.910 | 294.20 | 4.50 | 2.442 | 3.3 | 0.43 | 60.30 | 5.10 | 1.984 | 23.7 |
| Ingresso P.te Felcino | Marcia | 2.180 | 318.30 | 4.30 | 2.464 | 3.6 | 0.56 | 90.90 | 5.00 | 2.002 | 23.4 |
| 78+900 | Marcia | | | | | | 0.57 | 71.50 | 4.90 | 1.955 | 24.7 |
| 79+250 | Sorpasso | 1.74 | 305.60 | 4.50 | 2.423 | 3.5 | | | | | |
| 79+400 | Marcia | | | | | | 0.53 | 88.20 | 5.00 | 1.997 | 23.6 |
| 79+500 | Marcia | 1.91 | 294.20 | 4.50 | 2.444 | 3.4 | | | | | |
| 79+700 | Sorpasso | 1.98 | 284.60 | 4.40 | 2.439 | 3.6 | 0.61 | 65.70 | 5.10 | 1.980 | 23.2 |
| 79+900 | Marcia | | | | | | 0.57 | 73.90 | 5.20 | 1.964 | 23.9 |
| 80+200 | Sorpasso | 1.60 | 211.20 | 4.60 | 2.446 | 3.4 | 0.64 | 83.40 | 5.20 | 1.975 | 23.4 |
| 80+400 | Marcia | 1.67 | 198.40 | 4.70 | 2.446 | 3.1 | 0.51 | 76.80 | 5.00 | 1.990 | 23.9 |
| 80+600 | Marcia | 2.19 | 263.60 | 4.70 | 2.453 | 3.1 | | | | | |
| 80+700 | Marcia | | | | | | 0.56 | 130.10 | 4.90 | 1.983 | 24.4 |
| | Sorpasso | | | | | | 0.57 | 70.10 | 5.20 | 1.983 | 22.9 |
| 81+000 | Marcia | 1.95 | 321.90 | 4.40 | 2.444 | 3.3 | | | | | |
| | Sorpasso | 2.02 | 322.20 | 4.40 | 2.418 | 3.8 | | | | | |
| 81+600 | Marcia | | | | | | 0.53 | 62.90 | 5.10 | 1.969 | 23.6 |
| 81+800 | Sorpasso | 1.96 | 289.40 | 4.40 | 2.422 | 3.5 | | | | | |
| 81+900 | Marcia | 2.01 | 343.90 | 4.30 | 2.440 | 3.4 | | | | | |
| 82+100 | Sorpasso | 1.79 | 354.30 | 4.50 | 2.424 | 3.2 | | | | | |
| 82+200 | Marcia | | | | | | 0.57 | 66.00 | 5.10 | 1.982 | 22.8 |
| 82+400 | Marcia | 1.85 | 263.40 | 4.60 | 2.437 | 3.1 | | | | | |
| 82+500 | Sorpasso | | | | | | 0.49 | 52.10 | 5.00 | 1.947 | 24.7 |
| 82+800 | Marcia | 1.51 | 154.20 | 4.80 | 2.378 | 3.4 | | | | | |
| 83+100 | Marcia | | | | | | 0.45 | 51.80 | 5.30 | 1.966 | 23.9 |
| 83+400 | Marcia | 1.61 | 184.60 | 4.70 | 2.382 | 3.6 | | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 0.44 | 60.90 | 5.30 | 1.932 | 25.3 |
| 83+600 | Sorpasso | 1.56 | 138.50 | 5.00 | 2.377 | 3.1 | | | | | |
| 83+900 | Marcia | | | | | | 0.39 | 49.00 | 5.40 | 1.938 | 24.8 |
| | Sorpasso | 1.50 | 177.20 | 4.90 | 2.374 | 3.6 | 0.44 | 59.30 | 5.40 | 1.948 | 24.7 |

Tabella 30 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 77+000 al km 83+975

Per i carotaggi, in particolare per la base a freddo, occorre tener conto delle precisazioni fatte nel 3.1.5 con riferimento allo spessore e alla 5 dei vuoti.

➤ HWD

A causa dell'eccessiva quantità di dati sono stati riportati i valori di IS300 a 14°C mediati su diversi tronchi, riferiti alla corsia di marcia in direzione sud (Roma):

| Tronco | Prog. Inizio | Prog. Fine | IS300 14°C media (µm) | Valore limite IS300 14°C (µm) |
|-----------------------|--------------|------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1 | 77+800 | 77+960 | 45 | <62,1 |
| 2 | 77+979 | 78+281 | 36 | <62,1 |
| 3 | 78+300 | 78+441 | 44 | <62,1 |
| 4 | 78+460 | 78+700 | 37 | <62,1 |
| 5 | 82+500 | 83+240 | 35 | <62,1 |
| 6 | 83+259 | 83+680 | 37 | <62,1 |
| 7 | 83+700 | 83+900 | 36 | <62,1 |
| | 83+941** | 84+200** | | |
| ** Tratto in Viadotto | | | | |

Tabella 32 - Prova HWD dal km 77+800 al km 84+200

➤ ERMES

Di seguito troviamo i valori di ERMES eseguiti sia sulla corsia di marcia e sia in quella di sorpasso. Anche in questo caso, a causa dell'eccessiva quantità di dati vengono riportati i valori medi riferiti al tronco relativo:

| Corsia di marcia | | | | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 77+800 | 78+230 | 57.8 | 1.67 | 1.36 |
| 78+230 | 78+670 | 59.7 | 1.25 | 1.38 |
| 78+670 | 79+120 | 60.7 | 1.56 | 1.35 |
| 79+120 | 79+570 | 62.0 | 1.55 | 1.39 |
| 79+570 | 80+020 | 58.1 | 1.62 | 1.39 |
| 80+020 | 80+470 | 55.1 | 1.85 | 1.39 |
| 80+470 | 80+920 | 53.9 | 1.78 | 1.38 |
| 80+920 | 81+370 | 53.8 | 1.42 | 1.41 |
| 81+370 | 81+820 | 56.3 | 1.36 | 1.40 |
| 81+820 | 82+500 | 57.3 | 1.63 | 1.41 |
| 82+500 | 83+170 | 56.6 | 1.43 | 1.41 |
| 83+170 | 83+750 | 57.3 | 1.82 | 1.41 |

| Corsia di sorpasso | | | | |
|---------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 77+800 | 78+230 | 64.7 | 1.54 | 1.37 |
| 78+230 | 79+120 | 64.1 | 1.60 | 1.38 |
| 79+120 | 79+570 | 58.9 | 1.50 | 1.39 |
| 79+570 | 80+020 | 61.4 | 1.16 | 1.40 |
| 80+020 | 80+470 | 61.9 | 1.43 | 1.38 |
| 80+470 | 80+920 | 58.7 | 1.59 | 1.41 |
| 80+920 | 81+370 | 57.7 | 1.34 | 1.41 |
| 81+370 | 81+820 | 54.3 | 1.33 | 1.40 |
| 81+820 | 82+500 | - | 1.39 | 1.39 |
| 82+500 | 83+170 | 54.2 | 1.20 | 1.40 |
| 83+170 | 83+750 | 58.4 | 1.15 | 1.40 |

Tabella 33 - Prova ERMES dal km 77+800 al km 83+750

3.3 Prove sulla tratta dal km 83+975 al km 90+050

Di seguito sono riportati i risultati delle prove relative alla tratta dal km 83+975 al km 90+050 direzione nord (Cesena). A titolo di esempio è riportata una sola tabella in base a che si tratti di prove sulla sottofondazione, sulla fondazione stabilizzata, sulla base riciclata a freddo, sui carotaggi, sul conglomerato bituminoso sfuso e ad alto rendimento. Le restanti tabelle eseguite sono riportate in appendice C.

Per le prove di carico su piastra è stato riportato, in questo, caso un'ulteriore informazione, ovvero la presenza delle sigle CA e CE che indicano rispettivamente calce e cemento e in base a che si trovino nelle misure “ante-operam” o “post-operam”, indicano il se il trattamento è fatto prima o dopo della misura.

| SOTTOFONDAZIONE (MARCIA) | | | | |
|---------------------------------|------------------|-----------|------------------|-------------|
| Progressiva | LWD (post-calce) | | Piastre statiche | |
| | 4 H | 24 H | ante-operam | post-operam |
| Limiti di capitolato | > 60 MPa | > 200 Mpa | | > 50 MPa |
| 84+000 | | | | 143 CA+CE |
| 84+100 | | | | 188 CA |
| 84+200 | | | | 214 CA+CE |
| 84+300 | | 191 | 24 CA | |
| 84+400 | | 192 | | |
| 84+550 | | 189 | | 83 CA |
| 84+600 | | 194 | 18 CA | 81 CA |
| 84+700 | | | | 79 CA |
| 84+900 | 213 | 289 | 23 CA | 63 CA |
| 85+000 | 196 | | | |
| 85+100 | 223 | 363 | | |
| 85+200 | 303 | | 35 CA | 61 CA |
| 85+300 | 139 | | | |
| 85+400 | 194 | | | |
| 85+500 | | | 35 CA | 73 CA |
| 85+600 | 195 | | | |
| 85+650 | 170 | | 44 CA | 143 CA |
| 85+750 | 165 | | | |
| 85+800 | | | 28 CA | 94 CA |
| 85+850 | 289 | | | |
| 85+900 | 320 | | | |
| 86+000 | | | 53 CA | 75 CA |
| 86+100 | | | 18 CA | 75 CA |
| 89+600 | 62.5 | | | 62.5 |

Tabella 34 - Prove sulla sottofondazione dal km 83+975 al km 90+050

È necessario precisare che per le prove di resistenza a trazione indiretta e le prove di compressione sono riportati risultati della media di 3 provini per ogni prova. Le restanti tabelle sono allegate in appendice C.

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | > 94% | |
| 84+000 | Marcia | | | | | | 328 | 2.069 | |
| | Sorpasso | | | | | | 351 | | |
| 84+100 | Marcia | | 0.31 | | 2.46 | | 350 | 2.147 | 100.67% |
| | Sorpasso | | | | | | 388 | | |
| 84+200 | Marcia | | | | | | 425 | | |
| | Sorpasso | | 0.26 | | 2.95 | | | 2.147 | 96.97% |
| 84+250 | Marcia | | | | | | 516 | | |
| 84+300 | Sorpasso | | | | | 586 | | | |
| 84+350 | Marcia | | 0.31 | | 2.43 | | 614 | 2.033 | 94.94% |
| 84+600 | Marcia | | 0.27 | | 2.35 | | 742 | 2.103 | 96.97% |
| | Sorpasso | | 0.25 | | 2.28 | | | | |
| 84+650 | Marcia | | | | | | | 2.118 | |
| 84+700 | Sorpasso | | | | | | 333 | | |
| 84+800 | Marcia | | | | | 199 | | | |
| 84+900 | Marcia | | 0.28 | | 2.37 | | | 2.094 | 98.00% |
| | Sorpasso | | | | | 204 | | | |
| 84+950 | Marcia | | | | | | | 2.036 | |
| 85+000 | Marcia | | | | | 458 | | | |
| | Sorpasso | | 0.31 | | 2.42 | | | 2.131 | 97.98% |
| 85+100 | Marcia | | | | | 528 | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 338 | | |
| 85+150 | Marcia | | | | | 555 | | | |
| 85+200 | Marcia | | 0.34 | | 2.45 | | | 2.098 | 96.99% |
| 85+250 | Marcia | | | | | 460 | | | |
| 85+300 | Sorpasso | | | | | 266 | | | |
| 85+350 | Marcia | | | | | 343 | | | |
| 85+400 | Sorpasso | | 0.26 | | 2.32 | | | 2.106 | 94.98% |
| 85+450 | Marcia | | 0.28 | | 2.70 | 282 | | | |
| 85+500 | Sorpasso | | | | | | 232 | | |
| 85+550 | Marcia | | | | | 435 | | | |
| 85+600 | Sorpasso | | 0.25 | | 2.28 | | | | |
| 85+650 | Marcia | | 0.26 | | 2.56 | | 265 | | |
| 85+700 | Marcia | | | | | 480 | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 204 | | |
| 85+750 | Marcia | | | | | | 1158 | | |
| 85+800 | Marcia | | | | | 212 | | | |
| | Sorpasso | | 0.34 | | 2.58 | | | 2.171 | 96.96% |
| 85+900 | Marcia | | | | | 389 | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 495 | | |
| 85+950 | Marcia | | 0.31 | | 2.67 | | | | |
| 86+000 | Marcia | | | | | 218 | | | |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

Tabella 35 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 89+975 al km 90+050

| PROVE SULLA MISCELA SFUSA DELLA BASE RICICLATA A FREDDO CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA | | | | | | | | |
|--|----------|---|----------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria* | | | | % bitume sulla miscela | % bitume sugli aggregati** | % di bitume apportato dall'emulsione *** |
| | | Resistenza a compressione 3 GG | Resistenza a trazione 3 GG | % dei Vuoti n. giri 180 | Massa volumica secca | | | |
| Limiti capitolato | | 1,2 ÷ 2,5 MPa | 0,32 ÷ 0,55 MPa | | | | | > 1,8% |
| 84+100 | Marcia | 2.48 | 0.41 | 6.27 | 2.06 | 5.68 | 3.37 | 2.31 |
| 84+250 | Marcia | 2.38 | 0.41 | 5.05 | 2.10 | 6.44 | | 6.44 |
| 84+300 | Sorpasso | 2.37 | 0.43 | 5.65 | 2.21 | 6.34 | 4.15 | 2.19 |
| 84+500 | Marcia | 2.19 | 0.41 | 5.98 | 2.21 | 6.64 | 4.39 | 2.25 |
| 84+750 | Marcia | 2.48 | 0.50 | 4.83 | 2.26 | 6.36 | | |
| 84+800 | Sorpasso | 1.94 | | 6.67 | | 6.21 | | |
| 85+000 | Marcia | 2.61 | 0.42 | 5.53 | 2.20 | 5.62 | | |
| 85+250 | Marcia | 1.96 | 0.35 | 6.58 | 2.16 | 5.73 | 3.58 | 2.15 |
| 85+300 | Sorpasso | 2.23 | 0.34 | 5.48 | 2.16 | 5.61 | | |
| 85+500 | Marcia | 2.19 | 0.41 | 5.98 | 2.21 | 5.09 | 3.28 | 1.81 |
| 85+750 | Marcia | 2.56 | 0.37 | 4.92 | 2.28 | 4.97 | | |
| 85+800 | Sorpasso | 2.42 | 0.36 | 6.97 | 2.22 | 5.30 | 3.21 | 2.09 |
| 86+000 | Marcia | 2.31 | 0.43 | 5.82 | 2.23 | | | |
| 86+100 | Marcia | 2.53 | 0.32 | | 2.11 | 5.21 | 2.76 | 2.45 |
| 86+250 | Marcia | 2.40 | 0.32 | | 2.10 | | | |
| 86+300 | Sorpasso | 2.55 | 0.32 | | 2.13 | | | |
| 86+500 | Marcia | 2.53 | 0.32 | | 2.11 | | | |
| 86+600 | Sorpasso | 2.64 | 0.33 | | 2.13 | 5.60 | 4.00 | 1.60 |
| 86+700 | Marcia | 2.64 | 0.32 | | 2.13 | 5.50 | 3.90 | 1.60 |
| 86+900 | Marcia | 2.46 | 0.32 | | 2.13 | | | |
| 86+900 | Sorpasso | 2.51 | 0.32 | | 2.13 | | | |
| 87+100 | Marcia | 2.57 | 0.32 | | 2.12 | | | |
| 87+300 | Sorpasso | 2.51 | 0.32 | | 2.12 | 5.40 | 3.80 | 1.60 |
| 87+500 | Sorpasso | 2.48 | 0.42 | 5.08 | 2.29 | 7.71 | 5.46 | 2.25 |
| 87+750 | Marcia | 2.45 | 0.36 | 5.33 | 2.21 | 6.37 | 4.18 | 2.19 |
| 88+000 | Marcia | 2.36 | 0.37 | 4.78 | 2.22 | 6.00 | 3.71 | 2.29 |
| 88+250 | Marcia | 2.34 | 0.39 | 4.25 | 2.23 | 6.02 | 3.88 | 2.14 |
| 88+500 | Sorpasso | 2.28 | 0.40 | 5.73 | 2.27 | 7.83 | 5.86 | 1.97 |
| 88+700 | Marcia | 2.45 | 0.40 | 5.27 | 2.21 | 7.66 | 5.05 | 2.61 |
| 89+050 | Marcia | 2.39 | 0.38 | 4.53 | 2.28 | 6.71 | 4.01 | 2.7 |
| 89+400 | Marcia | 2.38 | 0.36 | 5.55 | 2.25 | 5.63 | 3.6 | 2.03 |
| 89+900 | Sorpasso | 2.45 | 0.34 | 4.92 | 2.50 | 5.25 | 3.37 | 1.88 |
| VALORE MEDIO | | | | | | % bitume sulla miscela | % bitume sugli aggregati | % di bitume apportato dall'emulsione |
| | | | | | | 6.04 | 3.98 | 2.06 |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria
**Miscela di fresato e aggregati aggiunti, prelevata prima della miscelazione con cemento ed emulsione bituminosa
***Differenza tra la quantità di bitume presente nella miscela prima e dopo l'aggiunta dell'emulsione

Tabella 36 - Prove sulla base a freddo riciclata dal km 83+975 al km 90+050

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|--------|-----------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|-------|-----------|----------------|------------------------------|
| Progressiva | Corsia | BASEBINDER | | | | | USURA DRENANTE | | | | |
| | | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Massa volumica | Vuoti Residui* n° giri 120 | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Massa volumica | Vuoti Residui* n° giri 50 |
| | | Rt | CTI | | | | Rt | CTI | | | |
| Limiti capitolato | | 0,95 ÷ 1,70 | > 75 | 4,0 ÷ 5,3 | | 3-6 % | 0,36 ÷ 0,70 | ≥ 30 | 4,8 ÷ 5,8 | | ≥ 22 |
| 84+000 | Marcia | | | | | | 0.45 | 25.80 | 5.46 | 1.96 | 25.80 |
| | Sorpasso | 1.680 | 166.50 | 4.90 | 2.402 | 3.3 | | | | | |
| 84+150 | Marcia | 1.670 | 211.70 | 4.80 | 2.412 | 3.3 | | | | | |
| 84+300 | Sorpasso | | | | | | 0.47 | 25.65 | 5.33 | 1.95 | 25.70 |
| 84+750 | Marcia | 1.107 | 84.150 | 4.60 | 2.437 | 4.9 | | | | | |
| 85+100 | Marcia | 1.112 | 84.57 | 4.69 | 2.426 | 5.1 | | | | | |
| 85+500 | Sorpasso | | | | | | 0.47 | 24.89 | 5.29 | 1.96 | 25.5 |
| 85+750 | Sorpasso | 1.115 | 83.27 | 4.76 | 2.426 | 5.0 | | | | | |
| 85+800 | Marcia | | | | | | 0.45 | 25.35 | 5.38 | 1.98 | 24.9 |
| 86+000 | Marcia | 1.15 | 87.96 | 4.43 | 2.442 | 5.0 | | | | | |
| 86+500 | Marcia | | | | | | 0.48 | 25.53 | 5.19 | 1.971 | 25.1 |
| 86+700 | Sorpasso | 1.14 | 80.36 | 4.91 | 2.429 | 4.6 | | | | | |
| 87+000 | Marcia | 1.07 | 80.77 | 4.73 | 2.443 | 4.8 | | | | | |
| 87+200 | Sorpasso | 1.13 | 87.76 | 4.85 | 2.427 | 5.0 | | | | | |
| 87+300 | Marcia | | | | | | 0.43 | 26.39 | 5.47 | 1.966 | 25.1 |
| 87+800 | Marcia | 1.27 | 85.93 | 4.52 | 2.509 | 4.8 | | | | | |
| 88+100 | Sorpasso | | | | | | 0.51 | 40.25 | 5.36 | 2.235 | 23.9 |
| 88+400 | Marcia | | | | | | 0.57 | 41.16 | 5.03 | 2.199 | 23.6 |
| 88+500 | Sorpasso | 1.34 | 84.91 | 4.48 | 2.388 | 5.5 | | | | | |
| 88+900 | Sorpasso | | | | | | 0.47 | 37.47 | 4.97 | 2.133 | 24.2 |
| 89+300 | Marcia | 1.53 | 87.03 | 4.71 | 2.380 | 4.9 | 0.48 | 37.25 | 4.95 | 2.168 | 24.1 |
| | Sorpasso | 1.28 | 84.50 | 4.50 | 2.461 | 5.0 | | | | | |
| 89+800 | Marcia | 1.48 | 82.15 | 4.41 | 2.362 | 4.6 | | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 0.53 | 37.05 | 5.01 | 2.217 | 24.4 |
| 89+850 | Sorpasso | 1.61 | 88.03 | 4.55 | 2.435 | 4.9 | | | | | |
| 90+000 | Marcia | 1.37 | 85.30 | 4.59 | 2.420 | 4.9 | | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 0.55 | 39.68 | 5.12 | 2.152 | 24.2 |

Tabella 37 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 83+975 al km 90+050

➤ HWD

A causa dell'eccessiva quantità di dati sono stati riportati i valori di IS300 a 14°C mediati su diversi tronchi, riferiti alla corsia di marcia in direzione sud (Roma):

| Tronco | Prog. Inizio | Prog. Fine | IS300 14°C media (µm) | Valore limite IS300 14°C (µm) |
|-----------------------|--------------|------------|-----------------------|-------------------------------|
| 8 | 84+221 | 84+440 | 41 | <62,1 |
| 9 | 84+541 | 84+880 | 39 | <62,1 |
| 10 | 84+899 | 85+820 | 39 | <62,1 |
| 11 | 85+840 | 86+040 | 44 | <62,1 |
| 12 | 86+060 | 86+080 | 51 | <62,1 |
| | 86+100** | 86+719** | | |
| 13 | 86+740 | 87+260 | 53 | <62,1 |
| | 87+280** | 87+400** | | |
| 14 | 87+450 | 88+000 | 41 | <62,1 |
| | 88+050** | 88+500** | | |
| 15 | 88+551 | 89+851 | 45 | <62,1 |
| | 89+900** | 90+050** | | |
| ** Tratto in Viadotto | | | | |

Tabella 39 - Prova HWD dal km 84+200 al km 90+050

➤ ERMES

Di seguito troviamo i valori di ERMES eseguiti sia sulla corsia di marcia e sia in quella di sorpasso. Anche in questo caso, a causa dell'eccessiva quantità di dati vengono riportati i valori medi riferiti al tronco relativo:

| Corsia di marcia | | | | |
|------------------|--------------|---------------|-----------|----------|
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 83+750 | 84+520 | 60.4 | 1.73 | 1.34 |
| 84+520 | 84+970 | 59.9 | 1.50 | 1.40 |
| 84+970 | 85+420 | 59.9 | 1.91 | 1.41 |
| 85+420 | 85+870 | 59.0 | 2.22 | 1.40 |
| 85+870 | 86+320 | 63.6 | 1.82 | 1.36 |
| 86+320 | 86+770 | 64.1 | 1.73 | 1.39 |
| 86+770 | 87+220 | 63.6 | 1.38 | 1.37 |
| 87+220 | 87+670 | 63.5 | 1.87 | 1.38 |
| 87+670 | 88+120 | 62.2 | 2.23 | 1.39 |
| 88+120 | 89+570 | 64.4 | 1.53 | 1.41 |
| 88+570 | 89+020 | 64.2 | 1.81 | 1.41 |
| 89+020 | 89+470 | 55.6 | 1.60 | 1.38 |
| 89+470 | 90+004 | 53.5 | 1.60 | 1.39 |

| Corsia di sorpasso | | | | |
|--------------------|--------------|---------------|-----------|----------|
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 83+750 | 84+520 | 59.5 | 1.47 | 1.30 |
| 84+520 | 84+970 | 59.9 | 1.85 | 1.38 |
| 84+970 | 85+420 | 59.3 | 1.66 | 1.38 |
| 85+420 | 85+870 | 59.3 | 1.97 | 1.40 |
| 85+870 | 86+320 | 62.2 | 1.72 | 1.38 |
| 86+320 | 86+770 | 62.3 | 1.24 | 1.37 |
| 86+770 | 87+220 | 59.9 | 1.14 | 1.38 |
| 87+220 | 87+670 | 63.5 | 1.57 | 1.37 |
| 87+670 | 88+120 | 58.6 | 1.73 | 1.36 |
| 88+120 | 88+570 | 65.7 | 1.93 | 1.40 |
| 88+570 | 89+020 | 62.5 | 1.77 | 1.39 |
| 89+020 | 89+470 | 61.3 | 1.58 | 1.38 |
| 89+470 | 90+050 | 60.8 | 1.66 | 1.38 |

Tabella 40 - Prova ERMES dal 83+750 al km 90+050

3.4 Prove sulla tratta dal km 116+000 al km 106+000

Di seguito sono riportati i risultati delle prove relative alla tratta dal km 116+000 al km 106+000 direzione sud (Roma). Questo è il caso in cui la pavimentazione costruita è costituita oltre che dalla fondazione, dalla base a caldo, dal binder e dal tappeto di usura chiuso. A titolo di esempio è riportata una sola tabella in base a che si tratti di prove sulla fondazione stabilizzata, sui carotaggi, sul conglomerato bituminoso sfuso e ad alto rendimento. Le restanti tabelle eseguite sono riportate in appendice C.

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | 4 H | 24 H |
| Limiti di capitolato | | 0,20+0,45 MPa | 0,25+0,50 MPa | 1,3+3,5 MPa | 2+5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa |
| 106+700 | Marcia | | 0.39 | | 4.61 | | 249.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 246.00 |
| 107+000 | Marcia | | 0.35 | | 4.70 | | 249.00 |
| | Sorpasso | | 0.33 | | 4.50 | | 222.00 |
| 107+200 | Marcia | | | | | | 224.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 246.00 |
| 107+300 | Marcia | | 0.33 | | 4.70 | | 354.00 |
| | Sorpasso | | 0.37 | | 4.53 | | 449.00 |
| 107+500 | Marcia | | | | | | 503.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 647.00 |
| 107+600 | Marcia | | 0.34 | | 4.03 | | |
| | Sorpasso | | 0.33 | | 4.34 | | |
| 108+200 | Marcia | | 0.40 | | 4.55 | | |
| | Sorpasso | | 0.29 | | 4.35 | | |
| 108+300 | Marcia | | | | | | 911.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 594.00 |
| 108+500 | Marcia | | 0.33 | | 3.05 | | 636.00 |
| | Sorpasso | | 0.33 | | 4.29 | | 294.00 |
| 108+700 | Marcia | | | | | | 799.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 581.00 |
| 108+800 | Marcia | | 0.35 | | 3.88 | | |
| | Sorpasso | | 0.36 | | 4.55 | | |
| 108+920 | Marcia | | | | | | 612.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 305.00 |
| 109+100 | Marcia | | 0.31 | | 4.65 | | |
| | Sorpasso | | 0.36 | | 3.99 | | |
| 109+400 | Marcia | | 0.32 | | 4.30 | | |
| | Sorpasso | | 0.35 | | 3.58 | | |
| 109+700 | Marcia | | 0.37 | | 4.49 | | |
| | Sorpasso | | 0.30 | | 4.09 | | |
| 109+900 | Marcia | | | | | | 244.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 231.00 |
| 110+000 | Marcia | | 0.32 | | 3.69 | | |
| | Sorpasso | | 0.35 | | 3.11 | | |
| 110+100 | Marcia | | | | | | 332.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 323.00 |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

Tabella 41 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 106+000 al km 116+000

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|------------|----------------|-----------------------------|-------------|----------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| Progressiva | Corsia | BASE | | | BINDER | | | USURA | | |
| | | Prova di Trazione Indiretta | Bitume % | Massa volumica | Prova di Trazione Indiretta | Bitume % | Massa volumica | Prova di Trazione Indiretta | Bitume % | Massa volumica |
| | | Rt | | | Rt | | | Rt | | |
| Limiti capitolato | | 0,95 - 1,70 | 3,8 - 5,2% | | 0,95 - 1,70 | 4,1 ÷ 5,5 % | | 0,95 - 1,90 | 4,5 ÷ 6,1 % | |
| 106+700 | Marcia | | | | | | | 1.25 | 6.10 | 2.43 |
| 107+000 | Sorpasso | 1.38 | 4.10 | 2.45 | 1.09 | 5.00 | 2.49 | | | |
| 107+500 | Marcia | 1.63 | 4.21 | 2.41 | | | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | | 1.75 | 5.99 | 2.38 |
| 107+600 | Sorpasso | 1.25 | 5.20 | 2.43 | | | | | | |
| 108+000 | Marcia | 1.53 | 4.90 | 2.42 | | | | | | |
| 108+200 | Sorpasso | | | | 1.60 | 4.78 | 2.39 | | | |
| 108+300 | Sorpasso | 1.59 | 4.06 | 2.32 | | | | | | |
| 108+360 | Marcia | | | | | | | 1.57 | 6.32 | 2.41 |
| 108+500 | Marcia | 1.03 | 4.25 | 2.68 | | | | | | |
| 108+600 | Marcia | | | | 1.60 | 4.85 | 2.39 | | | |
| 108+700 | Marcia | | | | | | | 1.13 | | |
| | Sorpasso | | | | 1.65 | 5.14 | 2.38 | 1.20 | 5.90 | 2.45 |
| 108+800 | Marcia | | | | | | | 1.20 | 6.08 | 2.72 |
| | Sorpasso | | | | | | | 1.66 | 6.59 | 2.39 |
| 109+000* | Marcia | 1.42 | | | 1.09 | | | | | |
| | Sorpasso | 1.24 | | | 0.97 | | | | | |
| 109+050 | Marcia | 1.03 | 4.72 | 2.68 | | | | | | |
| 109+100 | Sorpasso | 1.54 | 4.50 | 2.34 | | | | | | |
| 109+200 | Marcia | 1.98 | 4.22 | 2.39 | | | | | | |
| 109+350 | Marcia | | | | | | | 1.63 | 6.68 | 2.40 |
| | Sorpasso | | | | | | | 1.00 | 6.08 | 2.73 |
| 109+450 | Marcia | | | | 1.63 | 4.78 | 2.39 | | | |
| 109+700 | Sorpasso | | | | 1.64 | 4.81 | - | | | |
| 109+900 | Sorpasso | 1.99 | 4.26 | 2.35 | | | | | | |
| 110+000* | Marcia | 1.37 | | | 1.14 | | | | | |
| | Sorpasso | 1.33 | | | 0.99 | | | | | |
| 110+400 | Marcia | | | | | | | 1.54 | 6.26 | 2.37 |
| | Sorpasso | | | | 1.99 | 5.05 | 2.34 | | | |
| 110+700 | Sorpasso | 1.65 | 4.82 | 2.41 | | | | | | |
| 110+780 | Marcia | | | | 1.63 | 4.81 | 2.39 | | | |
| 110+900 | Sorpasso | | | | 2.47 | 4.75 | 2.39 | | | |
| 110+900* | Sorpasso | 1.28 | | | 1.55 | 4.75 | 2.39 | 0.95 | | |
| 111+150 | Marcia | 1.89 | 4.30 | 2.35 | | | | | | |
| 111+200 | Sorpasso | 1.96 | 4.23 | 2.35 | | | | | | |
| 111+343 | Marcia | 1.41 | | | | | | | | |
| | Sorpasso | 1.27 | | | | | | | | |
| 111+400 | Marcia | 1.29 | 4.10 | 2.22 | 1.71 | 4.72 | 2.39 | 1.23 | | |
| 111+450 | Sorpasso | | | | 1.65 | 4.66 | 2.34 | | | |

*Prove eseguite all'Università Politecnica delle Marche

Tabella 42 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 106+000 al km 116+000

| PROVE SU CAROTE ESTRATTE DALLA PAVIMENTAZIONE | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---------------|-------------|-------------------------|---------|---------------|-------------|-------------------------|---------|---------------|-------------|-------------------------|---------|
| Progressiva | Corsia | BASE | | | | BINDER | | | | USURA | | | |
| | | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % |
| Limiti capitolato | | 120 | 3,8 - 5,2 % | | 3 - 9 % | 60 | 4,1 - 5,5 % | | 3 - 8 % | 40 | 4,5 - 6,1 % | | 3 - 8 % |
| 106+660 | Marcia | 130 | 4.07 | 2.343 | 5.55 | 64 | 4.67 | 2.314 | 5.60 | 46 | 6.32 | 2.269 | 6.10 |
| | Sorpasso | 123 | 4.57 | 2.385 | 4.46 | 64 | 5.22 | 2.283 | 5.70 | 45 | 6.38 | 2.257 | 4.97 |
| 106+960 | Marcia | 135 | 4.48 | 2.376 | 4.46 | 57 | 4.52 | 2.353 | 5.47 | 46 | 6.45 | 2.297 | 5.52 |
| | Sorpasso | 124 | 4.23 | 2.362 | 5.48 | 74 | 4.66 | 2.356 | 4.87 | 49 | 6.58 | 2.241 | 7.86 |
| 107+260 | Marcia | 122 | 4.48 | 2.357 | 5.37 | 69 | 4.68 | 2.357 | 4.67 | 49 | 6.28 | 2.305 | 5.35 |
| | Sorpasso | 125 | 4.18 | 2.374 | 5.09 | 70 | 4.59 | 2.364 | 4.32 | 42 | 6.34 | 2.304 | 5.56 |
| 107+560 | Marcia | 119 | 4.51 | 2.378 | 4.41 | 70 | 4.82 | 2.329 | 5.45 | 46 | 6.52 | 2.227 | 8.32 |
| | Sorpasso | 118 | 4.53 | 2.379 | 4.48 | 62 | 4.72 | 2.333 | 6.02 | 38 | 6.14 | 2.293 | 6.19 |
| 107+860 | Marcia | - | | | | 69 | 4.94 | 2.304 | 6.30 | 49 | 6.92 | 5.278 | 5.65 |
| | Sorpasso | - | | | | 71 | 4.17 | 2.328 | 7.24 | 50 | 6.39 | 2.319 | 4.68 |
| 108+140 | Marcia | 127 | 4.58 | 2.381 | 4.27 | 77 | 5.06 | 2.283 | 7.50 | 47 | 6.42 | 2.276 | 6.33 |
| | Sorpasso | 123 | 4.51 | 2.339 | 5.52 | 61 | 4.96 | 2.339 | 5.20 | 51 | 6.47 | 2.285 | 6.07 |
| 108+440 | Marcia | 121 | 4.29 | 2.360 | 4.30 | 63 | 5.02 | 2.296 | 6.27 | 52 | 6.57 | 2.276 | 5.74 |
| | Sorpasso | 138 | 4.38 | 2.344 | 5.88 | 62 | 5.12 | 2.299 | 6.32 | 43 | 6.60 | 2.299 | 5.07 |
| 108+740 | Marcia | 123 | 4.05 | 2.341 | 5.31 | 56 | 5.25 | 2.310 | 5.36 | 64 | 6.75 | 2.269 | 5.39 |
| | Sorpasso | 121 | 4.53 | 2.329 | 5.04 | 63 | 5.07 | 2.313 | 5.28 | 52 | 6.82 | 2.261 | 5.66 |
| 109+000* | Marcia | | | 2.390 | 4.00 | | | 2.375 | 4.45 | | | | |
| | Sorpasso | | | 2.385 | 4.10 | | | 2.380 | 4.40 | | | | |
| 109+040 | Marcia | 126 | 4.53 | 2.366 | 4.94 | 68 | 4.94 | 5.790 | 5.79 | 48 | 6.58 | 2.299 | 5.10 |
| | Sorpasso | 132 | 4.61 | 2.366 | 4.21 | 74 | 4.92 | 2.300 | 7.13 | 49 | 6.71 | 2.293 | 5.28 |
| 109+340 | Marcia | 119 | 4.11 | 2.290 | 7.56 | 69 | 4.87 | 2.331 | 5.01 | 45 | 6.93 | 2.277 | 5.28 |
| | Sorpasso | 142 | 4.90 | 2.344 | 4.12 | 53 | 5.03 | 2.286 | 6.76 | 51 | 7.09 | 2.285 | 4.60 |
| 109+640 | Marcia | 124 | 4.61 | 2.364 | 4.68 | 61 | 4.86 | 2.297 | 6.77 | 45 | 6.63 | 2.287 | 5.75 |
| | Sorpasso | 153 | 4.42 | 2.372 | 4.37 | 56 | 4.84 | 2.273 | 8.06 | 44 | 6.74 | 2.272 | 5.87 |
| 109+940 | Marcia | 131 | 4.42 | 2.340 | 5.72 | 65 | 4.92 | 2.316 | 6.66 | 46 | 6.48 | 2.279 | 6.37 |
| | Sorpasso | 123 | 4.39 | 2.330 | 5.51 | 64 | 4.88 | 2.305 | 5.99 | 53 | 6.50 | 2.277 | 5.41 |
| 110+000 | Marcia | | | 2.415 | 3.10 | | | 2.345 | 5.55 | | | | |
| | Sorpasso | | 4.10 | 2.420 | 2.95 | | 4.50 | 2.395 | 3.80 | | | | |
| 110+207 | Marcia | 119 | 4.09 | 2.320 | 6.59 | 66 | 5.08 | 2.318 | 5.12 | 47 | 6.44 | 2.242 | 6.40 |
| | Sorpasso | 152 | 4.60 | 2.318 | 5.79 | 60 | 4.45 | 2.242 | 8.50 | 45 | 6.52 | 2.297 | 4.78 |
| 110+590 | Marcia | 125 | 4.49 | 2.352 | 5.50 | 67 | 4.56 | 2.308 | 6.92 | 45 | 6.43 | 2.303 | 5.53 |
| | Sorpasso | 132 | 4.38 | 2.302 | 7.38 | 68 | 4.91 | 2.281 | 7.26 | 49 | 6.38 | 2.226 | 8.39 |
| 110+888 | Marcia | 143 | 4.39 | 2.273 | 8.71 | 62 | 4.87 | 2.302 | 6.69 | 46 | 6.51 | 2.218 | 8.54 |
| | Sorpasso | 135 | 4.52 | 2.372 | 4.25 | 60 | 4.71 | 2.375 | 4.28 | 48 | 6.58 | 2.310 | 4.56 |
| 111+190 | Marcia | 124 | 4.38 | 2.305 | 8.25 | 63 | 4.59 | 2.327 | 6.40 | 50 | 6.61 | 2.292 | 5.50 |
| | Sorpasso | 123 | 4.29 | 2.321 | 6.46 | 68 | 4.80 | 2.271 | 8.65 | 47 | 6.60 | 2.291 | 5.15 |
| 111+343 | Marcia | | | 2.400 | 3.70 | | | | | | | | |
| | Sorpasso | | | 2.390 | 4.10 | | | | | | | | |

*Prove eseguite all'Università Politecnica delle Marche

Tabella 43 - Prove sulle carote estratte dalla pavimentazione dal km 106+000 al km 116+000

➤ HWD

A causa dell'eccessiva quantità di dati sono stati riportati i valori di IS300 a 14°C mediati su diversi tronchi, riferiti alla corsia di marcia in direzione sud (Roma):

| Tronco | Prog. Inizio | Prog. Fine | IS300 14°C media (µm) | Valore limite IS300 14°C (µm) |
|--------|--------------|------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1 | 112+500 | 112+049 | 39 | <57.5 |
| 2 | 111+997 | 111+649 | 43 | <57.5 |
| 3 | 111+602 | 111+397 | 42 | <57.5 |
| 4 | 111+344 | 110+899 | 55 | <57.5 |
| 5 | 110+838 | 110+201 | 43 | <57.5 |
| 6 | 110+148 | 109+950 | 43 | <57.5 |
| 7 | 109+898 | 109+500 | 49 | <57.5 |
| 8 | 109+461 | 109+199 | 41 | <57.5 |
| 9 | 109+150 | 108+948 | 36 | <57.5 |
| 10 | 108+800 | 108+649 | 40 | <57.5 |
| 11 | 108+600 | 108+349 | 36 | <57.5 |
| 12 | 108+300 | 108+149 | 50 | <57.5 |
| 13 | 108+100 | 107+780 | 45 | <57.5 |
| 14 | 107+749 | 106+600 | 61 | <57.5 |

Tabella 44 - Prova HWD dal km 106+600 al km 112+500

➤ SCRIM-TEX

Di seguito troviamo i valori di SCRIM-TEX eseguiti sia sulla corsia di marcia e sia in quella di sorpasso. Anche in questo caso, a causa dell'eccessiva quantità di dati vengono riportati i valori medi riferiti al tronco relativo:

| Corsia di marcia | | | | |
|--------------------|--------------|---------------|-----------|----------|
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 113+500 | 114+070 | 64.0 | 1.24 | 0.61 |
| 114+080 | 114+600 | 62.5 | 1.55 | 0.60 |
| 114+610 | 115+140 | 64.9 | 1.51 | 0.64 |
| 115+150 | 115+610 | 65.0 | 1.46 | 0.63 |
| 115+620 | 116+050 | 66.8 | 1.47 | 0.68 |
| Corsia di sorpasso | | | | |
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 113+500 | 114+070 | 58.3 | 1.29 | 0.52 |
| 114+080 | 114+600 | 58.4 | 1.34 | 0.56 |
| 114+610 | 115+140 | 57.2 | 1.37 | 0.60 |
| 115+150 | 115+610 | 57.6 | 1.25 | 0.63 |
| 115+620 | 116+050 | 65.3 | 1.48 | 0.60 |

Tabella 45 - Prova SCRIM-TEX dal km 113+500 al km 116+050

3.5 Prove sulla tratta dal km 116+000 al km 124+000

Di seguito sono riportati i risultati delle prove relative alla tratta dal km 116+000 al km 124+000 direzione Nord (Cesena). La pavimentazione, anche in questo caso, è costituita oltre che dalla fondazione, dalla base a caldo, dal binder e dal tappeto di usura chiuso.

| SOTTOFONDAZIONE | | | |
|-----------------------------|---------------|--------------------|---------------------|
| Progressiva | Corsia | LWD | |
| | | 4 H | 24 H |
| Limiti di capitolato | | > 60 MPa | > 200 Mpa |
| 123+100 | Marcia | | 537 |
| | Sorpasso | | 269 |
| 123+000 | Marcia | | 278 |
| | Sorpasso | | 253 |
| 122+900 | Marcia | | 250 |

Tabella 46 - Prove sulla sottofondazione dal km 116+000 al km 124+000

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | 4 H | 24 H |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa |
| 124+200 | Marcia | | | | | | 218.00 |
| | Sorpasso | 0.26 | | | 2.64 | | 441.00 |
| 124+100 | Marcia | 0.38 | | | 4.19 | 147 | 213.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 527.00 |
| 124+000 | Marcia | | | | | | 237.00 |
| | Sorpasso | 0.34 | | | 4.63 | 132 | 223.00 |
| 123+900 | Marcia | 0.44 | | | 3.81 | | 219.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 246.00 |
| 123+800 | Marcia | | | | | 186 | |
| | Sorpasso | 0.31 | | | 2.18 | 190 | |
| 123+700 | Marcia | 0.29 | | | 3.29 | 189 | |
| | Sorpasso | | | | | | 221.00 |
| 123+600 | Marcia | | | | | 155 | |
| | Sorpasso | 0.32 | | | 4.40 | | 201.00 |
| 123+550 | Marcia | 0.22 | | | 2.27 | | 206.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 200.00 |
| 123+200 | Marcia | 0.28 | | | 3.97 | | 335.00 |
| | Sorpasso | 0.27 | | | 4.03 | | 402.00 |
| 123+100 | Marcia | | | | | | 212.00 |
| | Sorpasso | 0.32 | | | 3.64 | | 280.00 |
| 123+000 | Marcia | 0.27 | | | 2.38 | | 670.00 |
| | Sorpasso | 0.3 | | | 2.14 | | 352.00 |
| 122+900 | Marcia | | | | | | 303.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 508.00 |
| 122+800 | Marcia | 0.32 | | | 3.47 | | 340.00 |
| | Sorpasso | 0.27 | | | 2.66 | | 437.00 |
| 122+700 | Marcia | | | | | | 390.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 437.00 |
| 122+600 | Marcia | 0.42 | | | 4.06 | | 249.00 |
| | Sorpasso | 0.44 | | | 4.23 | | 269.00 |
| 122+500 | Marcia | | | | | | 466.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 242.00 |
| 122+400 | Marcia | 0.41 | | | 4.14 | | 493.00 |
| | Sorpasso | 0.29 | | | 3.66 | | 646.00 |
| 122+100 | Marcia | | | | | | 584.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 493.00 |
| 122+000 | Marcia | | | | | | 288.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 342.00 |
| 121+900 | Marcia | | | | | | 338.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 480.00 |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

Tabella 47 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 116+000 al km 124+000

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO | | | | | | | | | | |
|---|----------|--------------------------------|------------|----------------|--------------------------------|-------------|----------------|--------------------------------|-------------|----------------|
| Progressiva | Corsia | BASE | | | BINDER | | | USURA | | |
| | | Prova di Trazione Indiretta Rt | Bitume % | Massa volumica | Prova di Trazione Indiretta Rt | Bitume % | Massa volumica | Prova di Trazione Indiretta Rt | Bitume % | Massa volumica |
| | | | | | | | | | | |
| Limiti capitolato | | 0,95-1,70 | 3,8 - 5,2% | | 0,95-1,70 | 4,1 ÷ 5,5 % | | 0,95-1,90 | 4,5 ÷ 6,1 % | |
| 124+100 | Sorpasso | 1.690 | 4.60 | 2.437 | 1.840 | 4.60 | 2.435 | | | |
| 124+100 | Sorpasso | 1.670 | 4.50 | 2.442 | | | | | | |
| 123+800 | Sorpasso | 1.690 | 5.00 | 2.443 | | | | 1.700 | 5.20 | 2.397 |
| 123+800 | Sorpasso | 1.390 | 5.00 | 2.495 | | | | | | |
| 123+700 | Marcia | | | | 1.660 | 4.60 | 2.409 | | | |
| 123+700 | Marcia | | | | 1.490 | 4.60 | 2.490 | | | |
| 123+300 | Sorpasso | | | | 1.680 | 4.70 | 2.454 | | | |
| 123+200 | Marcia | 1.690 | 4.00 | 2.437 | | | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | | 1.680 | 5.20 | 2.394 |
| 123+150 | Sorpasso | 1.350 | 3.40 | 2.433 | | | | | | |
| 123+100 | Marcia | | | | | | | 1.410 | 5.70 | 2.446 |
| 123+100 | Marcia | | | | | | | 1.680 | 5.70 | 2.391 |
| 123+000 | Marcia | | | | 1.650 | 4.90 | 2.423 | | | |
| 122+800 | Marcia | | | | | | | 1.670 | 6.10 | 2.365 |
| 122+600 | Sorpasso | 2.520 | 4.90 | 2.443 | | | | | | |
| 122+500 | Marcia | | | | | | | 1.360 | 6.05 | |
| 122+000 | Marcia | 1.650 | 4.10 | 2.439 | | | | | | |
| 121+800 | Marcia | | | | | | | 1.680 | 6.10 | 2.370 |
| 121+700 | Sorpasso | | | | 1.880 | 5.20 | 2.428 | | | |
| 121+650 | Sorpasso | | | | | | | 1.480 | 6.00 | 2.402 |
| 121+600 | Marcia | | | | | | | 1.260 | 5.80 | 2.392 |
| | Sorpasso | 1.270 | 4.40 | 2.454 | | | | | | |
| 121+500 | Marcia | 1.260 | 4.30 | 2.458 | | | | | | |
| 121+450 | Sorpasso | | | | | | | 1.530 | 6.10 | |
| 121+350 | Sorpasso | 1.630 | 5.00 | 2.434 | | | | | | |
| 121+350 | Sorpasso | 1.230 | 5.00 | 2.485 | | | | | | |
| 121+300 | Marcia | | | | | | | 1.690 | 5.90 | 2.409 |
| 121+150 | Sorpasso | | | | 1.590 | 5.50 | 2.400 | | | |
| 121+100 | Sorpasso | 1.290 | 4.20 | 2.450 | | | | | | |
| 120+850 | Marcia | | | | 1.690 | 4.60 | 2.430 | | | |
| 120+800 | Sorpasso | 1.700 | 4.90 | 2.419 | | | | | | |
| 120+750 | Sorpasso | 1.680 | 4.90 | 2.417 | 1.680 | 5.10 | 2.402 | | | |
| 120+700 | Marcia | | | | | | | 1.510 | 6.10 | 2.407 |
| 120+550 | Sorpasso | | | | | | | 1.470 | 6.10 | 2.394 |

Tabella 48 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 116+000 al km 124+000

| PROVE SU CAROTE ESTRATTE DALLA PAVIMENTAZIONE | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---------------|-------------|-------------------------|---------|---------------|-------------|-------------------------|---------|---------------|-------------|-------------------------|---------|
| Progressiva | Corsia | BASE | | | | BINDER | | | | USURA | | | |
| | | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % |
| Limiti di capitolato | | 120 | 3,8 - 5,2 % | | 3 - 9 % | 60 | 4,1 - 5,5 % | | 3 - 8 % | 40 | 4,5 - 6,1 % | | 3 - 8 % |
| 124+175 | Marcia | 110 | 4.40 | 2.428 | 4.60 | 46 | 4.70 | 2.335 | 6.60 | 43 | 5.90 | 2.249 | 7.90 |
| | Sorpasso | 130 | 4.50 | 2.453 | 3.30 | 48 | 4.50 | 2.361 | 5.80 | 40 | 6.00 | 2.256 | 7.70 |
| 124+130 | Marcia | 115 | 4.10 | 2.443 | 3.70 | 65 | 4.60 | 2.352 | 5.60 | | | | |
| | Sorpasso | 130 | 5.00 | 2.416 | 3.10 | 60 | 4.70 | 2.355 | 6.00 | | | | |
| 123+925 | Marcia | 110 | 4.60 | 2.456 | 3.20 | 73 | 4.50 | 2.337 | 6.60 | 42 | 6.00 | 2.210 | 9.20 |
| | Sorpasso | 118 | 4.50 | 2.446 | 3.60 | 66 | 4.60 | 2.341 | 6.40 | 42 | 5.90 | 2.257 | 7.50 |
| 123+830 | Marcia | 125 | 4.10 | 2.430 | 4.20 | 60 | 4.60 | 2.339 | 6.10 | | | | |
| | Sorpasso | 120 | 5.00 | 2.421 | 3.10 | 60 | 4.70 | 2.364 | 5.70 | | | | |
| 123+625 | Marcia | 108 | 4.60 | 2.436 | 4.00 | 53 | 4.50 | 2.306 | 7.80 | 47 | 5.90 | 2.297 | 6.00 |
| | Sorpasso | 90 | 4.40 | 2.456 | 3.30 | 62 | 4.60 | 2.358 | 5.70 | 42 | 5.80 | 2.249 | 7.90 |
| 123+470 | Marcia | 130 | 4.00 | 2.400 | 5.40 | 70 | 4.60 | 2.268 | 8.90 | | | | |
| | Sorpasso | 128 | 4.90 | 2.414 | 3.30 | 60 | 4.70 | 2.362 | 5.70 | | | | |
| 123+370 | Marcia | | | | | 90 | 4.70 | 2.307 | 7.90 | 50 | 6.50 | 2.215 | 9.30 |
| | Mezzeria | | | | | 35 | 4.70 | 2.385 | 4.90 | 40 | 6.40 | 2.314 | 5.40 |
| | Sorpasso | | | | | 100 | 4.70 | 2.378 | 5.20 | 42 | 6.50 | 2.217 | 9.20 |
| 123+100 | Marcia | 105 | 4.00 | 2.457 | 3.10 | 55 | 4.80 | 2.195 | 11.43 | 50 | 6.50 | 2.216 | 9.83 |
| | Sorpasso | 130 | 4.00 | 2.454 | 3.20 | 65 | 4.90 | 2.337 | 6.50 | 45 | 6.50 | 2.252 | 7.80 |
| 123+035 | Marcia | 145 | 4.00 | 2.429 | 4.30 | 65 | 4.90 | 2.315 | 7.40 | 48 | 5.70 | 2.185 | 10.70 |
| 122+860 | Marcia | 108 | 4.10 | 2.459 | 3.10 | 56 | 4.90 | 2.236 | 10.30 | 50 | 6.50 | 2.183 | 11.10 |
| | Sorpasso | 114 | 4.10 | 2.421 | 4.60 | 58 | 4.80 | 2.355 | 5.80 | 45 | 6.50 | 2.202 | 10.13 |
| 122+600 | Marcia | 122 | 4.00 | 2.396 | 5.50 | 60 | 4.90 | 2.317 | 7.30 | 53 | 6.50 | 2.131 | 13.27 |
| | Sorpasso | 115 | 4.00 | 2.415 | 4.80 | 57 | 4.90 | 2.301 | 7.90 | 43 | 6.50 | 2.180 | 11.23 |
| 122+300 | Marcia | | | | | 55 | 4.80 | 2.219 | 11.00 | 40 | 6.50 | 2.226 | 9.43 |
| | Mezzeria | | | | | 72 | 4.90 | 2.231 | 10.80 | 43 | 6.50 | 2.175 | 10.90 |
| | Sorpasso | | | | | 100 | 4.90 | 2.312 | 7.40 | 48 | 6.50 | 2.191 | 10.77 |
| 122+000 | Marcia | 105 | 4.00 | 2.450 | 3.50 | 73 | 4.90 | 2.344 | 6.10 | 51 | 6.50 | 2.157 | 12.20 |
| | Sorpasso | 115 | 4.00 | 2.421 | 4.60 | 60 | 4.90 | 2.378 | 4.90 | 46 | 6.50 | 2.169 | 11.77 |
| 121+835 | Marcia | | | | | 60 | 4.90 | 2.350 | 6.00 | 57 | 6.40 | 2.162 | 12.03 |
| | Mezzeria | | | | | 60 | 4.70 | 2.289 | 8.60 | 53 | 6.40 | 2.176 | 10.90 |
| | Sorpasso | | | | | 65 | 4.80 | 2.331 | 6.70 | 60 | 6.40 | 2.172 | 11.57 |
| 121+600 | Marcia | 110 | 3.90 | 2.452 | 3.50 | 52 | 4.90 | 2.301 | 7.90 | 47 | 6.10 | 2.375 | 2.00 |
| | Sorpasso | 125 | 5.00 | 2.436 | 2.00 | 64 | 4.70 | 2.384 | 4.90 | 45 | 5.50 | 2.274 | 7.90 |
| 121+360 | Marcia | 120 | 3.90 | 2.461 | 3.20 | 63 | 4.90 | 2.281 | 8.70 | 45 | 6.10 | 2.332 | 3.60 |
| | Sorpasso | 113 | 5.00 | 2.436 | 2.10 | 58 | 4.70 | 2.357 | 5.90 | 40 | 5.50 | 2.389 | 3.20 |
| 121+330 | Marcia | 115 | 3.90 | 2.412 | 4.60 | 70 | 4.80 | 2.301 | 7.90 | 43 | 6.10 | 2.240 | 7.40 |

Tabella 49 - Prove sulle carote estratte dalla pavimentazione dal km 116+000 al km 124+000

3.6 Prove sulla tratta dal km 124+200 al km 127+400

Per questa tratta sono presenti dati per la direzione nord e per la direzione sud.

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI (SUD) | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | > 94% | |
| 127+400 | Sorpasso | | | | | | 1152 | | |
| 127+380 | Marcia | | | | | | 700 | | |
| 127+350 | Marcia | | | | | | 1043 | | |
| 127+300 | Marcia | | 0.26 | | 3.49 | | 806 | 1.938 | 101.44% |
| | Sorpasso | 0.30 | 0.43 | 2.72 | 4.47 | | 347 | 1.979 | 101.36% |
| 127+250 | Marcia | | | | | | 616 | | |
| 127+200 | Marcia | | | | | | 507 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 217 | | |
| 127+100 | Marcia | | | | | | 340 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 217 | | |
| 127+050 | Marcia | | | | | | 1413 | | |
| 127+000 | Marcia | | 0.25 | | 2.08 | | 205 | 2.053 | 98.78% |
| | Sorpasso | 0.27 | 0.27 | 3.41 | 3.41 | | 1492 | 2.006 | 100.60% |
| 126+980 | Marcia | | | | | | 179 | | |
| 126+900 | Marcia | | | | | | 399 | | |
| | Sorpasso | | | | | 75 | 790 | | |
| 126+820 | Marcia | | | | | 326 | | | |
| 126+800 | Marcia | | | | | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 741 | | |
| 126+750 | Marcia | | 0.29 | | 4.91 | | 269 | | |
| 126+720 | Marcia | | | | | | 185 | | |
| 126+700 | Marcia | 0.21 | 0.27 | 1.37 | 2.25 | | 335 | | |
| | Sorpasso | | 0.25 | | 2.77 | | 420 | 2.09 | 97.85% |
| 126+670 | Marcia | | | | | | 661 | | |
| 126+620 | Marcia | | | | | | 205 | | |
| 126+600 | Marcia | | | | | | 846 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 633 | | |
| 126+570 | Marcia | | | | | | 246 | | |
| 126+550 | Marcia | | | | | | | | |
| 126+500 | Marcia | | | | | 617 | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 1119 | | |
| 126+450 | Marcia | | | | | | 192 | | |
| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI (NORD) | | | | | | | | | |
| 127+200 | Marcia | | | | | | 370.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | 219.00 | | | |
| 127+100 | Marcia | | 0.40 | | 4.30 | 302.00 | | 2.12 | 98.26% |
| | Sorpasso | | 0.44 | | 4.10 | | | 2.13 | 98.22% |
| 127+000 | Marcia | | | | | 294 (8h) | | | |
| | Sorpasso | | | | | 286 (8h) | | | |
| 126+900 | Marcia | | | | | 414 (8h) | | | |
| | Sorpasso | | | | | 453 (8h) | | | |
| 126+800 | Marcia | | | | | 322 (8h) | | | |
| | Sorpasso | | | | | 395 (8h) | | | |
| 126+750 | Marcia | | 0.43 | | 4.17 | | | 2.14 | 98.74% |
| | Sorpasso | | 0.43 | | 4.70 | | | 2.13 | 98.03% |
| 126+700 | Marcia | | | | | | 444.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 395.00 | | |
| 126+600 | Marcia | | | | | | 519.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 604.00 | | |
| 126+500 | Marcia | | 0.39 | | 4.7 | 651.00 | | 2.128 | 98.12% |
| | Sorpasso | | 0.41 | | 4.5 | 471.00 | | 2.13 | 98.22% |
| 126+400 | Marcia | | | | | | 733.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 629.00 | | |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

Tabella 50 - Prove sulla fondazione stabilizzata dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord

| PROVE SULLA MISCELA SFUSA DELLA BASE RICICLATA A FREDDO CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA (SUD) | | | | | | | |
|--|----------|---|----------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|---|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria* | | | % bitume sulla miscela | % bitume sugli aggregati** | % di bitume apportato dall'emulsione*** |
| | | Resistenza a compressione 3 GG | Resistenza a trazione 3 GG | Massa volumica secca | | | |
| Limiti capitolato | | 1,2 ÷ 2,5 MPa | 0,32 ÷ 0,55 MPa | | | | > 1,8% |
| 127+350 | Marcia | 3.23 | 0.35 | 2.199 | 4.72 | 2.81 | 1.91 |
| | Sorpasso | 3.17 | 0.32 | 2.192 | 4.96 | | |
| 127+250 | Sorpasso | 3.33 | 0.36 | 2.191 | 4.73 | | |
| 127+100 | Marcia | 3.47 | 0.37 | 2.190 | 4.8 | | |
| 126+850 | Marcia | 3.17 | 0.34 | 2.185 | 5.03 | 2.86 | 2.17 |
| | Sorpasso | 3.47 | 0.35 | 2.198 | 4.73 | | |
| 126+750 | Marcia | 3.63 | 0.37 | 2.199 | 4.85 | 2.49 | 2.36 |
| | Sorpasso | 3.30 | 0.35 | 2.198 | 4.73 | | |
| 126+500 | Marcia | 3.20 | 0.34 | 2.194 | 4.82 | | |
| 126+200 | Marcia | 3.30 | 0.34 | 2.198 | 4.69 | 2.39 | 2.30 |
| 125+950 | Marcia | 3.47 | 0.33 | 2.195 | 4.93 | | |
| 125+850 | Marcia | 3.07 | 0.34 | 2.193 | 4.86 | | |
| | Sorpasso | 3.43 | 0.34 | 2.189 | 4.92 | 2.61 | 2.31 |
| 125+600 | Marcia | 3.50 | 0.35 | 2.200 | 4.64 | | |
| 125+350 | Marcia | 3.13 | 0.33 | 2.190 | 4.78 | | |
| | Sorpasso | 3.47 | 0.36 | 2.194 | 4.97 | | |
| 125+000 | Marcia | 3.40 | 0.34 | 2.190 | 4.88 | 2.44 | 2.44 |
| 124+700 | Sorpasso | 3.62 | 0.37 | 2.189 | 4.68 | | |
| 124+650 | Marcia | 3.53 | 0.36 | 2.191 | 4.81 | 2.64 | 2.17 |
| 124+300 | Sorpasso | 3.50 | 0.37 | 2.187 | 4.72 | | |
| 124+250 | Marcia | 3.30 | 0.34 | 2.194 | 5.04 | 2.82 | 2.22 |
| VALORE MEDIO | | | | | 4.82 | 2.63 | 2.19 |
| PROVE SULLA MISCELA SFUSA DELLA BASE RICICLATA A FREDDO CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA (NORD) | | | | | | | |
| 127+200 | Marcia | 3.70 | 0.41 | 2.214 | 4.92 | | |
| | Sorpasso | 3.97 | 0.43 | 2.209 | 4.7 | 2.2 | 2.5 |
| 127+000 | Marcia | 3.50 | 0.41 | 2.207 | 4.8 | | |
| | Sorpasso | 3.83 | 0.38 | 2.213 | 4.84 | 2.39 | 2.45 |
| 126+750 | Marcia | 4.00 | 0.42 | 2.212 | 4.86 | | |
| | Sorpasso | 3.73 | 0.39 | 2.210 | 4.96 | | |
| 126+500 | Marcia | 3.70 | 0.49 | 2.220 | 5.09 | | |
| | Sorpasso | 3.60 | 0.41 | 2.202 | 4.91 | 2.59 | 2.32 |
| VALORE MEDIO | | | | | 4.89 | 2.39 | 2.49 |
| *Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria | | | | | | | |
| **Miscela di freato e aggregati aggiunti prelevata prima della miscelazione con cemento ed emulsione bituminosa | | | | | | | |
| ***Differenza tra la quantità di bitume presente nella miscela prima e dopo l'aggiunta dell'emulsione | | | | | | | |

Tabella 51 - Prove sulla base a freddo riciclata dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO (SUD) | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------|------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|------------------|----------------|-------------------------------|
| Progressiva | Corsia | BINDER | | | | | USURA TIPO A | | | | |
| | | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Massa volumica | Vuoti Residui* n° giri 120 | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Massa volumica | Vuoti Residui* n° giri 140 |
| | | Rt | CTI | | | | Rt | CTI | | | |
| Limiti capitolato | | 0,95 ÷ 1,70 | > 75 | 4,1 ÷ 5,5 | | 3-6 % | 0,95 ÷ 1,90 | > 75 | 4,5 ÷ 6,1 | | 3-6 % |
| 127+300 | Sorpasso | 1.96 | 229.40 | 4.34 | 2.68 | 3.85 | | | | | |
| 126+900 | Marcia | 2.06 | 230.10 | 4.52 | 2.69 | 4.28 | | | | | |
| 126+500 | Sorpasso | 1.99 | 181.30 | 4.63 | 2.50 | 4.40 | | | | | |
| 126+200 | Marcia | 1.95 | 212.20 | 4.58 | 2.68 | 3.40 | | | | | |
| 126+150 | Marcia | | | | | | 1.86 | 154.30 | 5.68 | 2.72 | 4.10 |
| 125+600 | Sorpasso | | | | | | 1.91 | 162.40 | 6.06 | 2.71 | 3.15 |
| 125+100 | Marcia | 2.02 | 245.90 | 4.24 | 2.69 | 4.90 | | | | | |
| 124+800 | Marcia | | | | | | 1.93 | 173.50 | 5.77 | 2.71 | 3.75 |
| 124+300 | Marcia | 1.91 | 188.30 | 4.62 | 2.68 | 4.05 | | | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 1.88 | 158.30 | 5.89 | 2.71 | 3.63 |
| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO (NORD) | | | | | | | | | | | |
| 127+200 | Sorpasso | | | | | | 1.96 | 176.50 | 5.43 | 2.49 | |
| 126+900 | Marcia | 1.92 | 178.30 | 4.70 | 2.49 | 4.00 | | | | | |
| 126+850 | Marcia | | | | | 7.48 | 2.06 | 198.40 | 5.14 | 2.50 | |
| 126+700 | Sorpasso | | | | | 3.75 | 2.09 | 196.80 | 5.16 | 2.49 | |
| 126+500 | Sorpasso | 1.96 | 185.30 | 4.39 | 2.51 | 5.15 | | | | | |
| 126+400 | Marcia | 1.87 | 167.90 | 4.50 | 2.49 | 3.68 | | | | | |
| 126+200 | Sorpasso | | | | | 4.35 | | | | | |

Tabella 52 - Prove sul conglomerato sfuso dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord

| PROVE SU CAROTE ESTRATTE DALLA PAVIMENTAZIONE (SUD) | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|-------------------------|----------|--------------------------------------|---------|---------------|------------|--------------------------------------|---------|---------------|------------|--------------------------------------|---------|
| Progressiva | Corsia | BASE RICICLATA A FREDDO | | | | BINDER | | | | USURA TIPO A | | | |
| | | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm ³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm ³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm ³] | Vuoti % |
| Limiti di capitolato | | 180 [mm] | | | < 8% | 60 [mm] | 4.1 - 5.5% | | 3 - 8 % | 40 [mm] | 4.5 - 6.1% | | 3 - 8% |
| 127+380 | Marcia | 187.0 | 4.43 | 2.07 | 16.00 | 64.0 | 4.58 | 2.33 | 6.20 | 50.0 | 5.69 | 2.33 | 6.50 |
| | Sorpasso | 195.0 | 4.59 | 2.07 | 15.50 | 61.0 | 2.36 | 2.32 | 5.60 | 40.0 | 5.81 | 2.32 | 6.50 |
| 127+100 | Marcia | 195.0 | 4.66 | 2.98 | 14.90 | 60.0 | 4.32 | 2.35 | 6.10 | 50.0 | 2.32 | 2.32 | 6.70 |
| | Sorpasso | 160.0 | 4.60 | 2.07 | 15.70 | 64.0 | 4.76 | 2.36 | 5.60 | 42.0 | 5.48 | 2.31 | 7.20 |
| 126+800 | Marcia | 210.0 | 4.52 | 2.07 | 15.80 | 65.0 | 4.50 | 2.37 | 5.30 | 44.0 | 5.52 | 2.32 | 6.50 |
| | Sorpasso | 192.0 | 4.72 | 2.11 | 13.70 | 70.0 | 4.46 | 2.37 | 5.30 | 46.0 | 5.68 | 2.30 | 7.70 |
| 126+500 | Marcia | 222.0 | 4.55 | 2.10 | 14.60 | 54.0 | 4.60 | 2.37 | 5.40 | 46.0 | 5.78 | 2.31 | 7.20 |
| | Sorpasso | 200.0 | 4.43 | 2.10 | 14.80 | 71.0 | 4.51 | 2.37 | 5.10 | 40.0 | 5.49 | 2.28 | 8.50 |
| 126+300 | Marcia | 203.0 | 10.16 | 2.11 | 9.23 | 64.0 | 5.18 | 2.37 | 3.86 | 53.0 | 5.52 | 2.29 | 6.53 |
| 126+180 | Marcia | 170.0 | 4.53 | 2.02 | 18.10 | 60.0 | 4.69 | 2.39 | 4.10 | 41.0 | 5.61 | 2.29 | 7.80 |
| | Sorpasso | 210.0 | 4.31 | 2.08 | 15.40 | 70.0 | 4.41 | 2.36 | 5.90 | 42.0 | 5.32 | 2.32 | 7.30 |
| 126+100 | Marcia | 203.0 | 9.50 | 2.10 | 8.94 | 62.0 | 4.85 | 2.31 | 6.78 | 43.0 | 5.60 | 2.27 | 7.42 |
| 125+900 | Marcia | 190.0 | 4.67 | 2.17 | 11.40 | 53.0 | 4.27 | 2.36 | 5.90 | 40.0 | 5.43 | 2.32 | 7.40 |
| | Sorpasso | 221.0 | 4.59 | 2.08 | 15.40 | 61.0 | 4.52 | 2.34 | 6.50 | 41.0 | 5.55 | 2.27 | 8.90 |
| 125+550 | Marcia | 215.0 | 4.72 | 2.12 | 13.70 | 65.0 | 4.68 | 2.31 | 7.90 | 45.0 | 5.52 | 2.31 | 7.20 |
| | Sorpasso | 192.0 | 4.85 | 2.10 | 14.20 | 65.0 | 4.72 | 2.32 | 6.70 | 40.0 | 5.71 | 2.30 | 7.50 |
| 125+250 | Marcia | 237.0 | 4.91 | 2.11 | 14.00 | 59.0 | 4.78 | 2.31 | 7.40 | 44.0 | 5.48 | 2.32 | 7.00 |
| | Sorpasso | 159.0 | 4.91 | 2.09 | 15.10 | 64.0 | 4.44 | 2.32 | 7.60 | 46.0 | 5.59 | 2.30 | 7.90 |
| 124+950 | Marcia | 190.0 | 4.96 | 2.12 | 13.20 | 55.0 | 4.86 | 2.32 | 6.90 | 48.0 | 5.66 | 2.30 | 7.60 |
| | Sorpasso | 219.0 | 4.80 | 2.08 | 14.90 | 69.0 | 4.67 | 2.30 | 7.80 | 44.0 | 5.33 | 2.28 | 8.70 |
| 124+650 | Marcia | 161.0 | 4.74 | 2.11 | 13.80 | 60.0 | 4.53 | 2.30 | 7.80 | 75.0 | 5.27 | 2.29 | 8.30 |
| | Sorpasso | 232.0 | 4.90 | 2.14 | 12.80 | 68.0 | 4.68 | 2.35 | 6.10 | 45.0 | 5.48 | 2.29 | 8.00 |
| 124+350 | Marcia | 220.0 | 4.93 | 2.13 | 13.30 | 60.0 | 4.80 | 2.31 | 7.50 | 50.0 | 5.80 | 2.29 | 7.80 |
| | Sorpasso | 167.0 | 4.88 | 2.09 | 14.70 | 71.0 | 4.59 | 2.31 | 7.70 | 46.0 | 5.61 | 2.27 | 8.90 |
| PROVE SU CAROTE ESTRATTE DALLA PAVIMENTAZIONE (NORD) | | | | | | | | | | | | | |
| 127+100 | Marcia | 200.0 | 4.89 | 2.09 | 14.90 | 70.0 | 4.49 | 2.31 | 7.50 | 40.0 | 5.39 | 2.31 | 7.50 |
| | Sorpasso | 188.0 | 4.76 | 2.12 | 13.50 | 61.0 | 4.73 | 2.32 | 7.00 | 49.0 | 5.54 | 2.30 | 7.90 |
| 126+800 | Marcia | 225.0 | 4.96 | 2.08 | 14.80 | 65.0 | 4.79 | 2.32 | 7.00 | 45.0 | 5.25 | 2.31 | 7.30 |

Tabella 53 - Prove sulle carote estratte dalla pavimentazione dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord

➤ HWD

| Direzione Sud - corsia di marcia | | | | |
|-----------------------------------|--------------|------------|-----------------------|-------------------------------|
| Tronco | Prog. Inizio | Prog. Fine | IS300 14°C media (µm) | Valore limite IS300 14°C (µm) |
| 1 | 127.400 | 126.300 | 44 | <62,1 |
| | 126.250** | 126.050** | | |
| 2 | 126.000 | 124.219 | 40 | <62,2 |
| Direzione Nord - corsia di marcia | | | | |
| 1 | 126.400 | 127.232 | 67 | <62,1 |
| ** Tratto in Viadotto | | | | |

Tabella 54 - Prova HWD dal km 124+200 al km 127+400 in direzione sud e nord

➤ ERMES

Di seguito sono riportati i risultati della prova ERMES relative rispettivamente alle tratte che vanno dal km 126+390 al km 127+240 in direzione nord (Cesena) e dal km 127+400 al km 124+200 in direzione sud (Roma):

| DA 126+390 A 127+240 - Direzione Nord | | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------------|-----------|----------|
| Corsia di marcia | | | | |
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 126+390 | 126+820 | 65.2 | 1.47 | 0.86 |
| 126+820 | 127+240 | 65.8 | 1.36 | 0.88 |
| Corsia di sorpasso | | | | |
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 126+390 | 126+820 | 69.8 | 1.48 | 0.81 |
| 126+820 | 127+250 | 70.3 | 1.49 | 0.84 |
| DA 127+400 A 124+200 - Direzione Sud | | | | |
| Corsia di marcia | | | | |
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 127+000 | 126+570 | 62.9 | 1.51 | 0.82 |
| 126+570 | 126+130 | 62.3 | 2.00 | 0.84 |
| 126+130 | 125+680 | 67.4 | 1.78 | 0.84 |
| 125+680 | 125+230 | 64.9 | 1.74 | 0.85 |
| 125+230 | 124+780 | 68.5 | 1.46 | 0.79 |
| 124+780 | 124+200 | 64.2 | 1.83 | 0.79 |
| Corsia di sorpasso | | | | |
| PK inizio (km) | PK fine (km) | CAT 20° MEDIA | IRI MEDIA | HS MEDIA |
| 127+400 | 126+970 | 64.4 | 1.64 | 0.72 |
| 126+970 | 126+530 | 69.6 | 1.46 | 0.81 |
| 126+530 | 126+080 | 70.8 | 1.71 | 0.80 |
| 126+080 | 125+630 | 77.8 | 1.76 | 0.79 |
| 125+630 | 125+180 | 75.2 | 1.81 | 0.80 |
| 125+180 | 124+730 | 77.8 | 1.62 | 0.85 |
| 124+730 | 124+200 | 75.7 | 1.70 | 0.76 |

Tabella 55 - Prova ERMES dal km 126+390 al km 127+240 e dal km 127+400 al km 124+200

Capitolo IV: Prove eseguite al laboratorio di strade univpm

Nel mese di luglio sono state recapitate al laboratorio del dipartimento di strade dell'Università Politecnica delle Marche, 6 carote della pavimentazione relative alla strada statale 3 bis. I carotaggi sono stati dapprima tagliati in modo da dividere i vari strati della pavimentazione ed etichettati; ulteriore divisione è stata fatta sulla base a freddo e in seguito si sono misurate le dimensioni quali il diametro e l'altezza media calcolata da 4 punti diametralmente opposti. Le carote in questione hanno un diametro di 151 mm e un'altezza media compresa tra 50 e 60 mm.

Successivamente sono stati fatti maturare a 40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima del test di rottura. Sono stati sottoposti alla prova di trazione indiretta dalla quale si sono determinati il modulo di rigidezza, la resistenza R_t e il coefficiente CTI. Di seguito sono allegati i risultati della prova:

| SS3 Bis Pk | Data carota | Corsia | Prova su | ITSM medio | D/dc | P [Kn] | ITS [Mpa] | CTI [Mpa] |
|---------------|-------------|----------|----------------|------------|----------|--------|-----------|-----------|
| 82+700 | 08/07/2021 | Sorpasso | Base superiore | 5240.0 | 0.025156 | 4.94 | 0.362 | 22.6 |
| | | | Base inferiore | 4564.0 | 0.01634 | 3.20 | 0.230 | 22.1 |
| 82+800 | 08/07/2021 | Sorpasso | Base superiore | 4606.5 | 0.017567 | 4.46 | 0.356 | 31.8 |
| | | | Base inferiore | 3298.0 | 0.019247 | 3.50 | 0.270 | 22.0 |
| 83+200 | 08/07/2021 | Sorpasso | Base superiore | 3395.5 | 0.016943 | 4.02 | 0.298 | 27.6 |
| | | | Base inferiore | 3395.5 | 0.027256 | 2.96 | 0.216 | 12.4 |
| 152+300 | 02/07/2021 | Marcia | Base | 3329.5 | 0.015207 | 2.93 | 0.236 | 24.4 |
| 152+350 | 02/07/2021 | Sorpasso | Base superiore | 3367.5 | 0.017985 | 3.21 | 0.215 | 18.8 |
| | | | Base inferiore | 2705.0 | 0.0194 | 3.07 | 0.239 | 19.3 |
| 152+500 | 02/07/2021 | Marcia | Base superiore | 3191.0 | 0.01849 | 3.23 | 0.238 | 20.2 |
| | | | Base inferiore | 1754.0 | 0.018506 | 2.60 | 0.212 | 18.0 |
| 152+700 | 02/07/2021 | Sorpasso | Base superiore | 4864.5 | 0.017684 | 4.36 | 0.345 | 30.6 |
| | | | Base inferiore | 2326.5 | 0.015766 | 2.76 | 0.188 | 18.7 |

Tabella 56 - Prove di trazione indiretta svolte all'Università Politecnica delle Marche

Capitolo V: Valutazione statistica dei risultati delle prove

Al fine di un'ulteriore valutazione sui risultati delle prove riportate precedentemente, si sono eseguite 5 analisi per ogni lotto. L'analisi è iniziata dalla determinazione della media ovvero quel valore numerico che si ottiene dal rapporto della somma di tutti i numeri considerati per il calcolo e il numero dei dati a disposizione. Occorre considerare però che la media è un valore fortemente influenzato da quei termini che si discostano molto dagli altri, detti outliers.

Per questo, si fa riferimento anche alla valutazione della mediana; essa è il valore centrale di una serie ordinati di dati. Quindi la serie di dati viene separata dal valore mediano in due parti numericamente uguali. È da considerare che se la serie di dati è costituita da un numero pari di elementi allora non esiste un solo elemento centrale, bensì due; in questi casi la mediana è data dalla media aritmetica dei due dati centrali. In questo caso, se avessimo dei valori outliers il risultato non cambierebbe.

Un altro indice utilizzato per l'analisi statistica in questione è lo scarto quadratico medio o deviazione standard; esso è una stima della variabilità di una distribuzione di valori, quindi, serve per misurare la dispersione dei dati attorno alla media. È determinata dalla radice quadrata della media aritmetica degli scarti assoluti tra i valori della distribuzione $\{x_i\}$ e un valore medio $\{\mu\}$:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Dal risultato si evince che se lo scarto quadratico medio è grande, i valori della distribuzione sono dispersi; viceversa, se è piccolo, i valori sono concentrati vicino alla media.

Per ultimo, si determina il percentile, ovvero il valore di una variabile sotto il quale si verifica una certa percentuale dell'osservazione. Nel caso in esame, si valutano l'85° e il 15° percentile; in questo modo si determina il valore sotto al quale si trovano rispettivamente l'85% e il 15% delle osservazioni.

Di seguito sono riportati i risultati dell'analisi statistica descritta suddivisa in funzione della metodologia di analisi:

| SOTTOFONDAZIONE | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
| Analisi statistica | | LWD (post-calce) | | Piastre statiche | |
| Lotto | Limiti di capitolato | 4 H | 24 H | ante-operam | post-operam |
| | | > 60 MPa | > 200 MPa | | > 50 MPa |
| DAL KM 77+000 AL KM 83+975 NORD | MEDIA | 77.387 | 299.200 | 40.118 | 167.312 |
| | MEDIANA | 71.860 | 263.000 | 34.480 | 150.000 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 15.728 | 64.235 | 16.362 | 79.233 |
| | 85° PERCENTILE | 87.125 | 351.200 | 57.610 | 246.620 |
| | 15° PERCENTILE | 67.875 | 254.400 | 27.160 | 90.540 |
| DAL KM 83+975 AL KM 90+050 NORD | MEDIA | 205.792 | 236.333 | 30.889 | 102.464 |
| | MEDIANA | 195.500 | 193.000 | 28.000 | 80.000 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 69.555 | 66.922 | 11.279 | 47.626 |
| | 85° PERCENTILE | 293.900 | 307.500 | 42.200 | 145.250 |
| | 15° PERCENTILE | 155.900 | 190.500 | 19.000 | 62.975 |
| DAL KM 116+000 AL KM 124+000 NORD | MEDIA | - | 317.400 | - | - |
| | MEDIANA | - | 269.000 | - | - |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | - | 110.281 | - | - |
| | 85° PERCENTILE | - | 381.600 | - | - |
| | 15° PERCENTILE | - | 251.800 | - | - |

Tabella 57 - Analisi statistica sulla sottofondazione

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| Analisi statistica | | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | | | | |
| Lotto | Limiti capitolato | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | 4 H | 24 H | | > 94% |
| | | 0,20±0,45 MPa | 0,25±0,50 MPa | 1,3±3,5 MPa | 2±5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | | |
| DAL KM 77+000 AL KM 83+975 NORD | MEDIA | 0.239 | 0.298 | 2.242 | 3.129 | 185.248 | 0.242 | 2.121 | 0.962 |
| | MEDIANA | 0.222 | 0.283 | 2.248 | 3.153 | 155.375 | 0.223 | 2.127 | 0.952 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.044 | 0.047 | 0.638 | 0.744 | 116.547 | 0.043 | 0.086 | 0.019 |
| | 85° PERCENTILE | 0.283 | 0.353 | 2.731 | 3.571 | 262.999 | 0.282 | 2.209 | 0.990 |
| | 15° PERCENTILE | 0.207 | 0.257 | 1.596 | 2.355 | 79.844 | 0.207 | 2.027 | 0.946 |
| DAL KM 83+975 AL KM 90+050 NORD | MEDIA | 0.263 | 0.317 | 1.956 | 2.802 | 328.955 | 398.601 | 2.078 | 0.975 |
| | MEDIANA | 0.277 | 0.310 | 2.007 | 2.592 | 298.500 | 330.500 | 2.114 | 0.977 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.045 | 0.050 | 0.299 | 0.613 | 114.345 | 243.068 | 0.108 | 0.022 |
| | 85° PERCENTILE | 0.300 | 0.373 | 2.207 | 3.414 | 461.750 | 606.013 | 2.172 | 0.991 |
| | 15° PERCENTILE | 0.225 | 0.260 | 1.699 | 2.323 | 213.950 | 210.183 | 1.915 | 0.957 |
| DAL KM 116+000 AL KM 106+000 SUD | MEDIA | - | 0.326 | - | 3.761 | - | 454.180 | - | - |
| | MEDIANA | - | 0.330 | - | 3.760 | - | 425.000 | - | - |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | - | 0.037 | - | 0.614 | - | 192.758 | - | - |
| | 85° PERCENTILE | - | 0.370 | - | 4.490 | - | 651.800 | - | - |
| | 15° PERCENTILE | - | 0.280 | - | 3.130 | - | 249.800 | - | - |
| DAL KM 116+000 AL KM 124+000 NORD | MEDIA | 0.320 | - | - | 3.398 | 166.500 | 435.636 | - | - |
| | MEDIANA | 0.310 | - | - | 3.470 | 170.500 | 412.000 | - | - |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.059 | - | - | 0.798 | 22.882 | 164.554 | - | - |
| | 85° PERCENTILE | 0.390 | - | - | 4.266 | 189.250 | 629.000 | - | - |
| | 15° PERCENTILE | 0.270 | - | - | 2.388 | 143.250 | 248.500 | - | - |
| DAL KM 127+400 AL KM 124+200 SUD | MEDIA | 0.248 | 0.294 | 2.474 | 3.336 | 483.832 | 687.429 | 2.023 | 0.991 |
| | MEDIANA | 0.240 | 0.283 | 2.558 | 3.417 | 338.000 | 524.000 | 2.033 | 0.990 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.039 | 0.043 | 0.735 | 0.884 | 409.469 | 547.878 | 0.053 | 0.014 |
| | 85° PERCENTILE | 0.287 | 0.327 | 3.098 | 4.466 | 799.600 | 1147.050 | 2.071 | 1.007 |
| | 15° PERCENTILE | 0.210 | 0.257 | 1.834 | 2.251 | 231.500 | 221.350 | 1.958 | 0.979 |
| DAL KM 127+400 AL KM 124+200 NORD | MEDIA | - | 0.417 | - | 4.412 | 335.625 | 535.111 | 2.131 | 0.983 |
| | MEDIANA | - | 0.420 | - | 4.400 | 312.000 | 519.000 | 2.132 | 0.982 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | - | 0.018 | - | 0.239 | 72.937 | 118.188 | 0.004 | 0.002 |
| | 85° PERCENTILE | - | 0.433 | - | 4.700 | 413.050 | 646.600 | 2.135 | 0.984 |
| | 15° PERCENTILE | - | 0.398 | - | 4.153 | 286.400 | 404.800 | 2.127 | 0.981 |

Tabella 58 - Analisi statistica sulla fondazione stabilizzata

| PROVE SULLA MISCELA SFUSA DELLA BASE RICICLATA A FREDDO CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA | | | | | |
|--|-------------------------|--|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Analisi statistica | | Provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria | | % bitume sulla miscela | % di bitume apportato dall'emulsione |
| Lotto | Limiti capitolato | Resistenza a compressione | Resistenza a trazione | | |
| | | 1,2 ÷ 2,5 MPa | 0,32 ÷ 0,55 MPa | | > 1,8% |
| DAL KM 77+000 AL KM 83+975 NORD | MEDIA | 2.34 | 0.34 | 5.57 | 2.00 |
| | MEDIANA | 2.26 | 0.34 | 5.93 | 2.39 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.41 | 0.05 | 0.89 | 0.94 |
| | 85° | 2.80 | 0.39 | 6.27 | 2.84 |
| | PERCENTILE 15° | 2.00 | 0.32 | 4.40 | 0.73 |
| | PERCENTILE | | | | |
| DAL KM 83+975 AL KM 90+050 NORD | MEDIA | 2.41 | 0.37 | 6.04 | 2.33 |
| | MEDIANA | 2.45 | 0.36 | 5.73 | 2.17 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.17 | 0.05 | 0.79 | 0.99 |
| | 85° | 2.55 | 0.42 | 6.67 | 2.47 |
| | PERCENTILE 15° | 2.26 | 0.32 | 5.28 | 1.78 |
| | PERCENTILE | | | | |
| DAL KM 127+400 AL KM 124+200 SUD | MEDIA | 3.37 | 0.35 | 4.82 | 2.24 |
| | MEDIANA | 3.40 | 0.35 | 4.81 | 2.26 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.16 | 0.01 | 0.12 | 0.15 |
| | 85° | 3.50 | 0.37 | 4.96 | 2.36 |
| | PERCENTILE 15° | 3.17 | 0.34 | 4.72 | 2.17 |
| | PERCENTILE | | | | |
| DAL KM 127+400 AL KM 124+200 NORD | MEDIA | 3.75 | 0.42 | 4.89 | 2.42 |
| | MEDIANA | 3.72 | 0.41 | 4.89 | 2.45 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.16 | 0.03 | 0.11 | 0.08 |
| | 85° | 3.96 | 0.43 | 4.96 | 2.49 |
| | PERCENTILE 15° | 3.61 | 0.39 | 4.80 | 2.36 |
| | PERCENTILE | | | | |

Tabella 59 - Analisi statistica sulla miscela sfusa della base riciclata a freddo

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|---------|-----------|---------------|-----------------------------|--------|-----------|---------------|
| Analisi statistica | | BASEBINDER | | | | USURA DRENANTE | | | |
| | | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Vuoti Residui | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Vuoti Residui |
| | | Rt | CTI | | | Rt | CTI | | |
| Lotto | Limiti capitolato | 0,95 ÷ 1,70 | > 75 | 4,0 ÷ 5,3 | 3-6 % | 0,36 ÷ 0,70 | ≥ 30 | 4,8 ÷ 5,8 | ≥ 22 |
| DAL KM 77+000 AL KM 83+975 NORD | MEDIA | 1.825 | 264.132 | 4.595 | 3.377 | 0.515 | 70.352 | 5.124 | 24.448 |
| | MEDIANA | 1.825 | 287.000 | 4.500 | 3.400 | 0.530 | 66.300 | 5.100 | 23.900 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.213 | 65.166 | 0.210 | 0.221 | 0.071 | 17.550 | 0.160 | 2.341 |
| | 85° PERCENTILE | 2.019 | 323.730 | 4.885 | 3.600 | 0.570 | 83.400 | 5.300 | 24.700 |
| | 15° PERCENTILE | 1.583 | 185.710 | 4.400 | 3.100 | 0.440 | 52.100 | 5.000 | 23.400 |
| DAL KM 83+975 AL KM 90+050 NORD | MEDIA | 1.315 | 97.806 | 4.652 | 4.724 | 0.488 | 32.206 | 5.213 | 24.705 |
| | MEDIANA | 1.275 | 85.105 | 4.645 | 4.900 | 0.476 | 31.720 | 5.240 | 24.638 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.210 | 35.491 | 0.159 | 0.571 | 0.042 | 6.710 | 0.184 | 0.699 |
| | 85° PERCENTILE | 1.590 | 88.013 | 4.838 | 5.036 | 0.537 | 39.880 | 5.408 | 25.544 |
| | 15° PERCENTILE | 1.113 | 82.430 | 4.485 | 4.586 | 0.448 | 25.467 | 4.996 | 24.006 |

| Analisi statistica | | BINDER | | | | USURA | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------|-------------|---------------|-----------------------------|---------|-------------|---------------|
| | | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Vuoti Residui | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Vuoti Residui |
| | | Rt | CTI | | | Rt | CTI | | |
| Lotto | Limiti capitolato | 0,95 - 1,70 | ≥ 75 | 4,1 ÷ 5,5 % | 3 ÷ 6 % | 0,95 - 1,90 | ≥ 75 | 4,5 ÷ 6,1 % | 3 ÷ 6 % |
| DAL KM 127+400 AL KM 124+200 SUD | MEDIA | 1.982 | 214.533 | 4.488 | 4.146 | 1.895 | 162.125 | 5.850 | 3.656 |
| | MEDIANA | 1.975 | 220.800 | 4.550 | 4.163 | 1.895 | 160.350 | 5.830 | 3.688 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.049 | 23.257 | 0.147 | 0.466 | 0.027 | 7.165 | 0.142 | 0.340 |
| | 85° PERCENTILE | 2.030 | 234.050 | 4.623 | 4.525 | 1.921 | 168.505 | 5.984 | 3.943 |
| | 15° PERCENTILE | 1.940 | 186.550 | 4.315 | 3.738 | 1.869 | 156.100 | 5.721 | 3.364 |
| DAL KM 127+400 AL KM 124+200 NORD | MEDIA | 1.917 | 177.167 | 4.530 | 4.733 | 2.037 | 190.567 | 5.243 | - |
| | MEDIANA | 1.920 | 178.300 | 4.500 | 4.175 | 2.060 | 196.800 | 5.160 | - |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.037 | 7.149 | 0.128 | 1.320 | 0.056 | 9.968 | 0.132 | - |
| | 85° PERCENTILE | 1.948 | 183.200 | 4.640 | 5.731 | 2.081 | 197.920 | 5.349 | - |
| | 15° PERCENTILE | 1.885 | 171.020 | 4.423 | 3.731 | 1.990 | 182.590 | 5.146 | - |

| Analisi statistica | | BASE | | BINDER | | USURA | |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | | Trazione Indiretta | Bitume % | Trazione Indiretta | Bitume % | Trazione Indiretta | Bitume % |
| | | Rt | % | Rt | % | Rt | % |
| Lotto | Limiti capitolato | 0,95 - 1,70 | 3,8 - 5,2% | 0,95 - 1,70 | 4,1 ÷ 5,5 % | 0,95 - 1,90 | 4,5 ÷ 6,1 % |
| DAL KM 116+000 AL KM 106+000 SUD | MEDIA | 1.582 | 4.500 | 1.516 | 4.774 | 1.556 | 6.184 |
| | MEDIANA | 1.490 | 4.500 | 1.600 | 4.805 | 1.520 | 6.100 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.372 | 0.315 | 0.384 | 0.313 | 0.450 | 0.224 |
| | 85° PERCENTILE | 1.985 | 4.848 | 1.867 | 5.000 | 2.159 | 6.347 |
| | 15° PERCENTILE | 1.259 | 4.133 | 1.089 | 4.354 | 1.189 | 5.991 |
| DAL KM 116+000 AL KM 124+000 NORD | MEDIA | 1.569 | 4.437 | 1.631 | 4.930 | 1.444 | 5.802 |
| | MEDIANA | 1.655 | 4.500 | 1.640 | 4.900 | 1.475 | 5.800 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.327 | 0.529 | 0.107 | 0.521 | 0.198 | 0.273 |
| | 85° PERCENTILE | 1.690 | 5.000 | 1.682 | 5.500 | 1.680 | 6.100 |
| | 15° PERCENTILE | 1.264 | 3.900 | 1.516 | 4.555 | 1.238 | 5.500 |

Tabella 60 - Analisi statistica sul conglomerato bituminoso sfuso

| PROVE SU CAROTE ESTRATTE DALLA PAVIMENTAZIONE | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------|---------|---------------|-------------|---------|----------------|-------------|----------|
| Analisi statistica | | BASE RICICLATA A FREDDO | | | BASEBINDER | | | USURA DRENANTE | | |
| Lotto | Limiti capitolato | Spessore [mm] | Bitume % | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Vuoti % |
| | | 180 mm | | < 8 % | 80 mm | 4.0 - 5.3% | 3 - 9% | 50 mm | 4.8 - 5.8% | 16 - 27% |
| DAL KM 77+000 AL KM 83+975 NORD | MEDIA | 186.93 | 5.24 | 12.85 | 79.38 | 4.59 | 4.26 | 53.60 | 5.04 | 23.05 |
| | MEDIANA | 185.00 | 5.20 | 12.80 | 80.00 | 4.60 | 3.90 | 55.00 | 5.05 | 22.95 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 19.74 | 0.58 | 1.54 | 11.83 | 0.14 | 1.03 | 3.78 | 0.09 | 1.81 |
| | 85° PERCENTILE | 205.00 | 5.95 | 14.55 | 90.00 | 4.70 | 5.24 | 58.00 | 5.10 | 24.75 |
| | 15° PERCENTILE | 168.00 | 4.60 | 11.40 | 72.00 | 4.50 | 3.36 | 50.00 | 5.00 | 21.11 |
| DAL KM 83+975 AL KM 90+050 NORD | MEDIA | 181.97 | 5.94 | 10.95 | 86.54 | 4.85 | 4.86 | 56.19 | 5.22 | 22.33 |
| | MEDIANA | 183.00 | 5.40 | 10.90 | 81.00 | 5.00 | 4.40 | 55.00 | 5.20 | 22.60 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 21.78 | 0.93 | 1.35 | 13.60 | 0.29 | 1.56 | 4.45 | 0.16 | 2.16 |
| | 85° PERCENTILE | 205.00 | 7.23 | 12.65 | 98.20 | 5.10 | 6.90 | 60.00 | 5.38 | 24.81 |
| | 15° PERCENTILE | 163.70 | 5.30 | 9.50 | 77.90 | 4.48 | 3.40 | 52.00 | 5.03 | 20.15 |
| Analisi statistica | | BASE | | | BINDER | | | USURA | | |
| Lotto | Limiti capitolato | Spessore | Bitume | Vuoti | Spessore | Bitume | Vuoti | Spessore | Bitume | Vuoti |
| | | 120 mm | 3,8 - 5.2 % | 3 - 9 % | 60 mm | 4,1 - 5,5 % | 3 - 8 % | 40 mm | 4,5 - 6,1 % | 3 - 8 % |
| DAL KM 116+000 AL KM 106+000 SUD | MEDIA | 126.98 | 4.36 | 4.86 | 63.75 | 4.73 | 5.82 | 48.05 | 6.31 | 6.66 |
| | MEDIANA | 125.00 | 4.40 | 4.46 | 64.00 | 4.79 | 5.65 | 48.00 | 6.39 | 6.35 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 8.65 | 0.20 | 1.54 | 5.65 | 0.25 | 1.21 | 3.92 | 0.34 | 1.43 |
| | 85° PERCENTILE | 135.00 | 4.54 | 6.24 | 69.00 | 4.94 | 7.10 | 51.15 | 6.60 | 8.40 |
| | 15° PERCENTILE | 120.00 | 4.10 | 3.20 | 57.00 | 4.41 | 4.59 | 45.00 | 5.90 | 5.26 |
| DAL KM 116+000 AL KM 124+000 NORD | MEDIA | 122.17 | 4.44 | 4.21 | 61.99 | 4.76 | 6.97 | 47.25 | 5.96 | 6.90 |
| | MEDIANA | 121.00 | 4.60 | 3.30 | 60.50 | 4.75 | 7.20 | 45.00 | 5.90 | 7.25 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 14.20 | 0.43 | 1.67 | 11.09 | 0.11 | 1.58 | 6.98 | 0.37 | 2.82 |
| | 85° PERCENTILE | 134.10 | 4.90 | 5.80 | 70.00 | 4.90 | 7.90 | 54.90 | 6.50 | 10.67 |
| | 15° PERCENTILE | 110.00 | 3.90 | 3.10 | 53.00 | 4.70 | 5.40 | 40.00 | 5.51 | 3.60 |
| Analisi statistica | | BASE RICICLATA A FREDDO | | | BINDER | | | USURA | | |
| DAL KM 127+400 AL KM 124+200 SUD | MEDIA | 197.92 | 5.12 | 14.13 | 63.13 | 4.53 | 6.29 | 45.88 | 5.43 | 7.54 |
| | MEDIANA | 197.50 | 4.72 | 14.65 | 64.00 | 4.60 | 6.15 | 44.50 | 5.54 | 7.46 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 22.13 | 1.43 | 1.99 | 5.04 | 0.49 | 1.13 | 7.04 | 0.66 | 0.73 |
| | 85° PERCENTILE | 220.55 | 4.92 | 15.61 | 69.55 | 4.79 | 7.66 | 50.00 | 5.70 | 8.41 |
| | 15° PERCENTILE | 168.35 | 4.52 | 12.98 | 59.45 | 4.42 | 5.30 | 40.45 | 5.38 | 6.61 |
| DAL KM 127+400 AL KM 124+200 NORD | MEDIA | 204.17 | 4.87 | 14.55 | 63.17 | 4.59 | 7.52 | 45.67 | 5.41 | 7.53 |
| | MEDIANA | 205.50 | 4.86 | 14.70 | 63.00 | 4.56 | 7.40 | 45.00 | 5.43 | 7.50 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 14.18 | 0.09 | 0.54 | 4.10 | 0.14 | 0.49 | 3.25 | 0.14 | 0.29 |
| | 85° PERCENTILE | 217.50 | 4.97 | 14.98 | 66.25 | 4.75 | 8.08 | 49.25 | 5.55 | 7.90 |
| | 15° PERCENTILE | 187.50 | 4.78 | 14.10 | 60.00 | 4.45 | 7.00 | 43.75 | 5.24 | 7.25 |

Tabella 61 - Analisi statistica sulle carote estratte dalla pavimentazione

Le prove ad alto rendimento eseguite con HWD per semplicità sono state suddivise per lotti e per direzione nord e sud in funzione dei rapporti di prova a disposizione:

| | HWD | IS200cf 14°C | IS300 14°C |
|--|----------------------------|--------------|------------|
| DAL KM 77+800 AL KM 90+050 - CORSIA DI MARCIA | MEDIA | 40.64 | 41.59 |
| | MEDIANA | 39.00 | 40.00 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 7.24 | 10.29 |
| | 85° PERCENTILE | 48.00 | 50.00 |
| | 15° PERCENTILE | 34.00 | 33.00 |
| DAL KM 126+390 AL KM 127+240 - CORSIA DI MARCIA | MEDIA | 52.06 | 66.67 |
| | MEDIANA | 52.00 | 63.00 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 9.37 | 12.81 |
| | 85° PERCENTILE | 57.45 | 81.60 |
| | 15° PERCENTILE | 45.00 | 57.65 |

Tabella 62 - Prova HWD in direzione nord sulla corsia di marcia

| | HWD | IS200cf 14°C | IS300 14°C |
|---|----------------------------|--------------|------------|
| DAL KM 106+600 AL KM 112+500 - CORSIA DI MARCIA | MEDIA | 47.16 | 46.61 |
| | MEDIANA | 46.00 | 44.00 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 8.73 | 11.27 |
| | 85° PERCENTILE | 52.00 | 55.60 |
| | 15° PERCENTILE | 40.00 | 38.00 |
| DAL KM 113+500 AL KM 124+200 - CORSIA DI MARCIA | MEDIA | - | 33.87 |
| | MEDIANA | - | 33.24 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | - | 7.60 |
| | 85° PERCENTILE | - | 40.75 |
| | 15° PERCENTILE | - | 26.19 |
| DAL KM 113+500 AL KM 124+200 - CORSIA DI SORPASSO | MEDIA | - | 34.05 |
| | MEDIANA | - | 33.16 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | - | 6.83 |
| | 85° PERCENTILE | - | 39.75 |
| | 15° PERCENTILE | - | 28.28 |
| DAL KM 124+200 AL KM 127+400 - CORSIA DI MARCIA | MEDIA | 40.84 | 41.89 |
| | MEDIANA | 40.00 | 40.00 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 4.53 | 7.23 |
| | 85° PERCENTILE | 46.00 | 51.00 |
| | 15° PERCENTILE | 36.00 | 35.00 |

Tabella 63 - Prova HWD in direzione SUD sulla corsia di marcia e di sorpasso

| ERMES | | | IRIm | HSm | CATm, 20°C |
|---|-----------------------|----------------------------|------|------|------------|
| DAL KM 77+800 AL KM 90+050 - NORD | CORSIA DI MARCIA | MEDIA | 1.67 | 1.39 | 59.17 |
| | | MEDIANA | 1.51 | 1.39 | 59.00 |
| | | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.76 | 0.08 | 3.90 |
| | | 85° PERCENTILE | 2.40 | 1.45 | 64.00 |
| | | 15° PERCENTILE | 1.00 | 1.33 | 55.00 |
| | CORSIA DI SORPASSO | MEDIA | 1.51 | 1.38 | 60.26 |
| | | MEDIANA | 1.36 | 1.39 | 60.00 |
| | | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.64 | 0.08 | 3.72 |
| | | 85° PERCENTILE | 2.07 | 1.44 | 64.00 |
| | | 15° PERCENTILE | 0.97 | 1.34 | 57.00 |
| DAL KM 126+390 A KM 127+240 - NORD | CORSIA DI MARCIA | MEDIA | 1.42 | 0.87 | 65.51 |
| | | MEDIANA | 1.24 | 0.88 | 66.00 |
| | | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.70 | 0.07 | 2.67 |
| | | 85° PERCENTILE | 1.91 | 0.94 | 68.00 |
| | | 15° PERCENTILE | 0.88 | 0.80 | 62.00 |
| | CORSIA DI SORPASSO | MEDIA | 1.48 | 0.83 | 70.08 |
| | | MEDIANA | 1.39 | 0.83 | 70.50 |
| | | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.64 | 0.05 | 3.16 |
| | | 85° PERCENTILE | 2.05 | 0.88 | 73.00 |
| | | 15° PERCENTILE | 0.86 | 0.78 | 67.00 |
| DAL KM 124+200 AL KM 127+400 - SUD | CORSIA DI MARCIA | MEDIA | 1.72 | 0.82 | 65.03 |
| | | MEDIANA | 1.57 | 0.82 | 65.00 |
| | | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.75 | 0.09 | 3.62 |
| | | 85° PERCENTILE | 2.40 | 0.88 | 69.00 |
| | | 15° PERCENTILE | 1.06 | 0.77 | 61.85 |
| | CORSIA DI SORPASSO | MEDIA | 1.68 | 0.79 | 73.17 |
| | | MEDIANA | 1.50 | 0.78 | 74.00 |
| | | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.74 | 0.08 | 5.53 |
| | | 85° PERCENTILE | 2.25 | 0.86 | 79.00 |
| | | 15° PERCENTILE | 1.07 | 0.72 | 66.00 |

Tabella 64 - Prova ERMES in direzione nord e sud su entrambe le corsie

| SCRIM-TEX | | IRIm | HSm | CATm, 20°C | |
|---|-----------------------|----------------------------|------|------------|-------|
| DAL KM 121+600 AL KM 123+380 DIREZIONE SUD | CORSIA DI MARCIA | MEDIA | 1.57 | 0.52 | 65.39 |
| | | MEDIANA | 1.43 | 0.51 | 67.00 |
| | | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.69 | 0.02 | 6.66 |
| | | 85° PERCENTILE | 2.20 | 0.54 | 69.50 |
| | | 15° PERCENTILE | 0.93 | 0.49 | 63.50 |
| DAL KM 113+500 AL KM 119+680 SUD | CORSIA DI MARCIA | MEDIA | 1.55 | 0.63 | 63.74 |
| | | MEDIANA | 1.41 | 0.63 | 64.00 |
| | | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.69 | 0.06 | 2.99 |
| | | 85° PERCENTILE | 2.07 | 0.69 | 66.50 |
| | | 15° PERCENTILE | 0.94 | 0.58 | 61.00 |
| | CORSIA DI SORPASSO | MEDIA | 1.27 | 0.58 | 63.01 |
| | | MEDIANA | 1.18 | 0.58 | 63.50 |
| | | SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.47 | 0.06 | 4.93 |
| | | 85° PERCENTILE | 1.73 | 0.64 | 68.50 |
| | | 15° PERCENTILE | 0.83 | 0.52 | 57.50 |

Tabella 65 - Prova SCRIM-TEX in direzione nord e sud su entrambe le corsie

5.1 Confronto delle lavorazioni sulle varie tratte

Attraverso l'analisi statistica precedentemente riportata è possibile fare delle valutazioni sulle lavorazioni eseguite. In merito alla sottofondazione, si nota facilmente dalla tabella 56 che le medie dei risultati delle prove di carico su piastra e LWD sono conformi ai limiti di capitolato previsti; inoltre, dallo scarto quadratico medio e dal 15° percentile è possibile definire che, solo le lavorazioni LWD a 24 ore eseguite sul tratto che va dal km 83+975 al km 90+050, presenta il 15% dei valori inferiori ai 200 MPa.

Dall'analisi statistica sulle prove eseguite a seguito della stabilizzazione della fondazione, riportate in tabella 57, si evince che in tutti i lotti le medie dei risultati delle prove rispettano i limiti imposti, segno che lavorazioni sui vari lotti sono avvenute correttamente. I risultati medi del grado di compattazione presentano in tutte le tratte valori maggiori del 94% e ad esempio, per la resistenza a trazione indiretta i valori sono piuttosto simili e compresi nel range di capitolato, così come per le prove di resistenza a compressione come mostrato

in figura 28. In generale, lo scarto quadratico medio sui diversi lotti presenta risultati più o meno confrontabili per la tipologia di prova; questo indica che esso è influenzato dalle proprietà del materiale e dalla metodologia di prova (figura 29). Si nota inoltre che, sia per la fondazione e sia per gli altri strati, piccole dispersioni dei valori dello scarto quadratico medio possono essere dovute al fatto che le lavorazioni possono essere state eseguite in diverse condizioni climatiche o che le imprese hanno lavorato in modo differente.

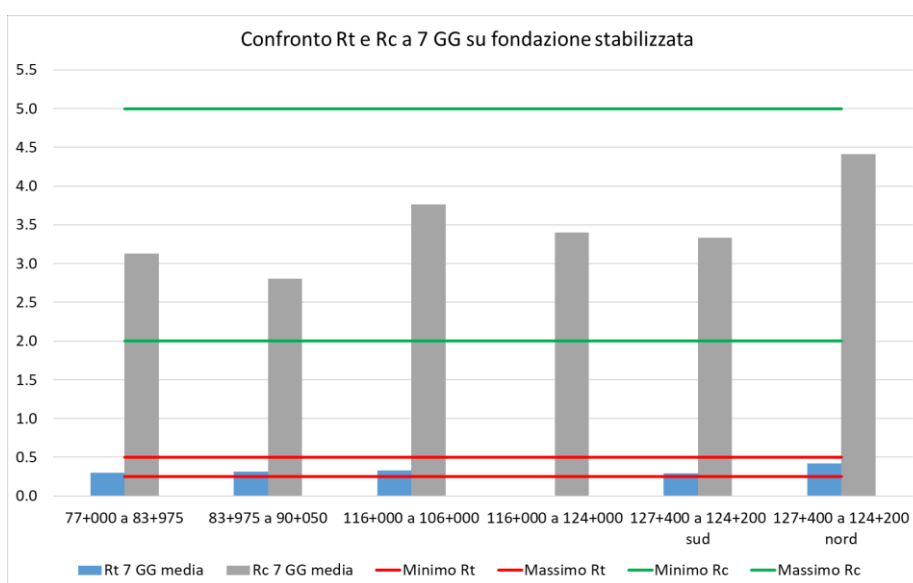


Figura 29 - Confronto Rt e Rc a 7 giorni su fondazione stabilizzata

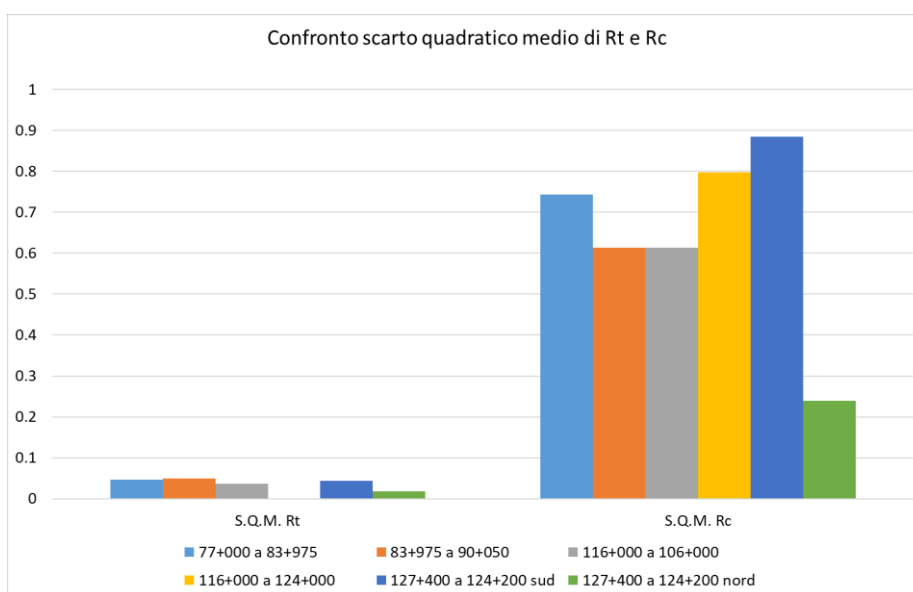


Figura 30 - Confronto scarto quadratico medio di Rt e Rc a 7 giorni

L'analisi eseguita sulla base riciclata a freddo (*tabella 58*) considera valori medi sulla resistenza a trazione indiretta e compressione confrontabili con i requisiti di capitolato e solo in due tratte, ovvero quelle comprese tra il km 127+400 e il km 124+200 in direzione nord e sud, presenta valori di compressione superiore ai limiti (*figura 31*). Su queste prove gli scarti quadratici medi sono dello stesso ordine di grandezza con variazioni dovute ai motivi precedentemente citati. È importante valutare, per la base a freddo riciclata, la % di bitume apportato dall'emulsione e, considerando le indicazioni fornite al 3.1.3, il valore ottimale è intorno al 2,4% mentre il limite di capitolato prevede un valore minimo dell'1,8% (*figura 32*).

Mediamente solo nella tratta compresa tra il km 127+400 al km 124+200 in direzione nord si raggiunge il 2,4% con lo scarto quadratico medio decisamente basso e simile a quello in direzione sud; nelle restanti si attestano valori poco superiori al 2%, con valori di S.Q.M. piuttosto alti.

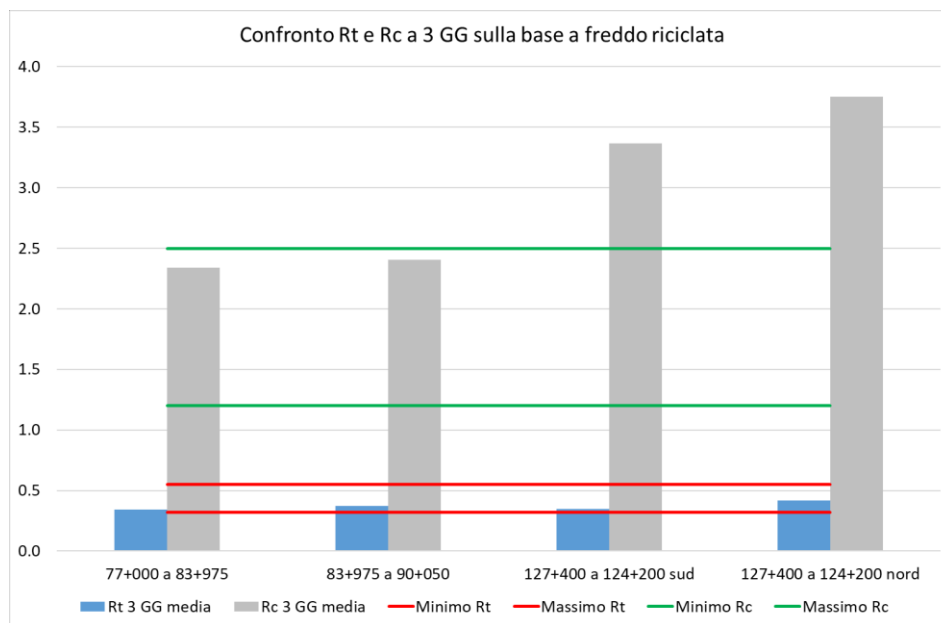


Figura 31 - Confronto Rt e Rc a 3 giorni sulla base a freddo riciclata

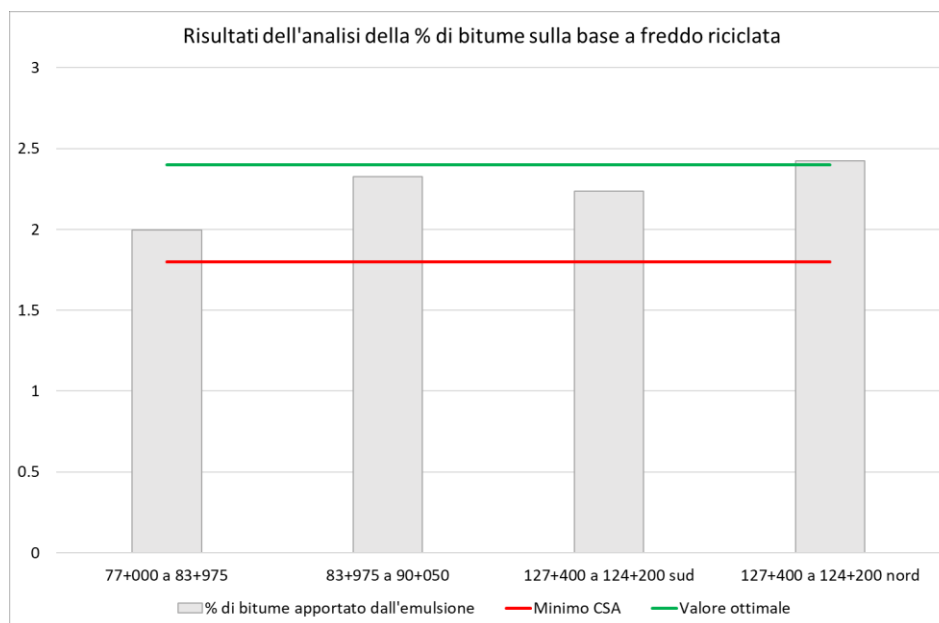


Figura 32 - Risultati dell'analisi della % di bitume sulla base a freddo riciclata

In merito all'analisi statistiche sulla miscela sfusa eseguita in laboratorio non si rilevano valori particolarmente critici (*tabella 59*). Le medie e gli scarti quadratici medi rispettano i limiti e presentano valori confrontabili. Si può notare un valore inferiore, ma comunque accettabile, per la resistenza a trazione indiretta sullo strato di basebinder tra il km 83+975 al km 90+050. Inoltre, altro valore mediamente basse è il coefficiente di trazione indiretta per l'usura drenante relativo allo stesso lotto che presenta una media poco superiore al minimo di capitolato (ovvero 30) e presenta il 15% dei valori inferiori a 25.

Le prove eseguite sulle carote estratte dalla pavimentazione fanno riferimento a diverse pavimentazioni sulle quali si determina lo spessore, la % di bitume e dei vuoti (*tabella 60*). Lo spessore sulla base a freddo, con riferimento alle indicazioni dei capitoli precedenti, può presentare valori non omogenei dovuti alle caratteristiche del materiale. Si sottolinea quindi uno spessore medio leggermente superiore a quello previsto con uno scarto quadratico medio di circa 2 cm nei lotti compresi tra il km 77+000 al km 90+050 e con l'85% dei valori superiori ad uno spessore di circa 16 cm. Per le restanti tratte ovvero quelle che vanno dal km 127+400 al km 124+200 in direzione nord e sud si

notano valori medi di spessore pari a 20 cm con la stessa deviazione standard; segno che le imprese hanno lavorato in maniera omogenea. La % dei vuoti, nel presente studio, viene considerata eccessiva se maggiore del 12%, come si evince nei lotti dal km 127+400 al km 124+200 in direzione nord e sud, ma dovuta al minor controllo e omogeneità sul materiale.

Per gli strati di caldi si evidenziano valori medi di spessore intorno al valore previsto da progetto (*figura 33*). Gli strati di binder e di usura chiusa invece, presentano valori pressoché accettabili e spesso maggiori dei minimi previsti.

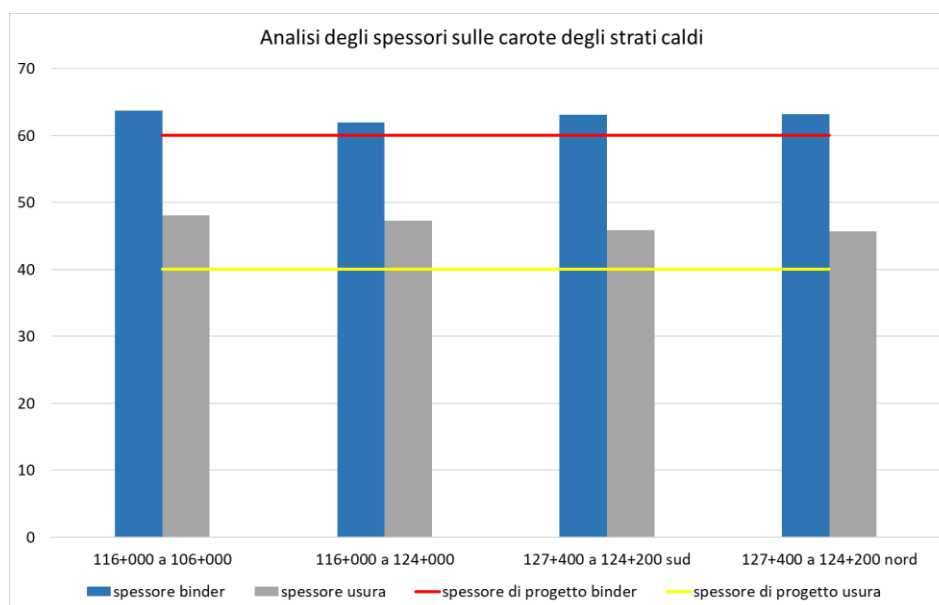


Figura 33 - Analisi degli spessori sulle carote degli strati caldi

L'analisi svolta sui risultati della prova HWD, come si evince in tabella 61 e 62, presenta valori medi di IS300 conformi ai limiti determinati nel paragrafo 2.4.3 ovvero di 62,1 e 57,5 μm . Per quanto riguarda le prove delle tabelle 63 e 64, ERMES e SCRIM-TEX presentano valori di CAT a 20°C accettabili essendo superiori al minimo pari al 53, con scarti quadratici medi confrontabili. Discorso analogo per il parametro IRI con valori inferiori a 2,5 in tutti i lotti. Al contrario, il valore HS ovvero dell'altezza di macrotestitura superficiale presenta valori accettabili solo per i lotti compresi tra il km 77+000 al km 90+050 in direzione

nord sia sulla corsia di marcia e sia di sorpasso; i restanti presentano valori mediamente bassi.

5.2 Analisi statistica globale degli interventi

Al fine di una valutazione globale sui lotti esaminati, l'analisi statistica è stata svolta comprendendo tutti i dati a disposizione per la sottofondazione, per la fondazione stabilizzata con leganti, per la miscela sfusa e per i carotaggi. In questo modo è possibile analizzare la variabilità statistica di ciascun parametro.

| SOTTOFONDAZIONE | | | | |
|-------------------------|----------|-----------|------------------|-------------|
| Progressiva | LWD | | Piastre statiche | |
| | 4 H | 24 H | ante-operam | post-operam |
| Limiti di capitolato | > 60 MPa | > 200 MPa | | > 50 MPa |
| MEDIA | 162.99 | 281.31 | 35.97 | 131.00 |
| MEDIANA | 167.50 | 260.50 | 33.55 | 100.00 |
| SCARTO QUADRATICO MEDIO | 83.50 | 89.64 | 15.02 | 71.19 |
| 85° PERCENTILE | 252.70 | 348.25 | 46.58 | 205.60 |
| 15° PERCENTILE | 70.41 | 192.50 | 22.96 | 74.20 |

Tabella 66 - Analisi statistica globale dei lavori sulla sottofondazione

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| Analisi statistica | Provini confezionati in cantiere | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
| | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H | | |
| | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | | | |
| Limiti capitolato | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | | > 94% |
| MEDIA | 0.31 | 0.31 | 2.25 | 3.35 | 307.16 | 447.55 | 2.09 | 97% |
| MEDIANA | 0.29 | 0.31 | 2.29 | 3.31 | 258.00 | 366.00 | 2.10 | 98% |
| SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.06 | 0.05 | 0.64 | 0.80 | 244.27 | 271.36 | 0.10 | 2% |
| 85° PERCENTILE | 0.37 | 0.37 | 2.83 | 4.30 | 459.40 | 655.00 | 2.19 | 99% |
| 15° PERCENTILE | 0.26 | 0.26 | 1.52 | 2.39 | 134.93 | 231.00 | 1.98 | 95% |

Tabella 67 - Analisi statistica globale dei lavori sulla fondazione stabilizzata

| PROVE SULLA MISCELA SFUSA DELLA BASE RICICLATA A FREDDO CON CEMENTO | | | | | |
|---|--|-----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Analisi statistica | Provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria | | | % bitume sulla miscela | % di bitume apportato dall'emulsione |
| | Resistenza a compressione | Resistenza a trazione | Massa volumica secca | | |
| Limiti capitolato | 1,2 ÷ 2,5 MPa | 0,32 ÷ 0,55 MPa | | | > 1,8% |
| MEDIA | 2.70 | 0.36 | 2.18 | 5.47% | 2.14% |
| MEDIANA | 2.53 | 0.35 | 2.19 | 5.40% | 2.25% |
| SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.58 | 0.05 | 0.06 | 0.85% | 0.89% |
| 85° PERCENTILE | 3.47 | 0.41 | 2.22 | 6.30% | 2.77% |
| 15° PERCENTILE | 2.15 | 0.32 | 2.13 | 4.72% | 1.29% |

Tabella 68 - Analisi statistica globale dei lavori sulla base riciclata a freddo

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--------|-----------|------------------------------|-----------------------------|-------|-----------|-----------------------------|
| Analisi statistica | BASEBINDER | | | | USURA DRENANTE | | | |
| | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Vuoti Residui n° giri 120 | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Vuoti Residui n° giri 50 |
| | Rt | CTI | | | Rt | CTI | | |
| Limiti capitolato | 0,95 ÷ 1,70 | > 75 | 4,0 ÷ 5,3 | 3-6 % | 0,36 ÷ 0,70 | ≥ 30 | 4,8 ÷ 5,8 | ≥ 22 |
| MEDIA | 1.61 | 194.10 | 4.62% | 3.94% | 0.50 | 56.48 | 5.16% | 24.54% |
| MEDIANA | 1.61 | 188.30 | 4.60% | 3.60% | 0.49 | 59.30 | 5.12% | 24.23% |
| SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.33 | 98.65 | 0.19% | 0.78% | 0.06 | 23.43 | 0.17% | 1.92% |
| 85° PERCENTILE | 1.97 | 319.92 | 4.87% | 4.96% | 0.57 | 74.48 | 5.36% | 25.16% |
| 15° PERCENTILE | 1.15 | 84.54 | 4.41% | 3.20% | 0.44 | 26.27 | 4.99% | 23.40% |

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|------------|----------------|-----------------------------|--------|-------------|------------------------------|-----------------------------|--------|-------------|------------------------------|
| Analisi statistica | BASE | | | BINDER | | | | USURA | | | |
| | Prova di Trazione Indiretta Rt | Bitume % | Massa volumica | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Vuoti Residui n° giri 120 | Prova di Trazione Indiretta | | Bitume % | Vuoti Residui n° giri 140 |
| | | | | Rt | CTI | | | Rt | CTI | | |
| Limiti capitolato | 0,95 - 1,70 | 3,8 - 5,2% | | 0,95 - 1,70 | ≥ 75 | 4,1 ÷ 5,5 % | 3 ÷ 6 % | 0,95 - 1,90 | ≥ 75 | 4,5 ÷ 6,1 % | 3 ÷ 6 % |
| MEDIA | 1.58 | 4.46% | 2.43 | 1.62 | 202.08 | 4.79% | 4.44% | 1.56 | 174.31 | 5.89% | 3.66% |
| MEDIANA | 1.54 | 4.50% | 2.43 | 1.65 | 188.30 | 4.78% | 4.16% | 1.53 | 173.50 | 6.00% | 3.69% |
| SCARTO QUADRATICO MEDIO | 0.35 | 0.45% | 0.08 | 0.32 | 26.23 | 0.42% | 1.03% | 0.36 | 16.43 | 0.34% | 0.34% |
| 85° PERCENTILE | 1.97 | 4.90% | 2.46 | 1.95 | 229.96 | 5.10% | 4.99% | 1.92 | 196.96 | 6.10% | 3.94% |
| 15° PERCENTILE | 1.26 | 4.00% | 2.38 | 1.21 | 178.90 | 4.32% | 3.72% | 1.21 | 157.90 | 5.50% | 3.36% |

Tabella 69 - Analisi statistica globale dei lavori sul conglomerato bituminoso sfuso

| PROVE SU CAROTE ESTRATTE DALLA PAVIMENTAZIONE | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------|---------|---------------|------------|---------|----------------|------------|----------|
| Analisi statistica | BASE RICICLATA A FREDDO | | | BASEBINDER | | | USURA DRENANTE | | |
| | Spessore [mm] | Bitume % | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Vuoti % |
| Limiti capitolato | 180 mm | | < 8 % | 80 mm | 4.0 - 5.3% | 3 - 9% | 50 mm | 4.8 - 5.8% | 16 - 27% |
| MEDIA | 188.00 | 5.45% | 12.7% | 82.59 | 4.71% | 4.53% | 54.76 | 5.12% | 22.72% |
| MEDIANA | 190.00 | 5.30% | 12.8% | 80.00 | 4.67% | 3.90% | 55.00 | 5.10% | 22.70% |
| SCARTO QUADRATICO MEDIO | 21.65 | 0.97% | 2.0% | 13.14 | 0.25% | 1.33% | 4.29 | 0.15% | 2.01% |
| PERCENTILE 85° | 210.00 | 6.10% | 14.8% | 90.00 | 5.00% | 6.25% | 58.00 | 5.30% | 24.80% |
| PERCENTILE 15° | 167.70 | 4.70% | 10.4% | 74.88 | 4.49% | 3.40% | 50.00 | 5.00% | 20.66% |

| PROVE SU CAROTE ESTRATTE DALLA PAVIMENTAZIONE | | | | | | | | | |
|---|---------------|-------------|---------|---------------|-------------|---------|---------------|-------------|---------|
| Analisi statistica | BASE CALDA | | | BINDER | | | USURA | | |
| | Spessore [mm] | Bitume % | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Vuoti % |
| Limiti capitolato | 120 | 3,8 - 5,2 % | 3 - 9 % | 60 | 4,1 - 5,5 % | 3 - 8 % | 40 | 4,5 - 6,1 % | 3 - 8 % |
| MEDIA | 124.48 | 4.40% | 4.5% | 62.84 | 4.71% | 6.4% | 47.28 | 5.99% | 6.9% |
| MEDIANA | 123.00 | 4.40% | 4.3% | 63.00 | 4.70% | 6.4% | 46.00 | 5.90% | 7.2% |
| SCARTO QUADRATICO MEDIO | 12.10 | 0.34% | 1.6% | 8.49 | 0.27% | 1.5% | 5.95 | 0.52% | 2.1% |
| PERCENTILE 85° | 135.00 | 4.90% | 6.2% | 70.00 | 4.90% | 7.8% | 52.00 | 6.50% | 8.8% |
| PERCENTILE 15° | 115.00 | 4.00% | 3.1% | 55.00 | 4.50% | 4.9% | 42.00 | 5.51% | 4.7% |

Tabella 70 - Analisi statistica globale sulle carote estratte dalla pavimentazione

Dai risultati dell'analisi riguardanti la sottofondazione si evince che, su tutti i lotti analizzati, si hanno valori medi più che accettabili (*tabella 65*); ciò nonostante, solo la prova LWD a 24 ore presenta un valore del 15° percentile di poco inferiore al limite.

Per la fondazione stabilizzata in sito (*tabella 66*), si ha che i valori medi di tutte le prove sono conformi ai limiti previsti e il 15° percentile del grado di compattazione e della resistenza a trazione indiretta a 7 giorni, presentano valori poco superiori al minimo di capitolato, ma comunque accettabili. Inoltre, lo scarto quadratico medio, relativo ad ogni prova, è dello stesso ordine di grandezza, segno che le varie imprese hanno lavorato in modo analogo ed omogeneo.

L'analisi statistica delle prove sulla miscela sfusa della base riciclata a freddo (*tabella 67*) mette in evidenza, ancora una volta, la conformità dei valori medi.

In merito allo scarto quadratico medio è evidente che per la resistenza a compressione si hanno valori maggiori rispetto alla resistenza a trazione, ma comunque, simili alle prove eseguite sulla fondazione. Altro aspetto importante è la % di bitume apportato dall'emulsione; in questo caso il valore medio dei vari lotti è superiore al minimo di capitolato ma inferiore al contenuto ottimale di bitume di circa 2,4%. Si evidenzia inoltre, su quest'ultimo parametro, il basso valore del 15° percentile dovuto ad un non ottimale apporto di emulsione bituminosa relativa soprattutto alla tratta compresa tra il km 77+000 al km 83+975 in direzione nord come riportato in tabella 29.

Per le prove sui conglomerati sfusi caldi relativi agli strati di base, basebinder, binder, usura e usura drenante (*tabella 68*) riguardanti le diverse pavimentazione non si apprezzano rilevanti valori anomali connessi alle prove di trazione indiretta, alla % di bitume e ai vuoti residui, ad eccezione del Coefficiente di Trazione Indiretta inerente all'usura drenante che presenta il valore del 15° percentile di poco inferiore al minimo previsto in fase di progetto.

L'analisi sulle carote estratte dalla pavimentazione mette in risalto le differenze tra la base riciclata a freddo e gli strati caldi, dovuto alle diverse caratteristiche dei materiali, alla diversa modalità esecutiva di posa in opera e al diverso controllo sulla miscela. Lo spessore dello strato di base a freddo, come già detto precedentemente, potrebbe non essere omogeneo, nello specifico, sottostimato in quanto durante il carotaggio la parte inferiore dello strato è soggetta a sgranamento. Il limite dei vuoti, è ritenuto buono per il presente studio, se presenta valori inferiore al 12% e come si evince dalla tabella 69, in media ha un valore prossimo a tale numero. Gli strati caldi invece, presentano valori medi di spessori, % di bitume e di vuoti conformi alle caratteristiche richieste in fase di progetto. Infatti, ad esempio per la base a caldo, si ha che l'85% dei casi si è sopra al 6% dei vuoti e solo il 15% è superiore ad esso, segno di un lavoro svolto correttamente.

5.3 TSD prima e dopo gli interventi di manutenzione

Al fine di una valutazione finale sul comportamento meccanico degli strati in conglomerato bituminoso e di parte dello strato di fondazione stabilizzato a cemento, nel 14 settembre 2020 è stato eseguito il rilievo per mezzo del TSD, che inoltre permette di risalire anche alla regolarità della pavimentazione (IRI). Ai fini del lavoro di tesi, sono stati confrontati con i valori ottenuti dal TSD prima degli interventi di manutenzione, utilizzati per valutare lo stato della pavimentazione esistente. Il confronto tra i due rilievi permette di valutare gli effetti delle lavorazioni.

Come già ampiamente discusso, l'IS300 dipende direttamente dalla rigidità degli strati della pavimentazione: più la sovrastruttura è rigida, minore è la deformazione misurata durante la prova deflettometrica e quindi minore è il valore di IS300; al contrario, alti valori indicano una struttura più deformabile. Discorso analogo per l'IRI (*tabella 26*) i cui valori ottimali sono inferiori al 2,5. In figura 34 sono riportati i confronti sui risultati più rilevanti a disposizione delle diverse tratte, il resto sono allegate in appendice D. Per entrambi i parametri, i valori rilevati nel 2016 sono rappresentati in rosso, quelli del 2020 in verde.

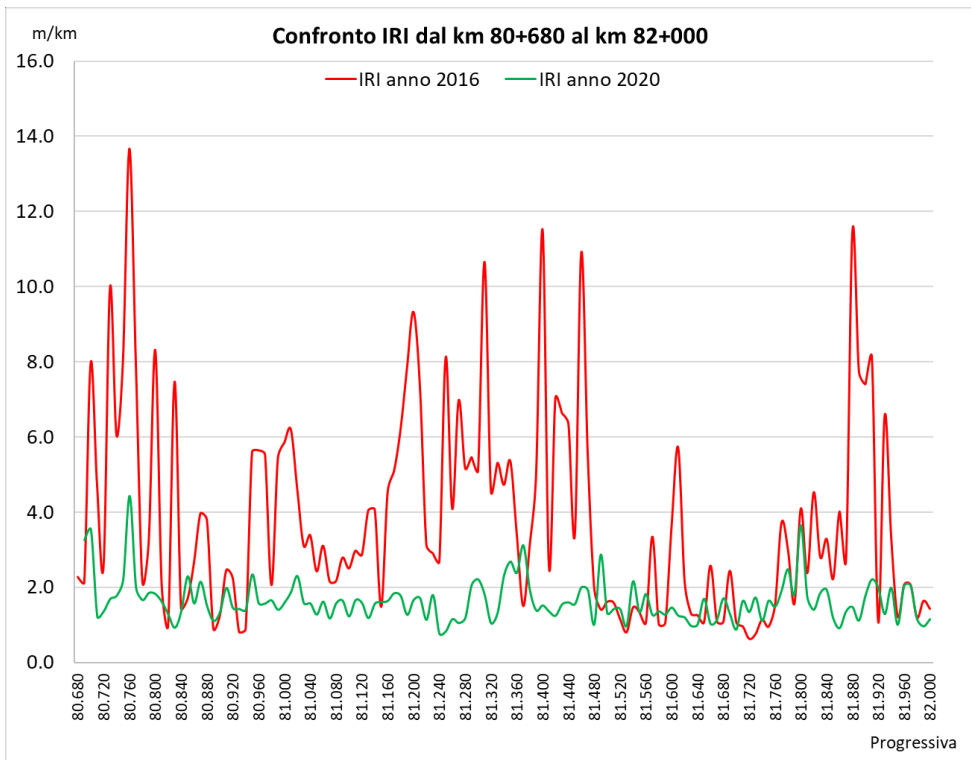
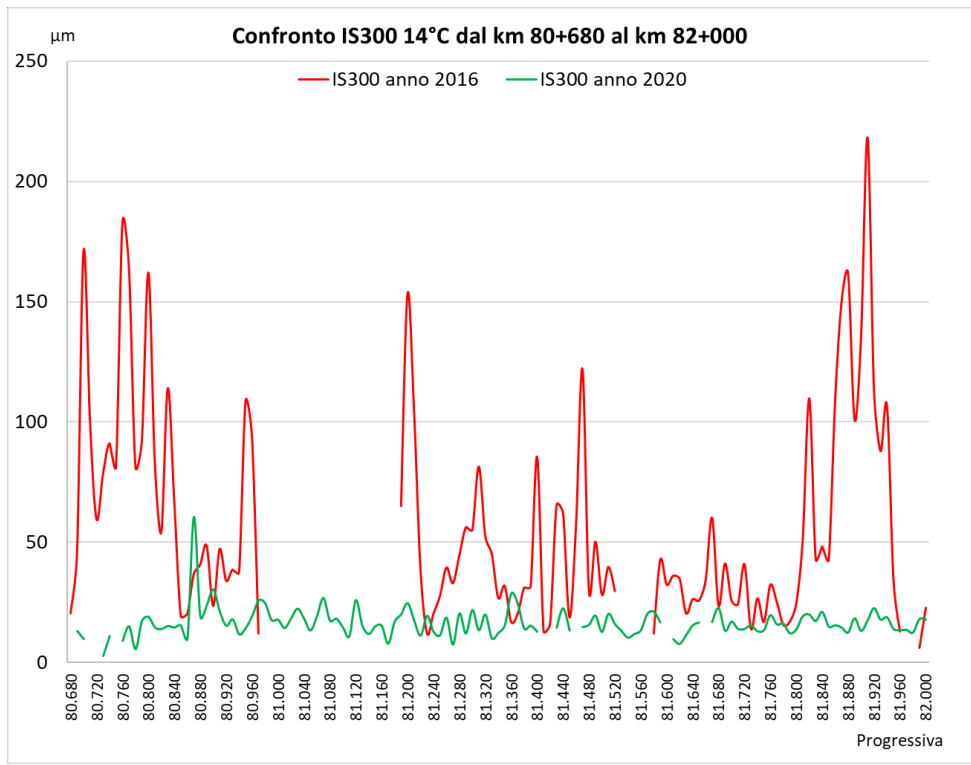


Figura 34 - Grafici di confronto del TSD prima e dopo gli interventi manutenzione

In questa tratta, per l'IS300 c'è una piena rispondenza al capitolato e anche una certa omogeneità di distribuzione con valori sempre molto bassi. L'IRI, invece, presenta solo qualche valore puntuale sopra i limiti che possono essere dovuti alla presenza di giunti di ripresa. La realizzazione di un tappeto di usura prima degli interventi, al fine di ripristinare la pavimentazione irregolare, potrebbe determinare per la pavimentazione risanata valori di IRI confrontabili con quelli della pavimentazione esistente.

In generale, considerando anche le restanti tratte, si evince graficamente un incremento della portanza e della regolarità della pavimentazione, dovuto ai bassi valori dei parametri IS300 e dell'IRI. A seguito degli interventi si ottiene quindi, una pavimentazione con caratteristiche prestazionali migliori.

Capitolo VI: Conclusioni

Lo scopo del presente lavoro è stato quello di analizzare i risultati delle prove di controllo eseguite sulla Strada Statale 3 bis Tiberina al fine di valutare il miglioramento ottenuto a seguito degli interventi di manutenzione. L'attività è stata svolta nell'ambito del piano di riqualificazione dell'itinerario E45-E55, avviato nel 2016, condotto da Anas per mezzo di interventi di manutenzione per valorizzare la rete stradale esistente. Ad oggi i lavori sono ancora in corso, non solo sul tratto umbro ma anche sui tratti toscani e romagnoli, poiché nell'ambito del 2° Accordo Quadro i cantieri vengono aperti in modo scaglionato e graduale secondo un piano pluriennale per poter eseguire i lavori, evitando eccessivi disagi al traffico.

Lo studio è stato condotto a partire dalle indagini ad Alto Rendimento eseguite dal Centro Sperimentale Stradale ANAS di Cesano, che hanno consentito di individuare le tratte più critiche della sovrastruttura stradale. Le citate indagini sono state condotte mediante il Traffic Speed Deflectometer (TSD) che permette di valutare la capacità portante e la regolarità della pavimentazione; inoltre, in alcune di queste tratte si è proceduto ad un approfondimento delle indagini mediante il prelievo dei materiali costituenti lo strato di fondazione.

Dalle prove di laboratorio è emerso che le criticità della SS 3 bis sono rappresentate dalla mancanza di un adeguato strato di fondazione e dalla scarsa qualità dei materiali di sottofondo; pertanto, gli interventi manutentivi sono stati orientati verso il risanamento profondo della pavimentazione esistente. A tale fine, i lavori relativi al corpo stradale consistono nella completa rimozione della vecchia pavimentazione e nel rifacimento della fondazione stradale fino agli strati più profondi, mediante le tecniche di stabilizzazione in sito.

Per la nuova pavimentazione sono state valutate due soluzioni alternative che garantiscono lo stesso livello prestazionale: la prima prevede uno strato di base di

conglomerato bituminoso riciclato a freddo e l'altra con la base a caldo. Entrambe ovviamente prevedono la realizzazione degli strati superficiali quali binder e tappeto di usura, ed in alcuni casi, quest'ultimo, di tipo drenante.

Prima dell'inizio dei lavori, l'impresa produce lo studio della miscela per ciascuno strato di ogni tratta, al fine di definire la composizione delle varie miscele. Per gli strati profondi, quali sottofondo e fondazione, è necessaria la caratterizzazione dei materiali per valutare l'eventuale presenza di materiali plastici con lo scopo individuare la corretta composizione della miscela e, attraverso il mix design, di determinare il dosaggio delle componenti, tra le quali calce e cemento.

In corso d'opera è previsto inoltre un servizio di ispezione che ha lo scopo di fornire un monitoraggio sul campo finalizzato alla verifica della conformità dell'opera. Il controllo deve essere effettuato preliminarmente in laboratorio mediante prove sui materiali costituenti, poi sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e, successivamente, con prove in sito ad alto rendimento.

Per la fondazione stabilizzata e per la base a freddo sono state eseguite prove direttamente in cantiere con la pressa giratoria del laboratorio mobile. I controlli condotti sulla miscela sfusa di conglomerato bituminoso sono stati confezionati sia in laboratorio e sia in cantiere al fine di evitare un ulteriore riscaldamento. I carotaggi invece, riguardano solamente gli strati di base a freddo o a caldo e i conglomerati caldi quali binder e usura. Al termine dei lavori sono state eseguite prove ad alto rendimento mediante le apparecchiature TSD e FWD al fine di valutare le caratteristiche di regolarità e di portanza determinando i parametri di IRI e IS300.

Nella tesi sono state descritte poi le modalità di esecuzione dei lavori, tra cui le tecniche di stabilizzazione degli strati profondi, la stesa della base a freddo riciclata e la stesa dei conglomerati caldi.

Oltre alla esecuzione di alcune prove di laboratorio, nella tesi sono stati preliminarmente raccolti i risultati delle prove di controllo fatte eseguire dalla Direzione Lavori e successivamente sottoposti ad un'elaborazione statistica. Dalle prove eseguite nel laboratorio dell'Università e dall'analisi dei risultati di quelle eseguite dalla direzione dei lavori emerge che:

- complessivamente le lavorazioni rispettano i requisiti richiesti;
- nei singoli lotti le lavorazioni hanno raggiunto un buon livello con poca differenza tra di essi;
- il materiale più omogeneo è il conglomerato a caldo in quanto i risultati sono molto simili;
- le lavorazioni di stabilizzazione della fondazione e della base a freddo sono meno omogenee in quanto sono materiali meno controllati e meno omogenei.

Sulla base di queste valutazioni si può affermare che sono stati ottenuti buoni risultati, quindi, gli interventi di manutenzione possono ritenersi più che soddisfacenti. Sicuramente questo è dovuto all'approccio di lavoro che ha adottato l'ANAS e al supporto fornito dal DICEA, in particolare al numero elevato di prove in sito ed in laboratorio eseguite prima, durante e dopo il termine dei lavori, cosa assai rara anche nei grandi interventi di manutenzione.

Bibliografia

- [1] Airey G. D., “Fundamental binder and practical mixture evaluation of polymer modified bituminous materials”, *International Journal on Pavement Engineering*, vol. 5, pp 137-151, 2004.
- [2] Bahia H. U., Hanson D. I., Zeng H., Zhai H., Khatri M. A., Anderson R. M., “Characterization of modified asphalt binders in superpave mix design”, NCHRP report 459, Washington D.C., 2001.
- [3] Bocci M., Cardone F., Cerni G., Santagata E., “Rheological characterization of the fatigue resistance of asphalt binders”, ISAP conference, Quebec City, Canada, 2006.
- [4] Bonnetti K., Nam K., Bahia H. U., “Measuring and defining fatigue behaviour of asphalt binder”, 8th TRB annual meeting, Washington D.C., 2002.
- [5] De Beer M., “Aspects of the design and behaviour of road structures incorporating lightly cementitious layers”, PhD dissertation, Pretoria, 1990.
- [6] Finn F., Saraf C., Kulkarni R., Nair K., Smith W. And Abdullah A., “The use of distress prediction subsystems for the design of pavement structures”, 4th International conference on structural design of asphalt pavements, 1977.
- [7] Jenkins K. J., “Mix design considerations for cold and half-warm bituminous mixes with emphasis on foamed bitumen”, PhD Dissertation, University of Stellenbosch, 2000.
- [8] Isacson U. and Lu X., “Properties of bitumens modified with elastomers and plastomers”, 2th Euroasphalt & Eurobitume Congress, Barcellona, Spagna, 2000.
- [9] Lesueur D., “The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification”, *International Journal on Advances in colloid and interface science*, vol. 145, pp 42-82, 2009.

- [10] Felice A. Santagata, “Teoria e tecnica delle costruzioni stradali”, vol. I e II, Pearson.
- [11] Liebenberg J. J. E., Visser A. T., “Towards a mechanical structural design procedure for emulsion-treated base layers“, Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 2004.
- [12] Liebenberg J. J. E., “A structural design procedure for emulsion treated pavement layers”, PhD dissertation, University of Pretoria, 2003.
- [13] Loizos A., Collings D., Jenkins K., “Rehabilitation of a major greek highway by recycling/ stabilising with foamed bitumen”, 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 2004.
- [14] Loizos A., “In-situ characterization of foamed bitumen treated layer mixes for heavy-duty pavements”, International Journal of Pavement Engineering, June 2007.
- [15] Long F., H. Theyse, “Mechanical-empirical structural design models for foamed and emulsified bitumen treated materials”, 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 2004.
- [16] Theyse H. L., de Beer M., Rust F. C., “Overview of South African mechanistic pavement design method”, Transport Research Record 1539, 1996.
- [17] Mohammad L.N., Elseifi M.A., et al., “Optimization of Tack Coat for HMA Placement”, NCHRP Report 712, Transportation Research Board, Washington, D.C., U.S.A., 2012.
- [18] Theyse H. L., Muthern M. “Pavement analysis and design software (PADS) based on the South African mechanistic-empirical design method”, CSIR, Pretoria, 2000.
- [19] CAT Paving Products, “Guide to Asphalt Compaction”, CAT Paving Product, Caterpillar Inc., 2012.
- [20] Quaderno tecnico N.17, “Le pavimentazioni stradali” Vol. V., Anas.
- [21] “Compaction in asphalt construction and earthworks”, HAMM Wirtgen Group

ALLEGATO A

RISULTATI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE TRATTE CRITICHE MEDIANTE TSD PRIMA DEGLI INTERVENTI MANUTENTIVI

| Gestore | | Strada | | Carreggiata | | | Corsia | | Km inizio | | | | | Km fine | | | Data rilievo | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|----------|--|----------------|--|---------|--------|-------|-----------|----------|--|-----|--|----------------------|--|--|--------------|----------------------------|-----|-----|---|-----|----------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Comp.to Perugia | | S.S.3bis | | Destra | | | marcia | | 1+300 | | | | | 65+860 | | | 5/9/16 | | | | | | | | | | | | |
| Prog. | | Evento | | Prog. corretta | | Lat. | | Long. | | Velocità | | Ora | | T Pav ^{sup} | | T Aria | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | | |
| km | | | | km | | deg | | deg | | km/h | | °C | | °C | | micron/m | | | | | IRI, Load, IS ₃₀₀ , IS ₂₀₀ , IS _{fond} , IS _{300, 14°C} , IS _{200cf} , IS _{200cf, 14°C} | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | m/km, kg, micron, micron, micron, micron, micron | | | | | | | | | | | | | |
| 39.840 | | 40.588 | | 42.8453 | | 12.4080 | | 69 | | 13.30.35 | | 36 | | 29 | | 161 | 164 | 120 | 180 | 134 | 55 | 2.9 | 5070 | 34 | 18 | 57 | 24 | 16 | 11 |
| 39.850 | | 40.598 | | 42.8454 | | 12.4079 | | 69 | | 13.30.35 | | 36 | | 29 | | 241 | 204 | 240 | 208 | 133 | 57 | 2.9 | 5678 | 54 | 29 | 57 | 38 | 25 | 18 |
| 39.860 | | 40.608 | | 42.8454 | | 12.4078 | | 69 | | 13.30.36 | | 36 | | 29 | | 224 | 295 | 238 | 212 | 126 | 50 | 2.0 | 5281 | 61 | 33 | 53 | 44 | 30 | 21 |
| 39.870 | | 40.619 | | 42.8455 | | 12.4078 | | 69 | | 13.30.36 | | 36 | | 29 | | 296 | 313 | 249 | 226 | 145 | 55 | 4.2 | 5454 | 70 | 38 | 60 | 50 | 34 | 24 |
| 39.880 | | 40.629 | | 42.8456 | | 12.4077 | | 69 | | 13.30.37 | | 36 | | 29 | | 390 | 454 | 395 | 274 | 198 | 97 | 3.1 | 5179 | 102 | 56 | 88 | 73 | 45 | 32 |
| 39.890 | | 40.639 | | 42.8457 | | 12.4077 | | 69 | | 13.30.37 | | 36 | | 29 | | 763 | 783 | 692 | 445 | 272 | 100 | 6.7 | 5326 | 187 | 104 | 112 | 133 | 78 | 55 |
| 39.900 | | 40.649 | | 42.8458 | | 12.4076 | | 69 | | 13.30.38 | | 36 | | 30 | | 1057 | 885 | 750 | 552 | 320 | 140 | 3.3 | 5186 | 227 | 128 | 138 | 162 | 90 | 64 |
| 39.910 | | 40.660 | | 42.8458 | | 12.4076 | | 69 | | 13.30.38 | | 36 | | 30 | | 766 | 809 | 704 | 472 | 306 | 101 | 2.6 | 5275 | 190 | 106 | 122 | 135 | 77 | 54 |
| 39.920 | Annaloramenti Inizio | 40.670 | | 42.8459 | | 12.4075 | | 69 | | 13.30.39 | | 36 | | 29 | | 401 | 481 | 437 | 349 | 247 | 137 | 1.7 | 5309 | 107 | 57 | 115 | 76 | 42 | 30 |
| 39.930 | | 40.680 | | 42.8460 | | 12.4075 | | 69 | | 13.30.39 | | 36 | | 29 | | 305 | 413 | 374 | 291 | 250 | 126 | 1.0 | 5349 | 89 | 47 | 113 | 63 | 35 | 25 |
| 39.940 | | 40.691 | | 42.8461 | | 12.4074 | | 69 | | 13.30.40 | | 36 | | 29 | | 512 | 565 | 534 | 435 | 307 | 136 | 3.1 | 5301 | 130 | 70 | 133 | 93 | 49 | 35 |
| 39.950 | | 40.701 | | 42.8462 | | 12.4074 | | 69 | | 13.30.41 | | 36 | | 29 | | 537 | 612 | 531 | 437 | 295 | 111 | 2.7 | 5277 | 137 | 74 | 122 | 97 | 54 | 38 |
| 39.960 | | 40.711 | | 42.8463 | | 12.4073 | | 69 | | 13.30.41 | | 36 | | 29 | | 438 | 506 | 521 | 394 | 243 | 107 | 2.3 | 5265 | 118 | 63 | 105 | 84 | 48 | 34 |
| 39.970 | | 40.722 | | 42.8463 | | 12.4072 | | 69 | | 13.30.42 | | 36 | | 29 | | 417 | 504 | 409 | 314 | 219 | 22 | 6.5 | 5112 | 110 | 60 | 72 | 78 | 50 | 36 |
| 39.980 | | 40.732 | | 42.8464 | | 12.4072 | | 69 | | 13.30.42 | | 35 | | 29 | | 892 | 931 | 822 | 575 | 375 | 138 | 5.4 | 5323 | 219 | 121 | 154 | 156 | 82 | 58 |
| 39.990 | | 40.742 | | 42.8465 | | 12.4071 | | 69 | | 13.30.43 | | 35 | | 29 | | 926 | 919 | 855 | 628 | 304 | 112 | 7.4 | 5274 | 222 | 122 | 125 | 158 | 88 | 63 |
| 40.000 | | 40.753 | | 42.8466 | | 12.4071 | | 69 | | 13.30.43 | | 36 | | 29 | | 229 | 272 | 248 | 246 | 172 | 70 | 1.5 | 5252 | 59 | 31 | 73 | 42 | 26 | 19 |
| 40.010 | | 40.763 | | 42.8467 | | 12.4070 | | 69 | | 13.30.44 | | 36 | | 29 | | 277 | 300 | 293 | 214 | 179 | 97 | 1.5 | 5543 | 71 | 38 | 83 | 50 | 31 | 22 |
| 40.020 | | 40.773 | | 42.8468 | | 12.4070 | | 69 | | 13.30.44 | | 36 | | 29 | | 276 | 313 | 256 | 233 | 187 | 94 | 1.1 | 5335 | 68 | 37 | 84 | 49 | 30 | 21 |
| 40.030 | | 40.784 | | 42.8468 | | 12.4069 | | 69 | | 13.30.45 | | 36 | | 29 | | 350 | 449 | 392 | 300 | 222 | 124 | 2.0 | 5372 | 97 | 53 | 104 | 69 | 40 | 28 |
| 40.040 | | 40.794 | | 42.8469 | | 12.4069 | | 69 | | 13.30.45 | | 36 | | 29 | | 385 | 484 | 381 | 310 | 223 | 49 | 1.5 | 5356 | 103 | 56 | 82 | 73 | 46 | 32 |
| 40.050 | | 40.804 | | 42.8470 | | 12.4068 | | 69 | | 13.30.46 | | 36 | | 29 | | 556 | 614 | 524 | 398 | 257 | 117 | 2.1 | 5349 | 139 | 76 | 112 | 99 | 57 | 41 |
| 40.060 | | 40.814 | | 42.8471 | | 12.4068 | | 69 | | 13.30.46 | | 35 | | 29 | | 775 | 835 | 680 | 493 | 305 | 99 | 3.0 | 5318 | 191 | 106 | 121 | 136 | 77 | 55 |
| 40.070 | | 40.825 | | 42.8472 | | 12.4067 | | 69 | | 13.30.47 | | 35 | | 29 | | 641 | 665 | 522 | 417 | 242 | 76 | 2.9 | 5590 | 152 | 84 | 95 | 108 | 66 | 47 |
| 40.080 | | 40.835 | | 42.8472 | | 12.4066 | | 69 | | 13.30.47 | | 36 | | 29 | | 385 | 407 | 379 | 341 | 284 | 128 | 1.3 | 5474 | 94 | 50 | 124 | 67 | 36 | 26 |
| 40.090 | | 40.845 | | 42.8473 | | 12.4066 | | 69 | | 13.30.48 | | 36 | | 29 | | 322 | 380 | 353 | 237 | 225 | 91 | 2.2 | 5400 | 87 | 47 | 95 | 62 | 37 | 26 |
| 40.100 | | 40.856 | | 42.8474 | | 12.4065 | | 69 | | 13.30.48 | | 36 | | 29 | | 346 | 428 | 368 | 339 | 205 | 106 | 2.9 | 5066 | 92 | 49 | 93 | 65 | 38 | 27 |
| 40.110 | | 40.866 | | 42.8475 | | 12.4065 | | 69 | | 13.30.49 | | 36 | | 29 | | 639 | 646 | 606 | 422 | 274 | 123 | 4.8 | 5314 | 156 | 86 | 119 | 111 | 63 | 45 |
| 40.120 | | 40.876 | | 42.8476 | | 12.4064 | | 69 | | 13.30.49 | | 36 | | 29 | | 286 | 328 | 308 | 232 | 120 | 46 | 2.7 | 5292 | 75 | 41 | 50 | 53 | 37 | 27 |
| 40.130 | | 40.887 | | 42.8477 | | 12.4064 | | 69 | | 13.30.50 | | 36 | | 29 | | 162 | 173 | 167 | 182 | 91 | 78 | 1.6 | 5346 | 39 | 20 | 51 | 28 | 19 | 13 |
| 40.140 | | 40.897 | | 42.8477 | | 12.4063 | | 69 | | 13.30.50 | | 36 | | 29 | | 268 | 248 | 177 | 186 | 145 | 110 | 1.2 | 5299 | 57 | 31 | 76 | 41 | 26 | 18 |
| 40.150 | | 40.907 | | 42.8478 | | 12.4063 | | 69 | | 13.30.51 | | 36 | | 29 | | 231 | 194 | 147 | 122 | 92 | 78 | 1.1 | 5467 | 49 | 28 | 51 | 35 | 25 | 18 |
| 40.160 | | 40.918 | | 42.8479 | | 12.4062 | | 69 | | 13.30.52 | | 36 | | 29 | | 203 | 220 | 186 | 135 | 130 | 75 | 0.9 | 5555 | 50 | 28 | 61 | 36 | 24 | 17 |
| 40.170 | | 40.928 | | 42.8480 | | 12.4061 | | 69 | | 13.30.52 | | 36 | | 29 | | 341 | 350 | 308 | 254 | 134 | 69 | 1.0 | 5443 | 81 | 44 | 61 | 58 | 39 | 28 |
| 40.180 | | 40.938 | | 42.8481 | | 12.4061 | | 69 | | 13.30.53 | | 36 | | 30 | | 320 | 372 | 249 | 229 | 127 | 97 | 3.5 | 5444 | 78 | 43 | 67 | 56 | 37 | 26 |
| 40.190 | | 40.948 | | 42.8481 | | 12.4060 | | 69 | | 13.30.53 | | 36 | | 30 | | 381 | 397 | 348 | 245 | 157 | 71 | 2.0 | 5448 | 93 | 52 | 68 | 66 | 44 | 31 |
| 40.200 | | 40.959 | | 42.8482 | | 12.4060 | | 69 | | 13.30.54 | | 36 | | 29 | | 280 | 254 | 222 | 219 | 145 | 45 | 1.5 | 5238 | 61 | 33 | 57 | 43 | 29 | 21 |



SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI

Misura delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni valutate attraverso gli indicatori IS e regolarità IRI - tabella dati

| Gestore | | Strada | | Carreggiata | | | | | Corsia | | Km inizio | | Km fine | | Data rilievo | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|---------|-------------|----------|----------|----------------------|--------|----------|----------------------------|-----------|-----|---------|------|--------------|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| Comp.to Perugia | | S.S.3bis | | Destra | | | | | marcia | | 1+300 | | 65+860 | | 5/9/16 | | | | | | | |
| DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA | | | | | | | | | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | | |
| Prog. | Evento | Prog. corretta | Lat. | Long. | Velocità | Ora | T Pav _{sup} | T Aria | 100 | 200 | 300 | 600 | 900 | 1500 | IRI | Load | IS ₃₀₀ | IS ₂₀₀ | IS _{fond} | IS _{300_14°C} | IS _{200cf} | IS _{200cf_14°C} |
| km | | km | deg | deg | km/h | | °C | °C | micron/m | | | | | | m/km | kg | micron | micron | micron | micron | micron | micron |
| 40.540 | | 41.294 | 42.8510 | 12.4041 | 69 | 13.31.11 | 36 | 29 | 365 | 393 | 331 | 247 | 143 | 129 | 1.7 | 5562 | 90 | 50 | 82 | 64 | 40 | 29 |
| 40.550 | | 41.304 | 42.8511 | 12.4041 | 69 | 13.31.12 | 36 | 29 | 254 | 298 | 253 | 223 | 142 | 62 | 1.2 | 5477 | 65 | 35 | 61 | 46 | 31 | 22 |
| 40.560 | | 41.314 | 42.8512 | 12.4040 | 69 | 13.31.12 | 36 | 30 | 398 | 449 | 422 | 308 | 210 | 89 | 1.8 | 5547 | 104 | 56 | 90 | 74 | 45 | 32 |
| 40.570 | | 41.324 | 42.8513 | 12.4039 | 69 | 13.31.13 | 36 | 30 | 485 | 473 | 416 | 267 | 168 | 112 | 2.5 | 5452 | 115 | 65 | 84 | 82 | 52 | 37 |
| 40.580 | | 41.333 | 42.8513 | 12.4039 | 69 | 13.31.13 | 36 | 29 | 271 | 285 | 255 | 172 | 122 | 55 | 1.7 | 5484 | 67 | 37 | 53 | 48 | 34 | 24 |
| 40.590 | | 41.343 | 42.8514 | 12.4038 | 69 | 13.31.14 | 36 | 29 | 348 | 300 | 305 | 274 | 159 | 138 | 5.0 | 5465 | 76 | 41 | 89 | 54 | 32 | 23 |
| 40.600 | | 41.353 | 42.8515 | 12.4038 | 69 | 13.31.14 | 36 | 29 | 587 | 607 | 534 | 332 | 169 | 99 | 8.3 | 5352 | 145 | 81 | 81 | 103 | 66 | 47 |
| 40.610 | | 41.363 | 42.8516 | 12.4037 | 69 | 13.31.15 | 36 | 29 | 751 | 693 | 546 | 362 | 207 | 48 | 5.5 | 5316 | 170 | 98 | 76 | 121 | 81 | 58 |
| 40.620 | | 41.373 | 42.8517 | 12.4037 | 69 | 13.31.16 | 36 | 29 | 513 | 497 | 376 | 340 | 187 | 55 | 5.1 | 5470 | 115 | 63 | 73 | 82 | 53 | 38 |
| 40.630 | | 41.382 | 42.8518 | 12.4036 | 69 | 13.31.16 | 36 | 29 | 750 | 704 | 537 | 338 | 215 | 96 | 5.7 | 5459 | 172 | 100 | 89 | 122 | 78 | 56 |
| 40.640 | | 41.392 | 42.8518 | 12.4036 | 69 | 13.31.17 | 36 | 30 | 374 | 414 | 298 | 285 | 182 | 86 | 4.3 | 5332 | 89 | 49 | 80 | 63 | 40 | 28 |
| 40.650 | | 41.402 | 42.8519 | 12.4035 | 69 | 13.31.17 | 36 | 29 | 760 | 663 | 502 | 319 | 208 | 87 | 6.1 | 5464 | 168 | 99 | 89 | 120 | 79 | 56 |
| 40.660 | | 41.412 | 42.8520 | 12.4034 | 69 | 13.31.18 | 36 | 30 | 800 | 774 | 583 | 386 | 198 | 40 | 5.2 | 5333 | 185 | 107 | 71 | 132 | 90 | 64 |
| 40.670 | | 41.422 | 42.8521 | 12.4034 | 69 | 13.31.18 | 36 | 30 | 1009 | 899 | 770 | 527 | 291 | 113 | 5.2 | 5284 | 226 | 128 | 121 | 160 | 93 | 66 |
| 40.680 | | 41.431 | 42.8522 | 12.4033 | 69 | 13.31.19 | 36 | 30 | 888 | 843 | 669 | 415 | 225 | 75 | 6.0 | 5501 | 206 | 119 | 90 | 146 | 94 | 67 |
| 40.690 | Annalraramenti. Inizio | 41.441 | 42.8522 | 12.4033 | 69 | 13.31.19 | 36 | 30 | 736 | 800 | 646 | 426 | 180 | 80 | 6.8 | 5136 | 184 | 103 | 78 | 131 | 85 | 60 |
| 40.700 | | 41.451 | 42.8523 | 12.4032 | 69 | 13.31.20 | 36 | 29 | 930 | 948 | 801 | 458 | 279 | 111 | 3.1 | 5337 | 228 | 130 | 117 | 162 | 95 | 68 |
| 40.710 | | 41.461 | 42.8524 | 12.4032 | 69 | 13.31.20 | 36 | 29 | 871 | 929 | 810 | 518 | 258 | 126 | 5.4 | 5281 | 218 | 122 | 115 | 155 | 90 | 64 |
| 40.720 | | 41.471 | 42.8525 | 12.4031 | 69 | 13.31.21 | 36 | 30 | 926 | 954 | 845 | 498 | 261 | 67 | 6.4 | 5418 | 229 | 129 | 98 | 163 | 100 | 71 |
| 40.730 | | 41.480 | 42.8526 | 12.4031 | 69 | 13.31.21 | 36 | 30 | 792 | 774 | 692 | 460 | 283 | 97 | 3.9 | 5562 | 188 | 105 | 114 | 134 | 78 | 55 |
| 40.740 | | 41.490 | 42.8527 | 12.4030 | 69 | 13.31.22 | 36 | 30 | 820 | 847 | 766 | 508 | 331 | 144 | 4.9 | 5505 | 202 | 112 | 143 | 144 | 78 | 55 |
| 40.750 | | 41.500 | 42.8527 | 12.4029 | 69 | 13.31.22 | 36 | 30 | 662 | 700 | 617 | 368 | 205 | 41 | 5.0 | 5505 | 166 | 93 | 74 | 118 | 78 | 55 |
| 40.760 | | 41.510 | 42.8528 | 12.4029 | 69 | 13.31.23 | 36 | 29 | 643 | 670 | 615 | 354 | 266 | 81 | 4.5 | 5471 | 161 | 91 | 104 | 115 | 69 | 49 |
| 40.770 | | 41.520 | 42.8529 | 12.4028 | 69 | 13.31.23 | 36 | 29 | 310 | 290 | 282 | 245 | 161 | 104 | 1.5 | 5398 | 71 | 38 | 79 | 50 | 31 | 22 |
| 40.780 | | 41.529 | 42.8530 | 12.4028 | 69 | 13.31.24 | 36 | 29 | 234 | 251 | 206 | 142 | 112 | 22 | 1.8 | 5508 | 58 | 32 | 40 | 41 | 31 | 22 |
| 40.790 | | 41.539 | 42.8531 | 12.4027 | 69 | 13.31.24 | 36 | 30 | 251 | 266 | 205 | 199 | 184 | 70 | 0.9 | 5534 | 59 | 32 | 76 | 42 | 26 | 19 |
| 40.800 | | 41.549 | 42.8531 | 12.4027 | 69 | 13.31.25 | 36 | 30 | 253 | 288 | 249 | 124 | 165 | 89 | 1.3 | 5371 | 67 | 38 | 76 | 48 | 32 | 22 |
| 40.810 | | 41.559 | 42.8532 | 12.4026 | 69 | 13.31.25 | 36 | 30 | 262 | 245 | 222 | 174 | 119 | 76 | 1.5 | 5392 | 60 | 33 | 58 | 42 | 29 | 21 |
| 40.820 | | 41.569 | 42.8533 | 12.4026 | 69 | 13.31.26 | 36 | 30 | 371 | 377 | 311 | 215 | 176 | 96 | 2.4 | 5453 | 89 | 50 | 82 | 63 | 40 | 29 |
| 40.830 | | 41.578 | 42.8534 | 12.4025 | 69 | 13.31.27 | 36 | 29 | 372 | 333 | 297 | 279 | 169 | 140 | 2.4 | 5484 | 81 | 44 | 93 | 58 | 34 | 24 |
| 40.840 | | 41.588 | 42.8535 | 12.4024 | 69 | 13.31.27 | 36 | 29 | 411 | 412 | 367 | 250 | 200 | 128 | 3.2 | 5270 | 99 | 55 | 98 | 70 | 43 | 30 |
| 40.850 | | 41.598 | 42.8536 | 12.4024 | 69 | 13.31.28 | 36 | 29 | 470 | 397 | 423 | 371 | 225 | 112 | 3.0 | 5353 | 103 | 55 | 101 | 73 | 42 | 30 |
| 40.860 | | 41.608 | 42.8536 | 12.4023 | 69 | 13.31.28 | 36 | 29 | 449 | 389 | 371 | 296 | 224 | 82 | 8.5 | 5710 | 99 | 54 | 92 | 70 | 43 | 30 |
| 40.870 | | 41.618 | 42.8537 | 12.4023 | 69 | 13.31.29 | 36 | 29 | 650 | 572 | 459 | 287 | 170 | 35 | 2.3 | 5389 | 145 | 84 | 62 | 103 | 74 | 52 |
| 40.880 | | 41.627 | 42.8538 | 12.4022 | 69 | 13.31.29 | 36 | 29 | 411 | 376 | 386 | 251 | 164 | 65 | 2.0 | 5301 | 97 | 53 | 69 | 69 | 45 | 32 |
| 40.890 | | 41.637 | 42.8539 | 12.4022 | 69 | 13.31.30 | 36 | 29 | 491 | 458 | 375 | 191 | 150 | 107 | 3.0 | 5613 | 115 | 67 | 77 | 82 | 56 | 40 |
| 40.900 | | 41.647 | 42.8540 | 12.4021 | 69 | 13.31.30 | 36 | 29 | 351 | 390 | 336 | 218 | 196 | 75 | 2.1 | 5408 | 90 | 50 | 81 | 64 | 41 | 29 |
| 40.910 | | 41.657 | 42.8541 | 12.4021 | 69 | 13.31.31 | 36 | 29 | 371 | 399 | 299 | 208 | 107 | 74 | 2.1 | 5401 | 91 | 51 | 54 | 65 | 46 | 33 |
| 40.920 | | 41.667 | 42.8541 | 12.4020 | 69 | 13.31.31 | 36 | 29 | 288 | 282 | 249 | 144 | 94 | 19 | 1.1 | 5524 | 69 | 39 | 34 | 49 | 40 | 28 |
| 40.930 | | 41.676 | 42.8542 | 12.4020 | 69 | 13.31.32 | 36 | 29 | 424 | 365 | 304 | 239 | 150 | 93 | 3.4 | 5435 | 92 | 51 | 71 | 73 | 65 | 43 |
| 40.940 | | 41.686 | 42.8543 | 12.4019 | 69 | 13.31.32 | 36 | 29 | 384 | 376 | 367 | 241 | 214 | 96 | 2.9 | 5145 | 93 | 51 | 93 | 66 | 40 | 29 |
| 40.950 | | 41.696 | 42.8544 | 12.4018 | 69 | 13.31.33 | 36 | 29 | 649 | 621 | 536 | 321 | 218 | 88 | 5.1 | 5329 | 153 | 87 | 92 | 109 | 69 | 49 |
| 40.960 | | 41.706 | 42.8545 | 12.4018 | 69 | 13.31.33 | 36 | 29 | 367 | 374 | 301 | 181 | 132 | 7 | 4.9 | 5630 | 89 | 51 | 42 | 63 | 49 | 35 |
| 40.970 | | 41.716 | 42.8545 | 12.4017 | 69 | 13.31.34 | 36 | 29 | 201 | 289 | 206 | 171 | 97 | 59 | 3.0 | 5280 | 58 | 31 | 47 | 41 | 29 | 21 |
| 40.980 | | 41.725 | 42.8546 | 12.4017 | 69 | 13.31.34 | 36 | 29 | 375 | 439 | 342 | 220 | 96 | 61 | 2.0 | 5321 | 97 | 55 | 47 | 69 | 51 | 36 |
| 40.990 | | 41.735 | 42.8547 | 12.4016 | 69 | 13.31.35 | 36 | 29 | 442 | 422 | 363 | 263 | 156 | 108 | 3.5 | 5277 | 102 | 57 | 79 | 73 | 47 | 33 |
| 41.000 | | 41.745 | 42.8548 | 12.4016 | 69 | 13.31.35 | 36 | 30 | 434 | 455 | 365 | 241 | 216 | 82 | 3.6 | 5411 | 106 | 60 | 89 | 75 | 47 | 34 |
| 41.010 | | 41.755 | 42.8549 | 12.4015 | 69 | 13.31.36 | 36 | 30 | 300 | 324 | 237 | 168 | 133 | 0 | 1.7 | 5487 | 73 | 41 | 40 | 52 | 40 | 28 |
| 41.020 | | 41.765 | 42.8550 | 12.4015 | 69 | 13.31.36 | 36 | 30 | 168 | 184 | 97 | 153 | 141 | 38 | 1.3 | 5267 | 36 | 19 | 54 | 26 | 17 | 12 |
| 41.030 | Cune DX Inizio | 41.775 | 42.8550 | 12.4014 | 69 | 13.31.37 | 36 | 30 | 219 | 193 | 160 | 188 | 111 | 126 | 2.0 | 5214 | 45 | 24 | 71 | 32 | 20 | 14 |
| 41.040 | | 41.784 | 42.8551 | 12.4013 | 69 | 13.31.37 | 36 | 30 | 311 | 302 | 200 | 237 | 107 | 54 | 2.1 | 5185 | 66 | 36 | 48 | 47 | 33 | 24 |
| 41.050 | | 41.794 | 42.8552 | 12.4013 | 69 | 13.31.38 | 36 | 30 | 390 | 352 | 322 | 195 | 149 | 37 | 2.4 | 5341 | 90 | 51 | 56 | 64 | 46 | 32 |
| 41.060 | | 41.804 | 42.8553 | 12.4012 | 69 | 13.31.39 | 36 | 29 | 467 | 487 | 405 | 293 | 210 | 156 | 2.6 | 5093 | 113 | 63 | 110 | 80 | 47 | 34 |
| 41.070 | | 41.814 | 42.8554 | 12.4012 | 69 | 13.31.39 | 36 | 29 | 496 | 523 | 447 | 310 | 156 | 81 | 2.7 | 5117 | 122 | 68 | 71 | 87 | 57 | 41 |
| 41.080 | | 41.824 | 42.8554 | 12.4011 | 69 | 13.31.40 | 36 | 30 | 964 | 901 | 818 | 492 | 335 | 120 | 4.1 | 5445 | 226 | 128 | 137 | 161 | 90 | 64 |
| 41.090 | | 41.833 | 42.8555 | 12.4011 | 69 | 13.31.40 | 36 | 30 | 646 | 712 | 610 | 430 | 228 | 54 | 2.7 | 5387 | 163 | 90 | 85 | 116 | 73 | 52 |
| 41.100 | | 41.843 | 42.8556 | 12.4010 | 69 | 13.31.41 | 36 | 30 | 270 | 345 | 257 | 241 | 166 | 89 | 1.8 | 5360 | 71 | 38 | 76 | 50 | 32 | 23 |
| 41.110 | | 41.853 | 42.8557 | 12.4010 | 69 | 13.31.41 | 36 | 30 | 605 | 589 | 532 | 383 | 255 | 106 | 2.8 | | | | | | | |



SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI

Misura delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni valutate attraverso gli indicatori IS e regolarità IRI - tabella dati

| Gestore | | Strada | | Carreggiata | | Corsia | | Km inizio | | Km fine | | Data rilievo | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------------|---------|-------------|----------|----------|----------------------|-----------|----------|----------------------------|-----|--------------|-----|------|----------------------|--------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| Compto Perugia | | S.S.3bis | | Destra | | marcia | | 67+000 | | 132+680 | | 9/9/16 | | | | | | | | | | |
| DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA | | | | | | | | | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | | | |
| Prog. | Evento | Prog. corretta | Lat. | Long. | Velocità | Ora | T Pav _{sup} | T Aria | 100 | 200 | 300 | 600 | 900 | 1500 | IRI | Load | IS ₃₀₀ | IS ₂₀₀ | IS _{100d} | IS _{300_14°C} | IS _{200cf} | IS _{200cf_14°C} |
| km | | km | deg | deg | km/h | | °C | °C | micron/m | | | | | m/km | kg | micron | micron | micron | micron | micron | micron | |
| 105.560 | | 106.227 | 43.3311 | 12.3133 | 69 | 11.05.23 | 31 | 26 | 1101 | 932 | 693 | 308 | 161 | 0 | 5.5 | 5280 | 249 | 155 | 48 | 190 | 144 | 110 |
| 105.570 | Cambio pavimentazione | 106.237 | 43.3312 | 12.3132 | 69 | 11.05.23 | 30 | 26 | 1092 | 1008 | 771 | 279 | 115 | -107 | 3.6 | 5369 | 259 | 159 | 2 | 198 | 253 | 193 |
| 105.580 | | 106.247 | 43.3313 | 12.3132 | 69 | 11.05.24 | 30 | 26 | 1049 | 969 | 740 | 335 | 177 | 12 | 3.5 | 5475 | 246 | 148 | 57 | 188 | 133 | 101 |
| 105.590 | | 106.258 | 43.3314 | 12.3131 | 69 | 11.05.24 | 30 | 26 | 242 | 353 | 327 | 185 | 136 | -20 | 3.3 | 5385 | 76 | 42 | 35 | 58 | 42 | 32 |
| 105.600 | | 106.268 | 43.3314 | 12.3131 | 69 | 11.05.25 | 30 | 26 | 225 | 283 | 266 | 157 | 108 | -20 | 4.9 | 5406 | 64 | 35 | 26 | 49 | 37 | 28 |
| 105.610 | | 106.278 | 43.3315 | 12.3130 | 69 | 11.05.25 | 30 | 26 | 335 | 479 | 441 | 297 | 188 | 40 | 1.5 | 5406 | 103 | 56 | 68 | 78 | 47 | 36 |
| 105.620 | | 106.289 | 43.3316 | 12.3130 | 69 | 11.05.26 | 31 | 26 | 270 | 342 | 325 | 164 | 128 | 32 | 2.8 | 5262 | 78 | 43 | 48 | 59 | 40 | 31 |
| 105.630 | | 106.299 | 43.3317 | 12.3129 | 69 | 11.05.26 | 30 | 26 | 273 | 403 | 346 | 226 | 106 | -4 | 1.0 | 5426 | 84 | 46 | 31 | 64 | 47 | 36 |
| 105.640 | Cambio pavimentazione | 106.309 | 43.3318 | 12.3129 | 69 | 11.05.27 | 31 | 26 | 288 | 404 | 353 | 159 | 159 | 25 | 1.2 | 5473 | 88 | 50 | 55 | 67 | 45 | 34 |
| 105.650 | | 106.320 | 43.3319 | 12.3128 | 69 | 11.05.27 | 31 | 26 | 360 | 392 | 382 | 165 | 95 | -28 | 5.7 | 5336 | 96 | 54 | 20 | 73 | 61 | 46 |
| 105.660 | | 106.330 | 43.3319 | 12.3128 | 69 | 11.05.28 | 31 | 26 | 357 | 303 | 209 | 83 | 52 | -20 | 3.2 | 5541 | 82 | 53 | 10 | 62 | 67 | 51 |
| 105.670 | | 106.340 | 43.3320 | 12.3127 | 69 | 11.05.28 | 30 | 26 | 561 | 540 | 343 | 93 | 52 | 16 | 10.5 | 5147 | 136 | 88 | 20 | 104 | 98 | 75 |
| 105.680 | | 106.351 | 43.3321 | 12.3126 | 69 | 11.05.29 | 30 | 26 | 675 | 713 | 538 | 215 | 137 | 5 | 4.7 | 5305 | 170 | 101 | 43 | 130 | 97 | 74 |
| 105.690 | Cambio pavimentazione | 106.361 | 43.3322 | 12.3126 | 68 | 11.05.29 | 30 | 26 | 962 | 985 | 744 | 272 | 152 | 7 | 7.0 | 5404 | 240 | 144 | 48 | 183 | 134 | 102 |
| 105.700 | | 106.371 | 43.3323 | 12.3125 | 69 | 11.05.30 | 30 | 26 | 1058 | 1086 | 853 | 300 | 124 | 6 | 3.9 | 5464 | 265 | 159 | 39 | 202 | 155 | 118 |
| 105.710 | | 106.381 | 43.3324 | 12.3125 | 69 | 11.05.30 | 30 | 26 | 490 | 535 | 409 | 152 | 83 | -22 | 2.7 | 5426 | 126 | 75 | 18 | 96 | 85 | 65 |
| 105.720 | | 106.392 | 43.3324 | 12.3124 | 69 | 11.05.31 | 30 | 26 | 216 | 334 | 290 | 142 | 112 | -2 | 2.4 | 5375 | 70 | 39 | 33 | 54 | 40 | 30 |
| 105.730 | Cambio pavimentazione | 106.402 | 43.3325 | 12.3124 | 69 | 11.05.32 | 30 | 26 | 325 | 418 | 364 | 218 | 164 | 35 | 2.5 | 5364 | 92 | 51 | 60 | 70 | 45 | 34 |
| 105.740 | | 106.412 | 43.3326 | 12.3123 | 69 | 11.05.32 | 30 | 26 | 360 | 438 | 428 | 237 | 160 | 33 | 2.9 | 5276 | 101 | 56 | 58 | 77 | 50 | 38 |
| 105.750 | | 106.423 | 43.3327 | 12.3123 | 69 | 11.05.33 | 30 | 26 | 1210 | 1139 | 889 | 315 | 149 | 8 | 8.0 | 5463 | 290 | 177 | 47 | 221 | 165 | 126 |
| 105.760 | | 106.433 | 43.3328 | 12.3122 | 69 | 11.05.33 | 30 | 26 | 1214 | 1196 | 850 | 256 | 137 | -8 | 9.9 | 5478 | 298 | 185 | 39 | 227 | 181 | 138 |
| 105.770 | | 106.443 | 43.3328 | 12.3122 | 68 | 11.05.34 | 30 | 26 | 1080 | 1010 | 776 | 349 | 106 | -35 | 7.1 | 5302 | 255 | 153 | 21 | 194 | 169 | 129 |
| 105.780 | Salita_inizio | 106.454 | 43.3329 | 12.3121 | 69 | 11.05.34 | 30 | 26 | 1274 | 1172 | 881 | 294 | 130 | -45 | 6.4 | 5677 | 303 | 188 | 26 | 231 | 200 | 153 |
| 105.790 | | 106.464 | 43.3330 | 12.3121 | 69 | 11.05.35 | 30 | 26 | 1110 | 1091 | 777 | 311 | 123 | 17 | 7.5 | 5242 | 269 | 164 | 42 | 205 | 158 | 120 |
| 105.800 | | 106.474 | 43.3331 | 12.3120 | 69 | 11.05.35 | 30 | 26 | 731 | 713 | 529 | 250 | 147 | 13 | 3.1 | 5561 | 175 | 105 | 48 | 133 | 97 | 74 |
| 105.810 | | 106.485 | 43.3332 | 12.3120 | 69 | 11.05.36 | 30 | 26 | 672 | 679 | 460 | 247 | 178 | -6 | 6.4 | 5237 | 161 | 96 | 52 | 123 | 88 | 67 |
| 105.820 | | 106.495 | 43.3333 | 12.3119 | 68 | 11.05.36 | 30 | 26 | 1405 | 1282 | 971 | 394 | 122 | -60 | 7.2 | 5414 | 330 | 202 | 18 | 251 | 229 | 175 |
| 105.830 | Cambio pavimentazione | 106.505 | 43.3333 | 12.3119 | 69 | 11.05.37 | 30 | 26 | 1216 | 1147 | 850 | 314 | 86 | -31 | 4.5 | 5615 | 291 | 179 | 17 | 222 | 207 | 158 |
| 105.840 | | 106.515 | 43.3334 | 12.3118 | 69 | 11.05.37 | 30 | 26 | 994 | 881 | 612 | 179 | 75 | -19 | 5.4 | 5275 | 233 | 150 | 17 | 178 | 174 | 133 |
| 105.850 | | 106.526 | 43.3335 | 12.3117 | 69 | 11.05.38 | 30 | 26 | 845 | 795 | 701 | 273 | 114 | 20 | 4.7 | 5635 | 204 | 121 | 40 | 156 | 117 | 89 |



SEZIONE COORDINAMENTO E RILIEVO DATI
apparecchiatura TSD Sistema Greenwood Engineering

REV. RDP/AS_AR/GED/13 V01-11

RAPPORTO DI PROVA N.

1404/0138/16 P.3 S.10 V.2/2

SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI

Misura delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni valutate attraverso gli indicatori IS e regolarità IRI - tabella dati

| Gestore | | Strada | | Carreggiata | | | | Corsia | | | | | | Km inizio | | | | Km fine | | | | Data rilievo | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|----------------|---------|-------------|----------|----------|----------------------|--------|----------|------|------|-----|-----|-----------|------|------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Comp.to Perugia | | S.S.3bis | | Sinistra | | | | marcia | | | | | | 65+970 | | | | 2+180 | | | | 9/9/16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | | | |
| Prog. | Evento | Prog. corretta | Lat. | Long. | Velocità | Ora | T Pav _{sup} | T Aria | 100 | 200 | 300 | 600 | 900 | 1500 | IRI | Load | IS ₃₀₀ | IS ₂₀₀ | IS ₁₀₀ | IS _{100-14°C} | IS _{200cf} | IS _{200cf-14°C} | | | | | | | | | | | | | | | | |
| km | | km | deg | deg | km/h | | °C | °C | micron/m | | | | | | m/km | kg | micron | micron | micron | micron | micron | micron | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.070 | | 21.267 | 42.7243 | 12.5163 | 68 | 13.09.17 | 37 | 30 | 761 | 674 | 573 | 338 | 265 | 76 | 13.4 | 4938 | 172 | 99 | 102 | 121 | 76 | 54 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.060 | | 21.257 | 42.7243 | 12.5164 | 67 | 13.09.17 | 37 | 30 | 1482 | 1363 | 1136 | 764 | 409 | 76 | 13.8 | 5467 | 337 | 191 | 145 | 238 | 132 | 93 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.050 | | 21.248 | 42.7244 | 12.5165 | 67 | 13.09.18 | 37 | 30 | 1207 | 1182 | 890 | 532 | 315 | 107 | 4.5 | 5302 | 284 | 165 | 127 | 201 | 119 | 84 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.040 | | 21.238 | 42.7244 | 12.5166 | 68 | 13.09.19 | 37 | 30 | 678 | 598 | 498 | 329 | 275 | 113 | 6.6 | 5075 | 151 | 86 | 116 | 107 | 64 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.030 | | 21.228 | 42.7245 | 12.5167 | 68 | 13.09.19 | 37 | 30 | 774 | 714 | 539 | 338 | 242 | 118 | 2.7 | 5369 | 176 | 103 | 108 | 124 | 77 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.020 | | 21.218 | 42.7245 | 12.5169 | 68 | 13.09.20 | 37 | 30 | 569 | 553 | 439 | 246 | 207 | 48 | 2.5 | 5356 | 135 | 78 | 76 | 95 | 65 | 46 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.010 | | 21.208 | 42.7246 | 12.5170 | 68 | 13.09.20 | 37 | 30 | 681 | 598 | 489 | 247 | 203 | 90 | 4.2 | 5383 | 155 | 92 | 88 | 109 | 73 | 52 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.000 | | 21.198 | 42.7246 | 12.5171 | 68 | 13.09.21 | 37 | 30 | 700 | 653 | 544 | 290 | 252 | 81 | 2.2 | 5305 | 164 | 95 | 100 | 116 | 73 | 52 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.990 | | 21.188 | 42.7246 | 12.5172 | 68 | 13.09.21 | 37 | 30 | 555 | 493 | 417 | 215 | 202 | 42 | 1.8 | 5462 | 127 | 75 | 73 | 90 | 62 | 44 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.980 | | 21.178 | 42.7247 | 12.5173 | 68 | 13.09.22 | 37 | 30 | 404 | 385 | 312 | 172 | 194 | 112 | 1.9 | 5527 | 95 | 55 | 92 | 67 | 44 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.970 | | 21.168 | 42.7247 | 12.5174 | 67 | 13.09.22 | 37 | 30 | 310 | 309 | 298 | 154 | 175 | 117 | 1.3 | 5534 | 77 | 44 | 88 | 54 | 35 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.960 | | 21.158 | 42.7248 | 12.5175 | 67 | 13.09.23 | 37 | 30 | 217 | 210 | 222 | 143 | 145 | 101 | 1.8 | 5401 | 53 | 29 | 74 | 37 | 24 | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.950 | | 21.149 | 42.7248 | 12.5176 | 67 | 13.09.23 | 37 | 30 | 327 | 271 | 249 | 159 | 143 | 79 | 1.6 | 5435 | 72 | 41 | 67 | 50 | 35 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.940 | | 21.139 | 42.7248 | 12.5177 | 67 | 13.09.24 | 37 | 30 | 392 | 373 | 251 | 194 | 148 | 77 | 2.1 | 5387 | 88 | 51 | 68 | 62 | 43 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.930 | | 21.129 | 42.7249 | 12.5179 | 67 | 13.09.24 | 38 | 30 | 263 | 291 | 267 | 143 | 169 | 106 | 1.3 | 5251 | 69 | 39 | 82 | 49 | 31 | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.920 | | 21.119 | 42.7249 | 12.5180 | 67 | 13.09.25 | 38 | 30 | 228 | 246 | 199 | 169 | 161 | 38 | 1.7 | 5243 | 55 | 30 | 60 | 39 | 27 | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.910 | | 21.109 | 42.7249 | 12.5181 | 67 | 13.09.25 | 37 | 30 | 415 | 440 | 364 | 213 | 207 | 89 | 4.0 | 5096 | 103 | 59 | 89 | 73 | 47 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.900 | | 21.099 | 42.7250 | 12.5182 | 67 | 13.09.26 | 35 | 30 | 628 | 589 | 506 | 286 | 185 | 96 | 7.0 | 5221 | 147 | 84 | 84 | 104 | 68 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.890 | | 21.089 | 42.7250 | 12.5183 | 67 | 13.09.27 | 35 | 30 | 483 | 529 | 470 | 242 | 168 | 55 | 5.9 | 5374 | 125 | 71 | 67 | 88 | 61 | 43 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.880 | | 21.079 | 42.7250 | 12.5184 | 67 | 13.09.27 | 37 | 30 | 578 | 566 | 493 | 307 | 247 | 83 | 2.4 | 5188 | 138 | 78 | 99 | 97 | 60 | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.870 | | 21.069 | 42.7251 | 12.5186 | 67 | 13.09.28 | 37 | 30 | 677 | 645 | 552 | 329 | 243 | 119 | 4.1 | 5336 | 159 | 91 | 109 | 112 | 68 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.860 | | 21.059 | 42.7251 | 12.5187 | 67 | 13.09.28 | 37 | 30 | 539 | 483 | 451 | 298 | 244 | 131 | 3.5 | 5291 | 123 | 69 | 113 | 87 | 51 | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.850 | | 21.050 | 42.7251 | 12.5188 | 67 | 13.09.29 | 37 | 30 | 615 | 576 | 504 | 273 | 238 | 117 | 1.9 | 5270 | 145 | 83 | 107 | 102 | 63 | 44 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.840 | | 21.040 | 42.7252 | 12.5189 | 67 | 13.09.29 | 37 | 30 | 495 | 487 | 424 | 237 | 207 | 43 | 1.7 | 5074 | 119 | 68 | 75 | 84 | 57 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.830 | | 21.030 | 42.7252 | 12.5190 | 67 | 13.09.30 | 37 | 30 | 489 | 495 | 431 | 289 | 221 | 137 | 4.3 | 5404 | 118 | 66 | 108 | 83 | 50 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.820 | | 21.020 | 42.7252 | 12.5191 | 67 | 13.09.30 | 38 | 30 | 479 | 433 | 386 | 245 | 202 | 63 | 3.3 | 5275 | 109 | 62 | 79 | 77 | 51 | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.810 | | 21.010 | 42.7253 | 12.5193 | 67 | 13.09.31 | 37 | 30 | 504 | 512 | 471 | 300 | 191 | 64 | 6.8 | 5164 | 124 | 69 | 77 | 87 | 57 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.800 | KM21 | 21.000 | 42.7253 | 12.5194 | 67 | 13.09.31 | 37 | 30 | 1044 | 957 | 828 | 437 | 244 | 63 | 10.9 | 5201 | 243 | 141 | 92 | 171 | 111 | 78 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.790 | | 20.990 | 42.7253 | 12.5195 | 67 | 13.09.32 | 37 | 30 | 593 | 589 | 528 | 305 | 216 | 55 | 1.7 | 5210 | 144 | 81 | 81 | 102 | 66 | 47 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.780 | | 20.980 | 42.7253 | 12.5196 | 67 | 13.09.32 | 37 | 30 | 620 | 592 | 469 | 375 | 254 | 128 | 5.5 | 5200 | 140 | 78 | 115 | 99 | 58 | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.770 | | 20.970 | 42.7254 | 12.5197 | 67 | 13.09.33 | 38 | 30 | 957 | 859 | 641 | 358 | 248 | 56 | 8.6 | 5277 | 218 | 130 | 91 | 154 | 102 | 72 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.760 | | 20.960 | 42.7254 | 12.5199 | 67 | 13.09.34 | 38 | 30 | 614 | 597 | 492 | 326 | 227 | 83 | 4.6 | 5182 | 144 | 81 | 93 | 102 | 64 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.750 | | 20.949 | 42.7254 | 12.5200 | 67 | 13.09.34 | 38 | 30 | 719 | 683 | 548 | 330 | 227 | 75 | 3.2 | 5199 | 167 | 96 | 91 | 118 | 76 | 54 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.740 | | 20.939 | 42.7254 | 12.5201 | 67 | 13.09.35 | 37 | 30 | 611 | 585 | 490 | 361 | 212 | 17 | 7.1 | 5220 | 141 | 78 | 69 | 99 | 67 | 47 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.730 | | 20.929 | 42.7255 | 12.5202 | 67 | 13.09.35 | 37 | 30 | 476 | 496 | 457 | 301 | 267 | 107 | 3.3 | 5360 | 118 | 66 | 112 | 84 | 49 | 34 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.720 | | 20.919 | 42.7255 | 12.5203 | 67 | 13.09.36 | 37 | 30 | 251 | 266 | 257 | 180 | 192 | 45 | 0.9 | 5404 | 63 | 35 | 71 | 45 | 29 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.710 | | 20.909 | 42.7255 | 12.5205 | 67 | 13.09.36 | 37 | 30 | 195 | 227 | 198 | 144 | 127 | 47 | 3.0 | 5283 | 51 | 28 | 52 | 36 | 25 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.700 | | 20.899 | 42.7255 | 12.5206 | 66 | 13.09.37 | 37 | 30 | 370 | 293 | 243 | 106 | 127 | 80 | 4.2 | 5162 | 82 | 50 | 62 | 58 | 44 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.690 | | 20.889 | 42.7255 | 12.5207 | 66 | 13.09.37 | 37 | 30 | 391 | 405 | 301 | 185 | 149 | 62 | 4.2 | 5139 | 95 | 54 | 63 | 67 | 47 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.680 | | 20.879 | 42.7256 | 12.5208 | 66 | 13.09.38 | 37 | 30 | 496 | 519 | 447 | 268 | 233 | 97 | 1.8 | 5225 | 123 | 69 | 99 | 87 | 54 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.670 | | 20.869 | 42.7256 | 12.5209 | 66 | 13.09.38 | 37 | 30 | 326 | 393 | 375 | 265 | 240 | 107 | 1.2 | 5284 | 89 | 48 | 104 | 63 | 37 | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.660 | | 20.859 | 42.7256 | 12.5211 | 67 | 13.09.39 | 37 | 30 | 553 | 552 | 497 | 362 | 268 | 99 | 4.4 | 5172 | 132 | 73 | 110 | 93 | 55 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.650 | | 20.848 | 42.7256 | 12.5212 | 67 | 13.09.39 | 37 | 30 | 798 | 759 | 612 | 369 | 263 | 85 | 2.4 | 5019 | 186 | 107 | 104 | 131 | 81 | 57 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.640 | | 20.838 | 42.7256 | 12.5213 | 67 | 13.09.40 | 37 | 30 | 618 | 546 | 488 | 303 | 244 | 133 | 3.4 | 5163 | 140 | 80 | 113 | 99 | 59 | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21.630 | | 20.828 | 42.7257 | 12.5214 | 67 | 13.09.41 | 37 | 30 | 729 | 750 | 580 | 337 | 213 | 99 | 3.8 | 5003 | 177 | 102 | 94 | 125 | 80 | 56 | | | | | | | | | | | | | | | | |



SEZIONE COORDINAMENTO E RILIEVO DATI
apparecchiatura TSD Sistema Greenwood Engineering

REV. RDP/AS_AR/GED/13 V01-11

SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI

RAPPORTO DI PROVA N. **1404/0138/16 P.3 S.10 V.2/2**

Misura delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni valutate attraverso gli indicatori IS e regolarità IRI - tabella dati

| Gestore | | Strada | | | | Carreggiata | | | | Corsia | | | | Km inizio | | | Km fine | | | Data rilievo | | | |
|---|--------------------------|----------------------|-------------|--------------|------------------|-------------|----------------------------|--------------|----------|----------------------------|-----|-----|-----|-----------|--------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| Comp.to Perugia | | S.S.3bis | | | | Sinistra | | | | marcia | | | | 65+970 | | | 2+180 | | | 9/9/16 | | | |
| DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA | | | | | | | | | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | | | |
| Prog. km | Evento | Prog. corretta km | Lat. deg | Long. deg | Velocità km/h | Ora | T Pav _{sup} °C | T Aria °C | 100 | 200 | 300 | 600 | 900 | 1500 | IRI | Load | IS ₃₀₀ | IS ₂₀₀ | IS ₁₀₀ | IS ₀ | IS _{300-14°C} | IS _{200cf} | IS _{200cf-14°C} |
| | | | | | | | | | micron/m | | | | | | micron | | | | | | | | |
| 44.320 | | 43.915 | 42.8743 | 12.3964 | 69 | 12.49.54 | 37 | 30 | 594 | 555 | 482 | 266 | 216 | 120 | 5.0 | 5589 | 139 | 80 | 101 | 99 | 61 | 44 | |
| 44.310 | | 43.904 | 42.8742 | 12.3965 | 69 | 12.49.54 | 37 | 30 | 333 | 206 | 139 | 91 | 118 | 62 | 1.1 | 5431 | 69 | 50 | 54 | 49 | 45 | 32 | |
| 44.300 | | 43.894 | 42.8741 | 12.3965 | 69 | 12.49.55 | 37 | 30 | 413 | 363 | 310 | 181 | 130 | 56 | 4.5 | 5438 | 93 | 54 | 56 | 66 | 48 | 34 | |
| 44.290 | Annullamenti Inizio | 43.883 | 42.8740 | 12.3965 | 69 | 12.49.55 | 37 | 30 | 101 | 208 | 147 | 133 | 88 | 79 | 3.3 | 5013 | 37 | 20 | 50 | 26 | 18 | 13 | |
| 44.280 | | 43.872 | 42.8739 | 12.3965 | 69 | 12.49.56 | 37 | 30 | 697 | 709 | 576 | 287 | 124 | 48 | 8.9 | 5117 | 171 | 100 | 52 | 121 | 91 | 64 | |
| 44.270 | | 43.862 | 42.8738 | 12.3965 | 69 | 12.49.56 | 37 | 30 | 839 | 855 | 684 | 290 | 146 | -19 | 10.6 | 5247 | 208 | 123 | 38 | 147 | 120 | 85 | |
| 44.260 | | 43.851 | 42.8737 | 12.3966 | 69 | 12.49.57 | 38 | 30 | 1081 | 1033 | 779 | 348 | 165 | 7 | 16.7 | 5422 | 257 | 155 | 52 | 182 | 141 | 100 | |
| 44.250 | | 43.840 | 42.8736 | 12.3966 | 69 | 12.49.57 | 37 | 30 | 861 | 789 | 607 | 319 | 190 | 23 | 3.9 | 5266 | 199 | 118 | 64 | 141 | 102 | 73 | |
| 44.240 | | 43.830 | 42.8735 | 12.3966 | 69 | 12.49.58 | 37 | 30 | 296 | 326 | 269 | 173 | 179 | 51 | 1.5 | 5129 | 75 | 42 | 69 | 53 | 36 | 25 | |
| 44.230 | | 43.819 | 42.8734 | 12.3966 | 69 | 12.49.58 | 37 | 30 | 163 | 161 | 165 | 100 | 110 | 20 | 1.3 | 5161 | 40 | 22 | 39 | 29 | 22 | 15 | |
| 44.220 | | 43.809 | 42.8734 | 12.3966 | 69 | 12.49.59 | 37 | 30 | 115 | 158 | 174 | 104 | 161 | 83 | 1.6 | 5241 | 36 | 20 | 73 | 26 | 16 | 12 | |
| 44.210 | | 43.798 | 42.8733 | 12.3966 | 69 | 12.49.59 | 37 | 30 | 118 | 206 | 122 | 116 | 97 | 36 | 1.6 | 5115 | 37 | 20 | 40 | 26 | 20 | 14 | |
| 44.200 | | 43.787 | 42.8732 | 12.3967 | 69 | 12.50.00 | 37 | 30 | 161 | 171 | 223 | 108 | 160 | 92 | 2.1 | 5247 | 45 | 25 | 75 | 32 | 21 | 15 | |
| 44.190 | | 43.777 | 42.8731 | 12.3967 | 69 | 12.50.00 | 37 | 30 | 369 | 397 | 346 | 249 | 171 | 71 | 4.2 | 5121 | 92 | 51 | 73 | 65 | 42 | 30 | |
| 44.180 | | 43.766 | 42.8730 | 12.3967 | 69 | 12.50.01 | 37 | 30 | 450 | 447 | 406 | 266 | 274 | 142 | 3.9 | 5419 | 108 | 60 | 125 | 77 | 44 | 31 | |
| 44.170 | | 43.755 | 42.8729 | 12.3967 | 69 | 12.50.01 | 37 | 30 | 224 | 264 | 258 | 176 | 203 | 103 | 2.0 | 5076 | 61 | 33 | 92 | 43 | 26 | 18 | |
| 44.160 | | 43.745 | 42.8728 | 12.3967 | 69 | 12.50.02 | 37 | 30 | 145 | 171 | 178 | 100 | 136 | 42 | 2.4 | 5349 | 41 | 22 | 53 | 29 | 20 | 14 | |
| 44.150 | | 43.734 | 42.8727 | 12.3967 | 69 | 12.50.02 | 37 | 30 | 410 | 431 | 366 | 351 | 243 | 138 | 7.9 | 5137 | 97 | 52 | 114 | 69 | 39 | 27 | |
| 44.140 | | 43.723 | 42.8726 | 12.3968 | 69 | 12.50.03 | 37 | 30 | 408 | 471 | 426 | 327 | 218 | 120 | 1.8 | 5351 | 106 | 58 | 101 | 75 | 44 | 31 | |
| 44.130 | Annullamenti Fine | 43.713 | 42.8725 | 12.3968 | 69 | 12.50.03 | 37 | 30 | 224 | 320 | 273 | 244 | 238 | 127 | 1.2 | 5308 | 66 | 35 | 110 | 47 | 26 | 19 | |
| 44.120 | Cambio pavimentazione | 43.702 | 42.8724 | 12.3968 | 69 | 12.50.04 | 37 | 30 | 395 | 497 | 371 | 269 | 244 | 62 | 2.3 | 5261 | 106 | 59 | 92 | 75 | 46 | 33 | |
| 44.110 | | 43.691 | 42.8724 | 12.3968 | 69 | 12.50.05 | 37 | 30 | 294 | 428 | 352 | 269 | 248 | 131 | 4.7 | 5069 | 88 | 48 | 114 | 62 | 35 | 25 | |
| 44.100 | | 43.681 | 42.8723 | 12.3968 | 69 | 12.50.05 | 36 | 30 | 643 | 683 | 520 | 257 | 209 | 54 | 4.0 | 5499 | 161 | 94 | 79 | 114 | 77 | 55 | |
| 44.090 | | 43.670 | 42.8722 | 12.3969 | 69 | 12.50.06 | 36 | 30 | 492 | 569 | 453 | 249 | 207 | 130 | 2.4 | 5280 | 129 | 73 | 101 | 91 | 56 | 40 | |
| 44.080 | | 43.660 | 42.8721 | 12.3969 | 69 | 12.50.06 | 36 | 30 | 471 | 517 | 425 | 304 | 144 | 69 | 1.4 | 5289 | 118 | 65 | 64 | 83 | 57 | 40 | |
| 44.070 | | 43.649 | 42.8720 | 12.3969 | 69 | 12.50.07 | 36 | 30 | 519 | 564 | 513 | 203 | 231 | 63 | 1.8 | 5340 | 137 | 79 | 88 | 97 | 63 | 45 | |
| 44.060 | | 43.638 | 42.8719 | 12.3969 | 69 | 12.50.07 | 36 | 30 | 493 | 597 | 508 | 279 | 224 | 93 | 1.9 | 5164 | 135 | 76 | 95 | 95 | 59 | 42 | |
| 44.050 | | 43.628 | 42.8718 | 12.3969 | 69 | 12.50.08 | 36 | 30 | 542 | 592 | 494 | 289 | 243 | 125 | 1.3 | 5473 | 138 | 78 | 110 | 98 | 58 | 41 | |
| 44.040 | | 43.617 | 42.8717 | 12.3970 | 69 | 12.50.08 | 36 | 30 | 498 | 487 | 421 | 283 | 223 | 127 | 1.0 | 5461 | 118 | 66 | 105 | 84 | 50 | 36 | |
| 44.030 | | 43.606 | 42.8716 | 12.3970 | 69 | 12.50.09 | 36 | 30 | 404 | 392 | 296 | 183 | 151 | 102 | 1.6 | 5398 | 94 | 55 | 76 | 67 | 45 | 32 | |
| 44.020 | | 43.596 | 42.8715 | 12.3970 | 69 | 12.50.09 | 36 | 30 | 277 | 268 | 211 | 23 | 0 | -10 | 2.2 | 5360 | 69 | 44 | - | 49 | - | - | |
| 44.010 | | 43.585 | 42.8715 | 12.3970 | 69 | 12.50.10 | 36 | 30 | 406 | 399 | 326 | 136 | 141 | 76 | 1.9 | 5245 | 99 | 59 | 65 | 70 | 51 | 36 | |
| 44.000 | | 43.574 | 42.8714 | 12.3970 | 69 | 12.50.10 | 36 | 30 | 503 | 646 | 552 | 242 | 211 | 118 | 2.3 | 5209 | 145 | 82 | 99 | 103 | 64 | 45 | |
| 43.990 | | 43.564 | 42.8713 | 12.3971 | 69 | 12.50.11 | 36 | 30 | 762 | 746 | 655 | 387 | 232 | 77 | 3.6 | 5386 | 183 | 104 | 93 | 130 | 81 | 58 | |
| 43.980 | | 43.553 | 42.8712 | 12.3971 | 69 | 12.50.11 | 36 | 30 | 896 | 852 | 724 | 372 | 277 | 55 | 1.5 | 5269 | 213 | 123 | 100 | 151 | 95 | 68 | |
| 43.970 | | 43.543 | 42.8711 | 12.3971 | 69 | 12.50.12 | 36 | 30 | 793 | 761 | 665 | 323 | 199 | 75 | 4.7 | 5433 | 191 | 111 | 82 | 135 | 90 | 64 | |
| 43.960 | | 43.532 | 42.8710 | 12.3971 | 69 | 12.50.12 | 36 | 30 | 580 | 685 | 545 | 293 | 212 | 87 | 2.8 | 5188 | 154 | 88 | 90 | 109 | 70 | 50 | |
| 43.950 | | 43.521 | 42.8709 | 12.3971 | 69 | 12.50.13 | 36 | 30 | 485 | 519 | 432 | 189 | 215 | 104 | 2.5 | 5297 | 124 | 72 | 96 | 88 | 56 | 40 | |
| 43.940 | | 43.511 | 42.8708 | 12.3972 | 69 | 12.50.13 | 37 | 30 | 599 | 580 | 493 | 265 | 215 | 95 | 1.5 | 5159 | 143 | 82 | 93 | 102 | 65 | 46 | |
| 43.930 | | 43.500 | 42.8707 | 12.3972 | 69 | 12.50.14 | 36 | 30 | 582 | 596 | 521 | 260 | 195 | 93 | 1.4 | 5295 | 145 | 83 | 86 | 103 | 67 | 47 | |
| 43.920 | | 43.489 | 42.8706 | 12.3972 | 70 | 12.50.14 | 36 | 30 | 1152 | 1056 | 846 | 331 | 209 | 43 | 7.5 | 5228 | 272 | 165 | 75 | 193 | 137 | 97 | |
| 43.910 | | 43.479 | 42.8705 | 12.3972 | 70 | 12.50.15 | 36 | 30 | 1159 | 1011 | 750 | 323 | 187 | 71 | 3.3 | 5410 | 266 | 165 | 77 | 188 | 136 | 96 | |
| 43.900 | | 43.468 | 42.8705 | 12.3972 | 70 | 12.50.15 | 36 | 30 | 858 | 693 | 584 | 282 | 183 | 63 | 2.4 | 5510 | 190 | 114 | 74 | 134 | 95 | 68 | |
| 43.890 | | 43.457 | 42.8704 | 12.3972 | 70 | 12.50.16 | 37 | 30 | 732 | 630 | 558 | 350 | 253 | 84 | 2.5 | 5339 | 163 | 93 | 101 | 116 | 71 | 51 | |
| 43.880 | | 43.447 | 42.8703 | 12.3973 | 70 | 12.50.16 | 37 | 30 | 519 | 601 | 508 | 260 | 228 | 76 | 2.2 | 5289 | 138 | 79 | 91 | 98 | 62 | 44 | |
| 43.870 | | 43.436 | 42.8702 | 12.3973 | 70 | 12.50.17 | 36 | 30 | 636 | 625 | 487 | 216 | 146 | -15 | 4.8 | 5195 | 154 | 91 | 39 | 109 | 89 | 63 | |
| 43.860 | | 43.426 | 42.8701 | 12.3973 | 70 | 12.50.18 | 36 | 30 | 992 | 917 | 743 | 356 | 221 | 45 | 2.9 | 5497 | 233 | 138 | 80 | 165 | 113 | 80 | |
| 43.850 | | 43.415 | 42.8700 | 12.3973 | 70 | 12.50.18 | 36 | 30 | 1006 | 888 | 730 | 369 | 170 | 39 | 1.4 | 5466 | 230 | 136 | 63 | 163 | 118 | 84 | |
| 43.840 | | 43.404 | 42.8699 | 12.3973 | 70 | 12.50.19 | 36 | 30 | 845 | 848 | 668 | 355 | 211 | 41 | 2.4 | 5361 | 204 | 119 | 76 | 145 | 99 | 70 | |
| 43.830 | | 43.394 | 42.8698 | 12.3974 | 70 | 12.50.19 | 36 | 30 | 1018 | 950 | 790 | 386 | 234 | 112 | 2.8 | 5256 | 240 | 141 | 104 | 170 | 107 | 76 | |
| 43.820 | | 43.383 | 42.8697 | 12.3974 | 70 | 12.50.20 | 36 | 30 | 950 | 935 | 739 | 335 | 227 | 52 | 2.4 | 5309 | 230 | 136 | 84 | 163 | 110 | 78 | |
| 43.810 | | 43.372 | 42.8696 | 12.3974 | 70 | 12.50.20 | 36 | 30 | 714 | 730 | 581 | 314 | 227 | 97 | 1.8 | 5216 | 174 | 101 | 97 | 124 | 78 | 55 | |
| 43.800 | | 43.362 | 42.8696 | 12.3974 | 70 | 12.50.21 | 36 | 30 | 540 | 595 | 552 | 357 | 293 | 141 | 1.0 | 5236 | 139 | 77 | 130 | 99 | 55 | 39 | |
| 43.790 | | 43.351 | 42.8695 | 12.3974 | 70 | 12.50.21 | 36 | 30 | 556 | 556 | 524 | 195 | 198 | 92 | 1.1 | 5301 | 141 | 82 | 87 | 100 | 66 | 46 | |
| 43.780 | | 43.340 | 42.8694 | 12.3974 | 70 | 12.50.22 | 36 | 30 | 559 | 578 | 473 | 258 | 188 | 77 | 1.4 | 5189 | 138 | 79 | 80 | 98 | 65 | 46 | |
| 43.770 | | 43.330 | 42.8693 | 12.3975 | 70 | 12.50.22 | 36 | 30 | 555 | 515 | 407 | 252 | 183 | 43 | 1.6 | 5360 | 127 | 74 | 68 | 90 | 63 | 45 | |
| 43.760 | | 43.319 | 42.8692 | 12.3975 | 70 | 12.50.23 | 36 | 30 | 468 | 520 | 421 | 291 | 183 | 76 | 2.0 | 5416 | 118 | 66 | 78 | 84 | 54 | 38 | |
| 43.750 | | 43.309 | 42.8691 | 12.3975 | 70 | 12.50.23 | 35 | 30 | 446 | 438 | 384 | 220 | 157 | 125 | 1.8 | 5348 | 107 | | | | | | |



SEZIONE COORDINAMENTO E RILIEVO DATI
apparecchiatura TSD Sistema Greenwood Engineering

REV. RDP/AS_AR/GED/13 V01-11

RAPPORTO DI PROVA N. 1404/0138/16 P.3 S.10 V.2/2

SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI
Misura delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni valutate attraverso gli indicatori IS e regolarità IRI - tabella dati

| Gestore | | Strada | | Carreggiata | | Corsia | | Km inizio | | Km fine | | Data rilievo | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------|---------|-------------|----------|----------|----------------------|----------------------------|----------|---------|------|--------------|-----|----------------------|------|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| Compto Perugia | | S.S.3bis | | Sinistra | | marcia | | 65+970 | | 2+180 | | 9/9/16 | | | | | | | | | | |
| DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA | | | | | | | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | | | | |
| Prog. | Evento | Prog. corretta | Lat. | Long. | Velocità | Ora | T Pav _{sup} | T Aria | 100 | 200 | 300 | 600 | 900 | 1500 | IRI | Load | IS ₃₀₀ | IS ₂₀₀ | IS ₁₀₀ | IS _{300, 14°C} | IS _{200ct} | IS _{100ct, 14°C} |
| km | | km | deg | deg | km/h | | °C | °C | micron/m | | | | | | m/km | kg | micron | micron | micron | micron | micron | micron |
| 62.240 | Annalavoranti_Inizio | 62.177 | 43.0265 | 12.4132 | 69 | 12.34.21 | 34 | 29 | 188 | 228 | 211 | 144 | 208 | 79 | 2.8 | 5303 | 51 | 28 | 56 | 37 | 22 | 16 |
| 62.230 | | 62.167 | 43.0264 | 12.4132 | 69 | 12.34.22 | 34 | 29 | 198 | 162 | 171 | 152 | 155 | 102 | 2.0 | 5367 | 42 | 23 | 77 | 30 | 19 | 13 |
| 62.220 | | 62.156 | 43.0263 | 12.4132 | 69 | 12.34.22 | 34 | 29 | 58 | 86 | 61 | 97 | 116 | 16 | 2.0 | 5235 | 16 | 8 | 40 | 11 | 8 | 5 |
| 62.210 | | 62.146 | 43.0262 | 12.4132 | 69 | 12.34.23 | 34 | 29 | 32 | 89 | 42 | 24 | 66 | 16 | 0.7 | 5199 | 14 | 8 | 25 | 10 | 9 | 6 |
| 62.200 | | 62.135 | 43.0261 | 12.4132 | 69 | 12.34.23 | 34 | 29 | 87 | 76 | 14 | 75 | 127 | 65 | 0.6 | 5193 | 14 | 7 | 57 | 10 | 6 | 5 |
| 62.190 | | 62.125 | 43.0260 | 12.4133 | 69 | 12.34.24 | 34 | 29 | 121 | 133 | 153 | 107 | 104 | 84 | 3.8 | 5276 | 33 | 17 | 57 | 23 | 16 | 11 |
| 62.180 | | 62.115 | 43.0259 | 12.4133 | 69 | 12.34.24 | 35 | 29 | 640 | 640 | 542 | 302 | 228 | 75 | 12.5 | 5249 | 155 | 89 | 91 | 111 | 70 | 50 |
| 62.170 | | 62.104 | 43.0258 | 12.4133 | 69 | 12.34.25 | 35 | 29 | 1104 | 1019 | 835 | 415 | 262 | 40 | 6.2 | 5432 | 258 | 152 | 91 | 184 | 120 | 85 |
| 62.160 | Annalavoranti_Fine | 62.094 | 43.0257 | 12.4133 | 69 | 12.34.25 | 35 | 29 | 944 | 830 | 680 | 338 | 185 | 51 | 8.4 | 5651 | 216 | 128 | 71 | 153 | 108 | 77 |
| 62.150 | | 62.083 | 43.0256 | 12.4133 | 69 | 12.34.26 | 35 | 29 | 1086 | 1012 | 753 | 353 | 178 | 65 | 6.9 | 5626 | 255 | 154 | 73 | 181 | 129 | 92 |
| 62.140 | | 62.073 | 43.0255 | 12.4134 | 69 | 12.34.27 | 34 | 29 | 203 | 236 | 194 | 137 | 182 | 116 | 2.0 | 5461 | 53 | 29 | 89 | 37 | 23 | 16 |
| 62.130 | | 62.063 | 43.0255 | 12.4134 | 69 | 12.34.27 | 34 | 29 | 154 | 137 | 129 | 91 | 165 | 61 | 1.6 | 5453 | 35 | 19 | 68 | 25 | 16 | 12 |
| 62.120 | | 62.052 | 43.0254 | 12.4134 | 69 | 12.34.28 | 34 | 29 | 108 | 145 | 114 | 106 | 126 | 72 | 1.2 | 5487 | 30 | 16 | 59 | 21 | 14 | 10 |
| 62.110 | | 62.042 | 43.0253 | 12.4134 | 69 | 12.34.28 | 35 | 29 | 110 | 184 | 158 | 152 | 170 | 75 | 0.8 | 5264 | 36 | 19 | 73 | 26 | 16 | 11 |
| 62.100 | | 62.031 | 43.0252 | 12.4134 | 69 | 12.34.29 | 34 | 29 | 159 | 155 | 134 | 88 | 132 | 49 | 1.6 | 5417 | 38 | 21 | 54 | 27 | 19 | 14 |
| 62.090 | | 62.021 | 43.0251 | 12.4135 | 69 | 12.34.29 | 34 | 29 | 133 | 101 | 56 | 41 | 86 | 78 | 1.8 | 5218 | 29 | 20 | 49 | 21 | 19 | 13 |
| 62.080 | | 62.010 | 43.0250 | 12.4135 | 69 | 12.34.30 | 34 | 29 | 335 | 348 | 272 | 193 | 176 | 114 | 8.7 | 5204 | 81 | 45 | 87 | 57 | 36 | 26 |
| 62.070 | KM62 | 62.000 | 43.0249 | 12.4135 | 69 | 12.34.30 | 34 | 29 | 999 | 974 | 799 | 388 | 190 | 53 | 5.5 | 5842 | 241 | 141 | 73 | 171 | 118 | 84 |
| 62.060 | | 61.990 | 43.0248 | 12.4135 | 69 | 12.34.31 | 34 | 29 | 763 | 768 | 624 | 360 | 244 | 76 | 2.3 | 5597 | 184 | 106 | 96 | 131 | 82 | 59 |
| 62.050 | | 61.980 | 43.0247 | 12.4136 | 69 | 12.34.31 | 35 | 29 | 745 | 783 | 626 | 401 | 208 | 79 | 10.0 | 5086 | 182 | 103 | 86 | 130 | 83 | 59 |
| 62.040 | | 61.970 | 43.0246 | 12.4136 | 69 | 12.34.32 | 35 | 29 | 1120 | 1171 | 1021 | 537 | 292 | 21 | 6.2 | 5519 | 281 | 160 | 94 | 200 | 126 | 89 |
| 62.030 | | 61.960 | 43.0246 | 12.4136 | 69 | 12.34.32 | 35 | 29 | 1277 | 1248 | 1066 | 594 | 359 | 99 | 8.6 | 5610 | 306 | 175 | 137 | 218 | 123 | 88 |
| 62.020 | | 61.950 | 43.0245 | 12.4136 | 69 | 12.34.33 | 35 | 29 | 1242 | 1189 | 1020 | 614 | 422 | 99 | 7.9 | 5730 | 293 | 167 | 156 | 209 | 112 | 80 |
| 62.010 | | 61.941 | 43.0244 | 12.4136 | 69 | 12.34.33 | 35 | 29 | 1148 | 1112 | 938 | 575 | 392 | 134 | 4.9 | 5477 | 271 | 154 | 158 | 193 | 104 | 74 |
| 62.000 | | 61.931 | 43.0243 | 12.4137 | 69 | 12.34.34 | 35 | 29 | 1206 | 1216 | 1027 | 599 | 293 | 43 | 10.0 | 5579 | 293 | 167 | 101 | 209 | 128 | 91 |
| 61.990 | | 61.921 | 43.0242 | 12.4137 | 69 | 12.34.34 | 34 | 29 | 1261 | 1215 | 1011 | 553 | 363 | 71 | 6.6 | 6056 | 300 | 173 | 130 | 213 | 123 | 88 |
| 61.980 | | 61.911 | 43.0241 | 12.4137 | 69 | 12.34.35 | 35 | 29 | 345 | 352 | 253 | 188 | 161 | 45 | 2.8 | 5210 | 81 | 46 | 62 | 58 | 40 | 29 |
| 61.970 | | 61.901 | 43.0240 | 12.4137 | 69 | 12.34.35 | 34 | 29 | 198 | 233 | 177 | 174 | 195 | 88 | 3.5 | 5520 | 49 | 26 | 85 | 35 | 21 | 15 |
| 61.960 | | 61.891 | 43.0239 | 12.4137 | 69 | 12.34.36 | 34 | 29 | 179 | 251 | 144 | 182 | 146 | 79 | 1.1 | 5461 | 47 | 25 | 68 | 33 | 21 | 15 |
| 61.950 | Cune SX_Inizio | 61.881 | 43.0238 | 12.4138 | 69 | 12.34.36 | 34 | 29 | 52 | 95 | 80 | 85 | 65 | 37 | 1.2 | 5237 | 18 | 9 | 30 | 13 | 9 | 7 |
| 61.940 | | 61.871 | 43.0237 | 12.4138 | 69 | 12.34.37 | 34 | 29 | 148 | 167 | 164 | 162 | 123 | 76 | 1.4 | 5429 | 38 | 20 | 60 | 27 | 17 | 12 |
| 61.930 | | 61.861 | 43.0237 | 12.4138 | 69 | 12.34.37 | 34 | 29 | 62 | 109 | 90 | 39 | 105 | 45 | 2.0 | 5509 | 22 | 12 | 45 | 16 | 12 | 8 |
| 61.920 | | 61.851 | 43.0236 | 12.4139 | 69 | 12.34.38 | 34 | 29 | 156 | 154 | 75 | 68 | 61 | 21 | 3.0 | 5154 | 36 | 22 | 25 | 26 | 24 | 17 |
| 61.910 | | 61.842 | 43.0235 | 12.4139 | 69 | 12.34.39 | 34 | 29 | 590 | 591 | 494 | 264 | 94 | 11 | 7.4 | 5807 | 143 | 83 | 32 | 102 | 84 | 60 |



SEZIONE COORDINAMENTO E RILIEVO DATI
apparecchiatura TSD Sistema Greenwood Engineering

REV. RDP/AS_AR/GED/13 V01-11

RAPPORTO DI PROVA N. 1404/0138/16 P.3 S.10 V.2/2

SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI
Misura delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni valutate attraverso gli indicatori IS e regolarità IRI - tabella dati

| Gestore | | Strada | | Carreggiata | | Corsia | | Km inizio | | Km fine | | Data rilievo | | | | | | | | | | |
|---|---------------|----------------|---------|-------------|----------|----------|----------------------|----------------------------|----------|---------|-----|--------------|-----|----------------------|------|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| Compto Perugia | | S.S.3bis | | Sinistra | | marcia | | 133+980 | | 65+860 | | 9/9/16 | | | | | | | | | | |
| DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA | | | | | | | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | | | | |
| Prog. | Evento | Prog. corretta | Lat. | Long. | Velocità | Ora | T Pav _{sup} | T Aria | 100 | 200 | 300 | 600 | 900 | 1500 | IRI | Load | IS ₃₀₀ | IS ₂₀₀ | IS ₁₀₀ | IS _{300, 14°C} | IS _{200ct} | IS _{100ct, 14°C} |
| km | | km | deg | deg | km/h | | °C | °C | micron/m | | | | | | m/km | kg | micron | micron | micron | micron | micron | micron |
| 97.070 | Viadotto_Fine | 96.536 | 43.2682 | 12.3855 | 72 | 09.21.44 | 22 | 20 | 111 | 161 | 142 | -9 | -7 | -105 | 1.8 | 5037 | 36 | 22 | - | 32 | - | - |
| 97.060 | | 96.526 | 43.2681 | 12.3856 | 72 | 09.21.45 | 22 | 20 | 461 | 511 | 366 | 115 | 74 | -32 | 3.7 | 5321 | 120 | 73 | 13 | 105 | 89 | 77 |
| 97.050 | | 96.515 | 43.2680 | 12.3856 | 71 | 09.21.45 | 22 | 20 | 527 | 519 | 378 | 137 | 101 | -33 | 4.4 | 5101 | 129 | 79 | 20 | 112 | 88 | 77 |
| 97.040 | | 96.505 | 43.2679 | 12.3856 | 71 | 09.21.46 | 22 | 20 | 747 | 721 | 567 | 132 | 45 | -100 | 3.2 | 5321 | 184 | 114 | - | 161 | - | - |
| 97.030 | | 96.495 | 43.2678 | 12.3856 | 71 | 09.21.46 | 22 | 20 | 348 | 424 | 299 | 81 | 35 | -116 | 1.7 | 5207 | 96 | 58 | - | 83 | - | - |
| 97.020 | | 96.485 | 43.2677 | 12.3857 | 72 | 09.21.47 | 22 | 20 | 582 | 582 | 434 | 96 | 36 | -9 | 3.4 | 5249 | 145 | 91 | 8 | 127 | 119 | 104 |
| 97.010 | | 96.474 | 43.2676 | 12.3857 | 72 | 09.21.47 | 22 | 20 | 413 | 402 | 276 | 16 | -41 | -6 | 2.3 | 5325 | 102 | 66 | - | 89 | - | - |
| 97.000 | | 96.464 | 43.2675 | 12.3857 | 72 | 09.21.48 | 22 | 20 | 679 | 687 | 540 | 176 | 89 | -51 | 2.7 | 5242 | 170 | 102 | 12 | 148 | 127 | 111 |
| 96.990 | | 96.454 | 43.2674 | 12.3857 | 72 | 09.21.48 | 22 | 20 | 889 | 896 | 643 | 190 | 41 | 12 | 6.7 | 5252 | 221 | 137 | 16 | 192 | 160 | 139 |
| 96.980 | | 96.443 | 43.2673 | 12.3858 | 72 | 09.21.49 | 22 | 20 | 295 | 337 | 203 | 49 | 19 | -55 | 1.1 | 5291 | 77 | 49 | - | 67 | - | - |
| 96.970 | | 96.433 | 43.2673 | 12.3858 | 72 | 09.21.49 | 22 | 20 | 244 | 274 | 189 | 11 | 42 | -26 | 1.1 | 5337 | 65 | 41 | 5 | 57 | 58 | 51 |
| 96.960 | | 96.423 | 43.2672 | 12.3858 | 72 | 09.21.50 | 22 | 20 | 645 | 649 | 448 | 97 | 35 | -51 | 2.3 | 5212 | 161 | 102 | - | 140 | - | - |
| 96.950 | | 96.412 | 43.2671 | 12.3858 | 72 | 09.21.50 | 22 | 20 | 492 | 543 | 335 | 114 | 65 | -74 | 1.4 | 5308 | 126 | 78 | - | 110 | - | - |
| 96.940 | | 96.402 | 43.2670 | 12.3859 | 72 | 09.21.51 | 22 | 20 | 407 | 429 | 297 | 83 | 46 | -47 | 2.0 | 5355 | 103 | 64 | - | 90 | - | - |
| 96.930 | | 96.392 | 43.2669 | 12.3859 | 71 | 09.21.51 | 22 | 20 | 602 | 631 | 474 | 111 | 50 | -99 | 3.8 | 5355 | 154 | 95 | - | 134 | - | - |
| 96.920 | | 96.381 | 43.2668 | 12.3859 | 71 | 09.21.52 | 22 | 20 | 768 | 756 | 551 | 211 | 62 | -9 | 2.1 | 5353 | 187 | 114 | 16 | 163 | 133 | 116 |
| 96.910 | | 96.371 | 43.2667 | 12.3859 | 72 | 09.21.52 | 22 | 20 | 155 | 213 | 102 | 8 | 34 | -29 | 2.5 | 5138 | 44 | 28 | - | 39 | 47 | 41 |
| 96.900 | | 96.361 | 43.2666 | 12.3860 | 72 | 09.21.53 | 22 | 20 | 728 | 688 | 541 | 196 | 59 | -21 | 4.4 | 5129 | 175 | 106 | 11 | 153 | 132 | 115 |
| 96.890 | | 96.351 | 43.2665 | 12.3860 | 72 | 09.21.53 | 22 | 20 | 1393 | 1239 | 918 | 341 | 108 | 35 | 7.9 | 5093 | 325 | 203 | 43 | 283 | 193 | 169 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI

Misura delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni valutate attraverso gli indicatori IS e regolarità IRI - tabella dati

| Gestore | | Strada | | | Carreggiata | | | Corsia | | | | Km inizio | | | | Km fine | | | | Data rilievo | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|---------------|---------|---------|-------------|----------|----------------------|--------|--------|------|------|-----------|-----|------|------|---------|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|----------------------|--|--|--|--|--|
| Compto Perugia | | S.S.3bis | | | Sinistra | | | marcia | | | | 133+980 | | | | 65+860 | | | | 9/9/16 | | | | | | | | | | |
| DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | |
| Prog. | Evento | rog. corrett. | Lat. | Long. | Velocità | Ora | T Pav _{sup} | T Aria | 100 | 200 | 300 | 600 | 900 | 1500 | IRI | Load | IS ₂₀₀ | IS ₃₀₀ | IS ₄₀₀ | IS ₅₀₀ | IS ₂₀₀ 14°C | IS ₃₀₀ 14°C | IS ₄₀₀ 14°C | | | | | | | |
| km | | km | deg | deg | km/h | | °C | °C | micron | | | | | | m/km | kg | micron | micron | micron | micron | micron | micron | micron | micron | | | | | | |
| 127.160 | | 127.010 | 43.4919 | 12.2046 | 69 | 08.55.09 | 22 | 19 | 1513 | 1273 | 976 | 299 | 138 | 2 | 3.1 | 5307 | 348 | 222 | 42 | 311 | 212 | 189 | | | | | | | | |
| 127.150 | KM127 | 127.000 | 43.4918 | 12.2047 | 69 | 08.55.09 | 22 | 19 | 1653 | 1528 | 1126 | 373 | 78 | -66 | 7.3 | 5381 | 393 | 245 | 4 | 351 | 366 | 327 | | | | | | | | |
| 127.140 | | 126.990 | 43.4917 | 12.2048 | 69 | 08.55.10 | 22 | 19 | 1386 | 1221 | 877 | 273 | 88 | -83 | 9.3 | 4914 | 324 | 207 | 2 | 289 | 345 | 308 | | | | | | | | |
| 127.130 | | 126.980 | 43.4917 | 12.2048 | 69 | 08.55.10 | 22 | 19 | 1378 | 1404 | 1079 | 410 | 133 | -33 | 8.1 | 5197 | 342 | 205 | 30 | 306 | 212 | 189 | | | | | | | | |
| 127.120 | | 126.971 | 43.4916 | 12.2049 | 69 | 08.55.11 | 22 | 19 | 1412 | 1502 | 1121 | 330 | 109 | -11 | 12.7 | 5384 | 361 | 220 | 29 | 323 | 228 | 203 | | | | | | | | |
| 127.110 | Cambio pavimentazione | 126.961 | 43.4915 | 12.2050 | 69 | 08.55.11 | 22 | 19 | 1198 | 1102 | 799 | 330 | 127 | -60 | 4.3 | 5050 | 281 | 174 | 20 | 251 | 194 | 174 | | | | | | | | |
| 127.100 | | 126.951 | 43.4914 | 12.2050 | 69 | 08.55.12 | 22 | 19 | 1244 | 1105 | 889 | 368 | 139 | -34 | 2.9 | 5247 | 289 | 175 | 32 | 258 | 179 | 160 | | | | | | | | |
| 127.090 | | 126.941 | 43.4914 | 12.2051 | 69 | 08.55.12 | 22 | 19 | 932 | 827 | 599 | 187 | 158 | -40 | 3.6 | 5436 | 218 | 139 | 35 | 195 | 138 | 124 | | | | | | | | |
| 127.080 | | 126.931 | 43.4913 | 12.2052 | 69 | 08.55.13 | 22 | 19 | 1323 | 1127 | 845 | 248 | 142 | -58 | 3.4 | 5397 | 306 | 196 | 25 | 274 | 209 | 187 | | | | | | | | |
| 127.070 | | 126.922 | 43.4912 | 12.2053 | 69 | 08.55.13 | 22 | 19 | 969 | 877 | 630 | 206 | 57 | -40 | 3.6 | 5259 | 228 | 144 | 5 | 204 | 205 | 184 | | | | | | | | |
| 127.060 | | 126.912 | 43.4911 | 12.2053 | 69 | 08.55.14 | 22 | 19 | 812 | 736 | 595 | 227 | 86 | -66 | 2.6 | 5354 | 191 | 116 | 6 | 171 | 160 | 143 | | | | | | | | |
| 127.050 | | 126.902 | 43.4911 | 12.2054 | 69 | 08.55.15 | 22 | 19 | 760 | 680 | 519 | 177 | 93 | -7 | 2.6 | 5128 | 179 | 111 | 26 | 160 | 118 | 106 | | | | | | | | |
| 127.040 | | 126.892 | 43.4910 | 12.2055 | 69 | 08.55.15 | 22 | 19 | 1033 | 896 | 647 | 224 | 80 | -58 | 11.0 | 5148 | 239 | 152 | 7 | 214 | 207 | 185 | | | | | | | | |
| 127.030 | | 126.882 | 43.4909 | 12.2055 | 68 | 08.55.16 | 22 | 19 | 1263 | 1149 | 822 | 308 | 50 | -83 | 3.9 | 5333 | 297 | 186 | - | 265 | - | - | | | | | | | | |
| 127.020 | | 126.873 | 43.4908 | 12.2056 | 69 | 08.55.16 | 22 | 19 | 814 | 752 | 570 | 232 | 152 | 64 | 4.0 | 5253 | 193 | 118 | 65 | 172 | 102 | 91 | | | | | | | | |
| 127.010 | | 126.863 | 43.4908 | 12.2057 | 69 | 08.55.17 | 22 | 19 | 750 | 715 | 493 | 147 | 107 | -40 | 3.1 | 5159 | 181 | 115 | 20 | 162 | 128 | 115 | | | | | | | | |
| 127.000 | | 126.853 | 43.4907 | 12.2058 | 69 | 08.55.17 | 22 | 19 | 1217 | 1058 | 807 | 282 | 105 | 4 | 3.4 | 5260 | 282 | 177 | 33 | 252 | 179 | 160 | | | | | | | | |
| 126.990 | | 126.843 | 43.4906 | 12.2058 | 69 | 08.55.18 | 22 | 19 | 853 | 799 | 551 | 141 | 120 | -88 | 2.7 | 5360 | 205 | 131 | 10 | 183 | 167 | 149 | | | | | | | | |
| 126.980 | | 126.833 | 43.4905 | 12.2059 | 69 | 08.55.18 | 22 | 19 | 928 | 794 | 626 | 193 | 90 | -22 | 2.8 | 5106 | 215 | 135 | 20 | 192 | 151 | 135 | | | | | | | | |
| 126.970 | | 126.824 | 43.4905 | 12.2060 | 69 | 08.55.19 | 22 | 19 | 963 | 833 | 667 | 200 | 83 | -52 | 2.5 | 5105 | 225 | 140 | 10 | 200 | 180 | 160 | | | | | | | | |
| 126.960 | Cambio pavimentazione | 126.814 | 43.4904 | 12.2061 | 69 | 08.55.19 | 22 | 19 | 1189 | 999 | 731 | 279 | 88 | -100 | 5.1 | 5365 | 271 | 173 | - | 242 | - | - | | | | | | | | |
| 126.950 | | 126.804 | 43.4903 | 12.2061 | 69 | 08.55.20 | 22 | 19 | 1218 | 1069 | 835 | 316 | 125 | -63 | 12.4 | 5142 | 282 | 174 | 19 | 252 | 198 | 177 | | | | | | | | |
| 126.940 | | 126.794 | 43.4902 | 12.2062 | 69 | 08.55.20 | 22 | 19 | 1637 | 1439 | 1084 | 357 | 55 | -59 | 14.8 | 5380 | 382 | 240 | - | 341 | - | - | | | | | | | | |
| 126.930 | | 126.784 | 43.4902 | 12.2063 | 69 | 08.55.21 | 22 | 19 | 1010 | 967 | 643 | 211 | 117 | -29 | 4.4 | 5071 | 243 | 154 | 26 | 217 | 164 | 146 | | | | | | | | |
| 126.920 | Cambio pavimentazione | 126.775 | 43.4901 | 12.2063 | 69 | 08.55.21 | 22 | 19 | 840 | 793 | 605 | 168 | 68 | -35 | 3.2 | 5258 | 203 | 126 | 10 | 182 | 161 | 144 | | | | | | | | |
| 126.910 | | 126.765 | 43.4900 | 12.2064 | 69 | 08.55.22 | 22 | 19 | 1237 | 1169 | 878 | 234 | 53 | -40 | 17.0 | 5355 | 300 | 187 | 4 | 267 | 274 | 245 | | | | | | | | |
| 126.900 | | 126.755 | 43.4899 | 12.2065 | 69 | 08.55.22 | 22 | 19 | 1457 | 1185 | 867 | 256 | 48 | -14 | 5.5 | 5230 | 331 | 217 | 10 | 296 | 274 | 245 | | | | | | | | |
| 126.890 | | 126.745 | 43.4899 | 12.2066 | 69 | 08.55.23 | 22 | 19 | 1528 | 807 | 569 | 183 | 111 | -3 | 3.2 | 4990 | 302 | 229 | 32 | 270 | 232 | 208 | | | | | | | | |
| 126.880 | | 126.735 | 43.4898 | 12.2066 | 69 | 08.55.23 | 22 | 19 | 772 | 736 | 573 | 214 | 105 | -59 | 2.5 | 5310 | 186 | 113 | 14 | 165 | 135 | 121 | | | | | | | | |
| 126.870 | | 126.725 | 43.4897 | 12.2067 | 69 | 08.55.24 | 22 | 19 | 768 | 756 | 529 | 176 | 95 | -67 | 3.7 | 5220 | 187 | 116 | 8 | 167 | 153 | 136 | | | | | | | | |
| 126.860 | | 126.716 | 43.4896 | 12.2068 | 69 | 08.55.24 | 22 | 19 | 936 | 850 | 656 | 244 | 98 | -87 | 4.5 | 5310 | 220 | 135 | 3 | 197 | 205 | 183 | | | | | | | | |
| 126.850 | | 126.706 | 43.4896 | 12.2068 | 69 | 08.55.25 | 22 | 19 | 908 | 827 | 591 | 182 | 75 | -92 | 5.3 | 5250 | 215 | 136 | - | 192 | - | - | | | | | | | | |
| 126.840 | | 126.696 | 43.4895 | 12.2069 | 69 | 08.55.25 | 22 | 19 | 604 | 571 | 400 | 115 | 60 | -17 | 3.6 | 4937 | 145 | 92 | 13 | 130 | 112 | 100 | | | | | | | | |
| 126.830 | | 126.686 | 43.4894 | 12.2070 | 69 | 08.55.26 | 22 | 19 | 920 | 859 | 664 | 242 | 158 | -5 | 3.1 | 5446 | 220 | 134 | 46 | 196 | 126 | 113 | | | | | | | | |
| 126.820 | | 126.676 | 43.4893 | 12.2071 | 69 | 08.55.27 | 22 | 19 | 843 | 766 | 538 | 179 | 74 | -18 | 3.4 | 5151 | 199 | 126 | 17 | 178 | 146 | 130 | | | | | | | | |
| 126.810 | | 126.667 | 43.4893 | 12.2071 | 69 | 08.55.27 | 22 | 19 | 953 | 900 | 730 | 243 | 115 | -41 | 2.8 | 5393 | 230 | 140 | 22 | 206 | 153 | 137 | | | | | | | | |
| 126.800 | | 126.657 | 43.4892 | 12.2072 | 69 | 08.55.28 | 22 | 19 | 818 | 857 | 598 | 256 | 139 | -15 | 1.6 | 5253 | 203 | 123 | 37 | 181 | 121 | 108 | | | | | | | | |
| 126.790 | | 126.647 | 43.4891 | 12.2073 | 69 | 08.55.28 | 22 | 19 | 614 | 579 | 405 | 130 | 50 | -42 | 2.5 | 5291 | 147 | 93 | 2 | 131 | 146 | 131 | | | | | | | | |
| 126.780 | Cune SX_Inizio | 126.637 | 43.4891 | 12.2074 | 69 | 08.55.29 | 22 | 19 | 606 | 586 | 460 | 172 | 101 | -4 | 3.3 | 5123 | 147 | 89 | 29 | 131 | 92 | 82 | | | | | | | | |
| 126.770 | | 126.627 | 43.4890 | 12.2074 | 69 | 08.55.29 | 22 | 19 | 554 | 511 | 366 | 128 | 74 | -52 | 2.4 | 5191 | 131 | 82 | 7 | 117 | 112 | 100 | | | | | | | | |
| 126.760 | | 126.618 | 43.4889 | 12.2075 | 69 | 08.55.30 | 22 | 19 | 874 | 806 | 581 | 157 | 18 | -112 | 5.6 | 5297 | 209 | 132 | - | 186 | - | - | | | | | | | | |
| 126.750 | | 126.608 | 43.4888 | 12.2076 | 69 | 08.55.30 | 22 | 19 | 1164 | 1021 | 761 | 328 | 147 | -32 | 2.7 | 5110 | 268 | 165 | 34 | 239 | 166 | 148 | | | | | | | | |
| 126.740 | | 126.598 | 43.4888 | 12.2077 | 69 | 08.55.31 | 22 | 19 | 917 | 843 | 621 | 151 | 21 | -91 | 3.1 | 5212 | 220 | 139 | - | 196 | - | - | | | | | | | | |
| 126.730 | | 126.588 | 43.4887 | 12.2077 | 69 | 08.55.31 | 22 | 19 | 996 | 865 | 654 | 205 | 86 | -51 | 4.5 | 5269 | 232 | 147 | 10 | 207 | 185 | 165 | | | | | | | | |
| 126.720 | | 126.578 | 43.4886 | 12.2078 | 69 | 08.55.32 | 22 | 19 | 1049 | 980 | 701 | 162 | 17 | -56 | 14.9 | 4962 | 253 | 161 | - | 226 | - | - | | | | | | | | |
| 126.710 | Annalzamenti_Inizio | 126.569 | 43.4885 | 12.2079 | 69 | 08.55.32 | 22 | 19 | 1280 | 1177 | 884 | 247 | 93 | -28 | 9.9 | 5051 | 306 | 192 | 19 | 274 | 216 | 193 | | | | | | | | |
| 126.700 | Cune SX_Fine | 126.559 | 43.4885 | 12.2080 | 69 | 08.55.33 | 22 | 19 | 1327 | 1259 | 993 | 303 | 106 | -20 | 8.9 | 5281 | 322 | 197 | 26 | 288 | 210 | 188 | | | | | | | | |
| 126.690 | Annalzamenti_Fine | 126.549 | 43.4884 | 12.2081 | 69 | 08.55.33 | 22 | 19 | 975 | 989 | 685 | 74 | -25 | -33 | 11.6 | 5264 | 246 | 157 | - | 219 | - | - | | | | | | | | |
| 126.680 | | 126.539 | 43.4883 | 12.2081 | 69 | 08.55.34 | 22 | 19 | 1397 | 1144 | 775 | 84 | -31 | -60 | 12.4 | 5381 | 320 | 216 | - | 285 | - | - | | | | | | | | |
| 126.670 | | 126.529 | 43.4883 | 12.2082 | 69 | 08.55.34 | 22 | 19 | 1274 | 911 | 618 | 96 | 10 | -62 | 2.4 | 5066 | 277 | 194 | - | 247 | - | - | | | | | | | | |
| 126.660 | | 126.520 | 43.4882 | 12.2083 | 69 | 08.55.35 | 22 | 19 | 969 | 877 | 649 | 89 | 22 | -90 | 2.9 | 5257 | 233 | 150 | - | 207 | - | - | | | | | | | | |
| 126.650 | | 126.510 | 43.4881 | 12.2084 | 69 | 08.55.35 | 22 | 19 | 864 | 835 | 656 | 159 | 36 | -50 | 3.2 | 5325 | 213 | 132 | - | 190 | - | - | | | | | | | | |
| 126.640 | | 126.500 | 43.4880 | 12.2084 | 69 | 08.55.36 | 22 | 19 | 690 | 646 | 464 | 170 | 34 | -36 | 3.1 | 5269 | 164 | 102 | - | 147 | - | - | | | | | | | | |
| 126.630 | | 126.490 | 43.4880 | 12.2085 | 69 | 08.55.36 | 21 | 19 | 670 | 685 | 484 | 127 | 36 | -34 | 3.2 | 5380 | 168 | 105 | 1 | 150 | 196 | 175 | | | | | | | | |
| 126.620 | | 126.480 | 43.4879 | 12.2086 | 69 | 08.55.37 | 22 | 19 | 825 | 906 | 636 | 189 | 79 | 7 | 2.0 | 5262 | 213 | 130 | 26 | 190 | 139 | 124 | | | | | | | | |
| 126.610 | | 126.471 | 43.4878 | 12.2087 | 69 | 08.55.37 | 22 | 19 | 794 | 745 | 589 | 151 | 20 | -79 | 3.8 | 5061 | 193 | 119 | - | 172 | - | - | | | | | | | | |
| 126.600 | | 126.461 | 43.4878 | 12.2088 | 69</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



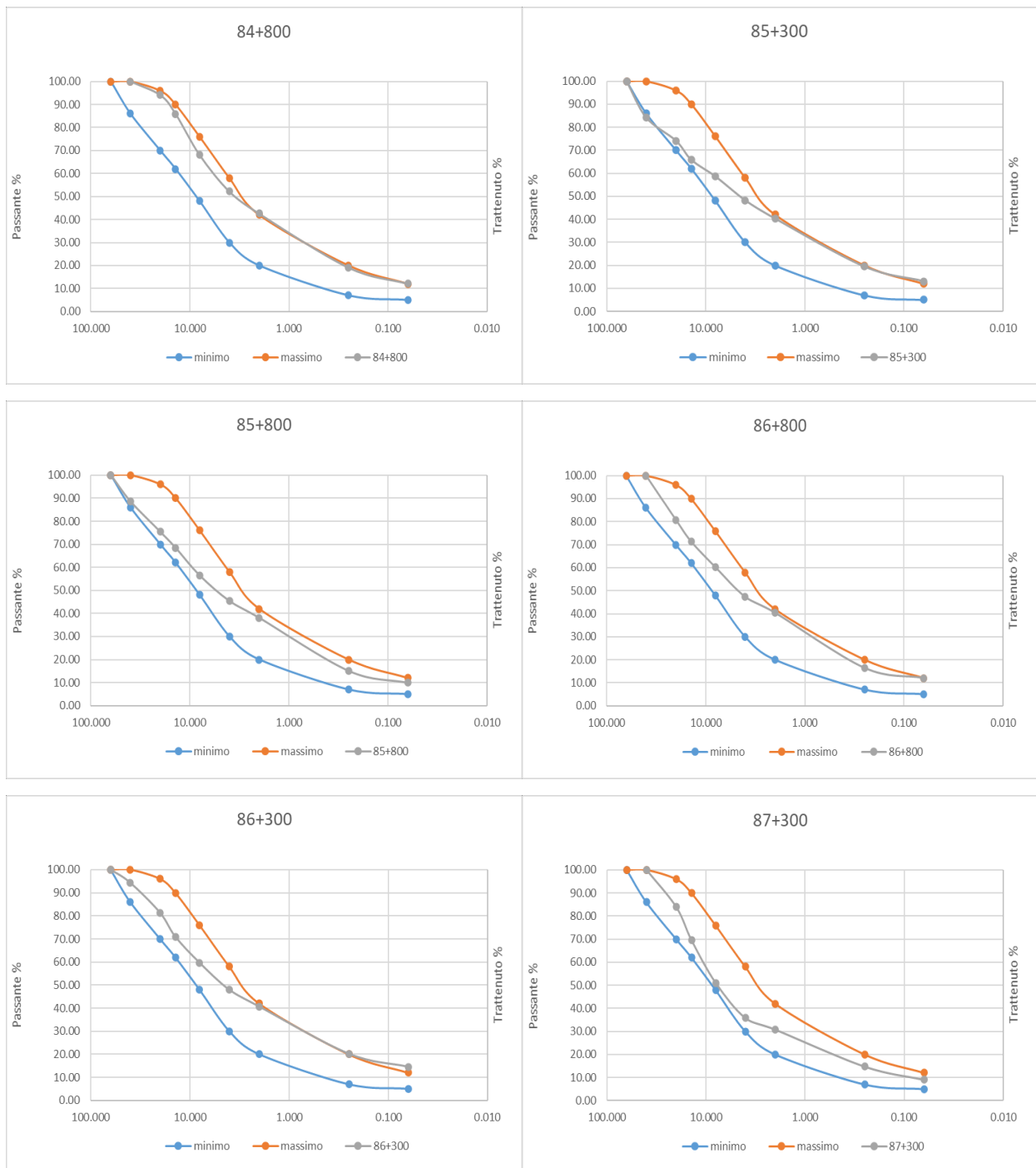
SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI

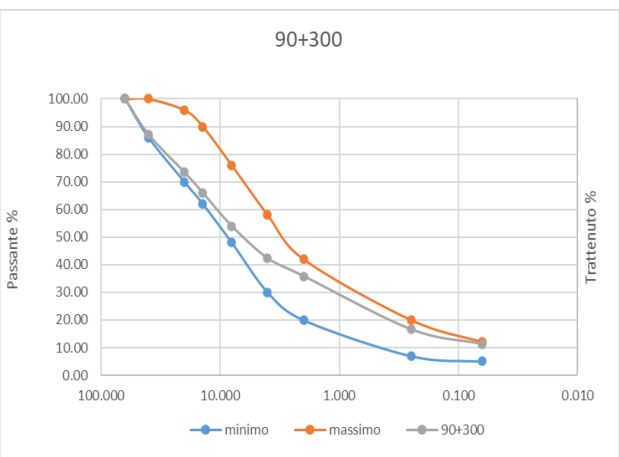
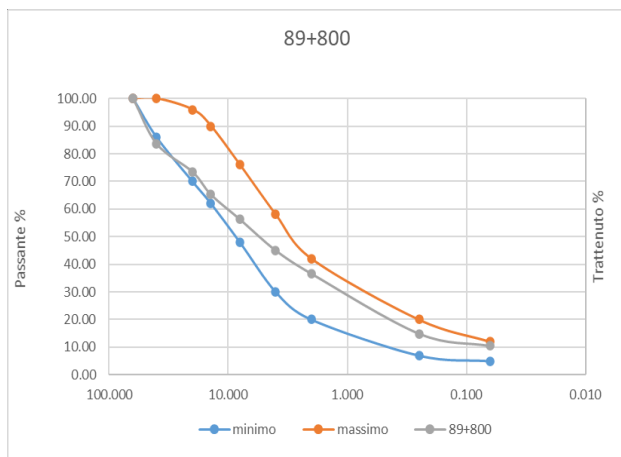
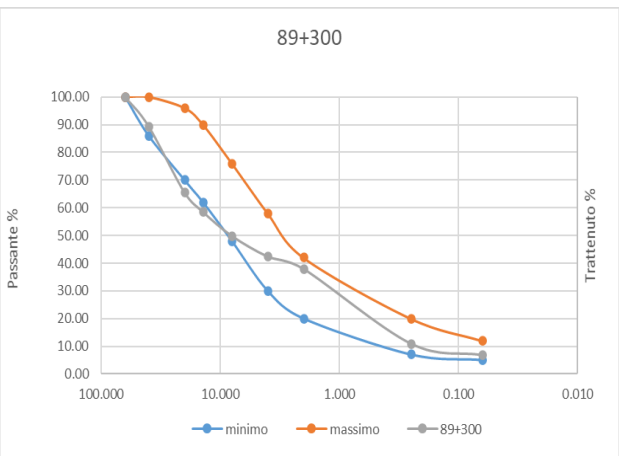
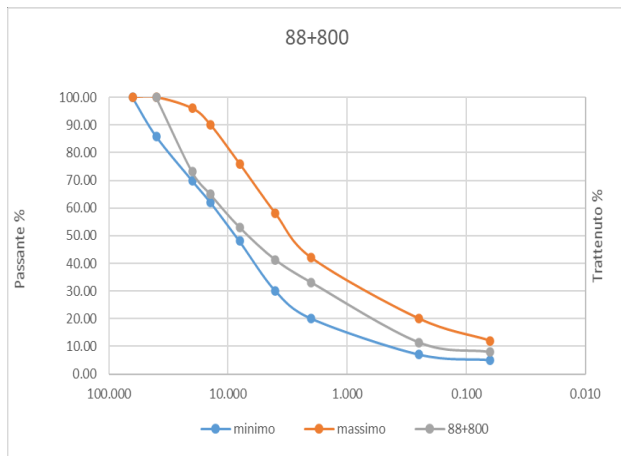
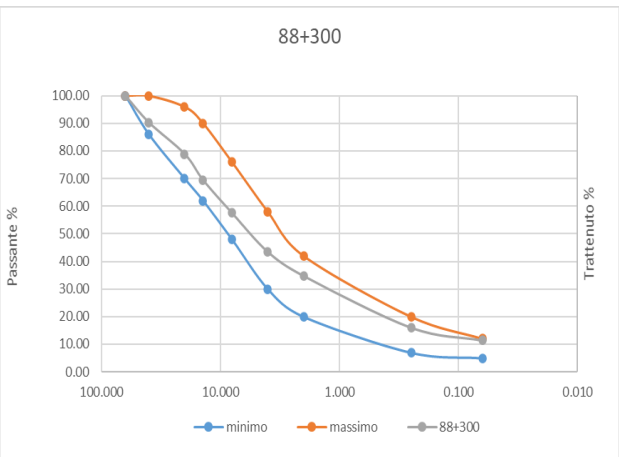
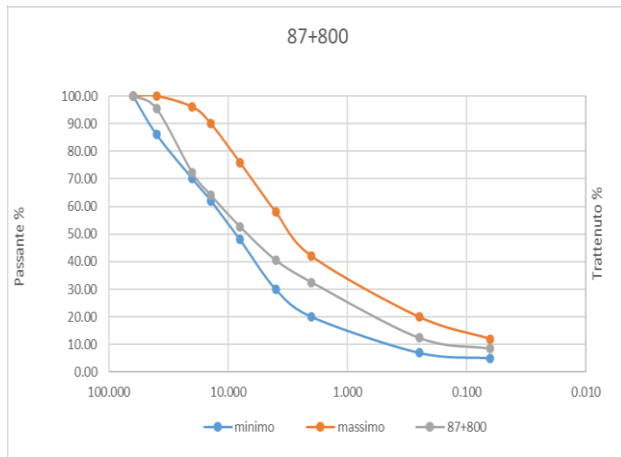
Misura delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni valutate attraverso gli indicatori IS e regolarità IRI - tabella dati

| Gestore | | Strada | | Carreggiata | | Corsia | | Km inizio | | Km fine | | Data rilievo | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---------------|---------|-------------|----------|----------|----------------------|-----------|----------------------------|---------|------|--------------|----------------------|------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-----|
| Comp.to Perugia | | S.S.3bis | | Sinistra | | marcia | | 133+980 | | 65+860 | | 9/9/16 | | | | | | | | | | |
| DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA | | | | | | | | | DEFLESSIONI MISURATE SLOPE | | | | DATI DI ELABORAZIONE | | | | | | | | | |
| Prog. | Evento | rog. corretti | Lat. | Long. | Velocità | Ora | T Pav _{sup} | T Aria | 100 | 200 | 300 | 600 | 1500 | IRI | Load | IS ₃₀₀ | IS ₂₀₀ | IS ₁₀₀ | IS _{300, 14°C} | IS _{200ef, 14°C} | IS _{200cl, 14°C} | |
| km | | km | deg | deg | km/h | | °C | °C | micron/m | | | | m/km | kg | micron | micron | micron | micron | micron | micron | | |
| 127.680 | | 127.538 | 43.4958 | 12.2009 | 69 | 08.54.42 | 22 | 19 | 694 | 675 | 516 | 172 | 106 | -56 | 4.0 | 5294 | 169 | 104 | 15 | 152 | 122 | 109 |
| 127.670 | | 127.528 | 43.4957 | 12.2010 | 69 | 08.54.42 | 22 | 19 | 657 | 632 | 439 | 103 | 14 | -111 | 1.4 | 5268 | 160 | 102 | - | 143 | - | - |
| 127.660 | | 127.518 | 43.4957 | 12.2010 | 69 | 08.54.43 | 22 | 19 | 826 | 750 | 591 | 183 | 146 | 11 | 5.0 | 5192 | 196 | 121 | 47 | 175 | 113 | 101 |
| 127.650 | | 127.508 | 43.4956 | 12.2011 | 69 | 08.54.43 | 22 | 19 | 1232 | 1209 | 858 | 163 | 57 | -38 | 15.1 | 5073 | 305 | 193 | 6 | 272 | 268 | 240 |
| 127.640 | | 127.497 | 43.4955 | 12.2012 | 68 | 08.54.44 | 22 | 19 | 1265 | 1214 | 862 | 160 | 108 | -7 | 6.2 | 5433 | 310 | 198 | 30 | 277 | 203 | 182 |
| 127.630 | | 127.487 | 43.4954 | 12.2013 | 69 | 08.54.44 | 22 | 19 | 638 | 614 | 387 | 136 | 82 | -17 | 1.3 | 5329 | 153 | 98 | 19 | 137 | 111 | 99 |
| 127.620 | | 127.477 | 43.4954 | 12.2013 | 69 | 08.54.45 | 22 | 19 | 496 | 520 | 393 | 174 | 89 | 0 | 2.1 | 5346 | 124 | 73 | 27 | 111 | 78 | 69 |
| 127.610 | | 127.467 | 43.4953 | 12.2014 | 69 | 08.54.45 | 22 | 19 | 410 | 444 | 358 | 105 | 66 | -25 | 2.4 | 5400 | 107 | 64 | 12 | 96 | 78 | 70 |
| 127.600 | | 127.457 | 43.4952 | 12.2015 | 69 | 08.54.46 | 22 | 19 | 576 | 555 | 481 | 144 | 62 | -1 | 11.4 | 4932 | 142 | 86 | 18 | 127 | 97 | 87 |
| 127.590 | | 127.447 | 43.4951 | 12.2015 | 68 | 08.54.46 | 22 | 19 | 1529 | 1561 | 1195 | 406 | 90 | -102 | 16.1 | 5701 | 382 | 231 | - | 341 | - | - |
| 127.580 | | 127.437 | 43.4951 | 12.2016 | 69 | 08.54.47 | 22 | 19 | -4593 | 613 | 436 | 142 | 101 | 26 | 6.9 | 5013 | - | - | - | - | - | - |
| 127.570 | | 127.426 | 43.4950 | 12.2017 | 69 | 08.54.47 | 22 | 19 | 1290 | 1317 | 977 | 280 | 11 | -59 | 15.8 | 4958 | 323 | 199 | - | 289 | - | - |
| 127.560 | | 127.416 | 43.4949 | 12.2018 | 69 | 08.54.48 | 22 | 19 | 1115 | 1116 | 798 | 269 | 140 | -76 | 9.3 | 5573 | 274 | 169 | 19 | 245 | 191 | 170 |
| 127.550 | | 127.406 | 43.4948 | 12.2018 | 69 | 08.54.48 | 22 | 19 | 724 | 527 | 363 | 84 | -1 | -66 | 5.2 | 4912 | 158 | 110 | - | 141 | - | - |
| 127.540 | | 127.396 | 43.4948 | 12.2019 | 69 | 08.54.49 | 22 | 19 | 1298 | 1314 | 1009 | 338 | 14 | -81 | 12.6 | 5464 | 323 | 196 | - | 289 | - | - |
| 127.530 | | 127.386 | 43.4947 | 12.2020 | 69 | 08.54.49 | 22 | 19 | 1376 | 814 | 510 | 165 | 74 | -44 | 10.0 | 4963 | 279 | 209 | 9 | 250 | 270 | 241 |
| 127.520 | | 127.376 | 43.4946 | 12.2020 | 69 | 08.54.50 | 22 | 19 | 841 | 715 | 511 | 146 | 68 | -20 | 11.3 | 5574 | 194 | 126 | 14 | 174 | 150 | 134 |
| 127.510 | | 127.365 | 43.4945 | 12.2021 | 69 | 08.54.50 | 22 | 19 | 405 | 383 | 247 | 97 | 61 | 42 | 2.7 | 5119 | 96 | 61 | 31 | 86 | 63 | 56 |
| 127.500 | | 127.355 | 43.4945 | 12.2022 | 69 | 08.54.51 | 22 | 19 | 996 | 787 | 549 | 82 | -1 | -50 | 2.3 | 5333 | 225 | 152 | - | 201 | - | - |
| 127.490 | | 127.345 | 43.4944 | 12.2023 | 69 | 08.54.52 | 22 | 19 | 551 | 512 | 302 | 65 | 10 | -90 | 1.3 | 5372 | 131 | 88 | - | 117 | - | - |
| 127.480 | | 127.335 | 43.4943 | 12.2023 | 69 | 08.54.52 | 22 | 19 | 405 | 442 | 353 | 92 | 113 | -69 | 1.6 | 5291 | 106 | 64 | 13 | 95 | 77 | 69 |
| 127.470 | Ammortamenti Inizio | 127.325 | 43.4942 | 12.2024 | 69 | 08.54.53 | 22 | 19 | 606 | 532 | 393 | 160 | 95 | -35 | 1.9 | 5370 | 140 | 87 | 18 | 125 | 99 | 89 |
| 127.460 | | 127.315 | 43.4942 | 12.2025 | 69 | 08.54.53 | 22 | 19 | 777 | 687 | 473 | 124 | 85 | 18 | 6.1 | 5203 | 182 | 118 | 31 | 163 | 121 | 109 |
| 127.450 | | 127.305 | 43.4941 | 12.2025 | 69 | 08.54.54 | 22 | 19 | 620 | 516 | 409 | 50 | 12 | -59 | 4.9 | 5283 | 144 | 94 | - | 129 | - | - |
| 127.440 | | 127.294 | 43.4940 | 12.2026 | 69 | 08.54.54 | 22 | 19 | 910 | 893 | 662 | 213 | 90 | -13 | 11.8 | 5058 | 223 | 137 | 23 | 199 | 149 | 133 |
| 127.430 | | 127.284 | 43.4939 | 12.2027 | 69 | 08.54.55 | 22 | 19 | 1585 | 1652 | 1260 | 412 | 102 | -59 | 11.4 | 5445 | 401 | 242 | 13 | 358 | 295 | 263 |
| 127.420 | | 127.274 | 43.4939 | 12.2028 | 68 | 08.54.55 | 22 | 19 | 899 | 842 | 626 | 205 | 81 | -18 | 7.4 | 5474 | 215 | 134 | 19 | 192 | 151 | 135 |
| 127.410 | | 127.264 | 43.4938 | 12.2028 | 69 | 08.54.56 | 22 | 19 | 438 | 474 | 334 | 126 | 124 | -16 | 7.6 | 5105 | 111 | 67 | 32 | 100 | 68 | 61 |
| 127.400 | | 127.254 | 43.4937 | 12.2029 | 69 | 08.54.56 | 22 | 19 | 722 | 675 | 471 | 176 | 102 | -11 | 4.1 | 5310 | 171 | 107 | 27 | 153 | 113 | 101 |
| 127.390 | | 127.244 | 43.4936 | 12.2030 | 69 | 08.54.57 | 22 | 19 | 638 | 659 | 540 | 164 | 145 | -26 | 4.9 | 5228 | 162 | 97 | 36 | 145 | 97 | 87 |
| 127.380 | | 127.234 | 43.4935 | 12.2030 | 69 | 08.54.57 | 22 | 19 | 963 | 959 | 782 | 265 | 140 | -17 | 7.4 | 5179 | 239 | 144 | 37 | 214 | 142 | 127 |
| 127.370 | | 127.223 | 43.4935 | 12.2031 | 69 | 08.54.58 | 22 | 19 | 903 | 954 | 716 | 323 | 152 | -22 | 7.5 | 5605 | 226 | 134 | 39 | 202 | 130 | 116 |
| 127.360 | | 127.213 | 43.4934 | 12.2032 | 69 | 08.54.58 | 22 | 19 | 782 | 850 | 631 | 230 | 92 | -12 | 6.4 | 4955 | 201 | 120 | 24 | 179 | 130 | 116 |
| 127.350 | | 127.203 | 43.4933 | 12.2033 | 69 | 08.54.59 | 22 | 19 | 1076 | 1105 | 862 | 256 | 85 | -49 | 6.8 | 5406 | 271 | 165 | 11 | 242 | 206 | 184 |
| 127.340 | | 127.193 | 43.4933 | 12.2033 | 69 | 08.54.59 | 22 | 19 | 1010 | 1050 | 753 | 242 | 49 | -90 | 8.0 | 5676 | 254 | 155 | - | 227 | - | - |
| 127.330 | | 127.183 | 43.4932 | 12.2034 | 69 | 08.55.00 | 22 | 19 | 259 | 251 | 146 | 35 | 16 | -38 | 1.4 | 5103 | 63 | 41 | - | 56 | - | - |
| 127.320 | | 127.173 | 43.4931 | 12.2035 | 69 | 08.55.00 | 22 | 19 | 214 | 273 | 197 | 17 | 102 | -31 | 2.8 | 5190 | 62 | 38 | 21 | 55 | 42 | 37 |
| 127.310 | | 127.162 | 43.4930 | 12.2035 | 69 | 08.55.01 | 22 | 19 | 874 | 859 | 579 | 156 | 102 | -59 | 3.3 | 5361 | 214 | 136 | 13 | 191 | 165 | 148 |
| 127.300 | | 127.152 | 43.4929 | 12.2036 | 69 | 08.55.01 | 22 | 19 | 1349 | 1456 | 1156 | 355 | 114 | -56 | 9.0 | 5254 | 350 | 210 | 17 | 313 | 241 | 216 |
| 127.290 | | 127.142 | 43.4929 | 12.2037 | 69 | 08.55.02 | 22 | 19 | 1665 | 1624 | 1286 | 369 | 82 | -72 | 10.8 | 4952 | 410 | 251 | 3 | 367 | 384 | 344 |
| 127.280 | | 127.132 | 43.4928 | 12.2038 | 69 | 08.55.02 | 22 | 19 | 1619 | 1687 | 1292 | 381 | 82 | -41 | 8.4 | 5483 | 411 | 250 | 12 | 367 | 306 | 273 |
| 127.270 | | 127.122 | 43.4927 | 12.2038 | 69 | 08.55.03 | 22 | 19 | 1312 | 1333 | 1068 | 421 | 163 | -16 | 7.2 | 5253 | 326 | 194 | 44 | 291 | 184 | 164 |
| 127.260 | | 127.112 | 43.4926 | 12.2039 | 69 | 08.55.04 | 22 | 19 | 909 | 939 | 705 | 178 | 106 | -67 | 5.4 | 5159 | 230 | 142 | 12 | 206 | 175 | 156 |
| 127.250 | | 127.102 | 43.4926 | 12.2040 | 69 | 08.55.04 | 22 | 19 | 361 | 380 | 310 | 79 | 67 | -27 | 6.9 | 5189 | 93 | 56 | 12 | 83 | 69 | 62 |
| 127.240 | | 127.091 | 43.4925 | 12.2040 | 69 | 08.55.05 | 22 | 19 | 411 | 423 | 308 | 141 | 75 | -17 | 5.3 | 5197 | 101 | 60 | 17 | 90 | 69 | 62 |
| 127.230 | Ammortamenti Fine | 127.081 | 43.4924 | 12.2041 | 69 | 08.55.05 | 22 | 19 | 834 | 887 | 646 | 231 | 131 | -60 | 4.7 | 5406 | 211 | 128 | 21 | 189 | 141 | 126 |
| 127.220 | | 127.071 | 43.4923 | 12.2042 | 69 | 08.55.06 | 22 | 19 | 211 | 231 | 96 | -40 | 19 | -33 | 2.5 | 5194 | 54 | 37 | - | 48 | - | - |
| 127.210 | | 127.061 | 43.4923 | 12.2043 | 69 | 08.55.06 | 22 | 19 | 370 | 338 | 243 | 62 | 87 | -11 | 2.3 | 5449 | 88 | 56 | 23 | 79 | 61 | 55 |
| 127.200 | | 127.051 | 43.4922 | 12.2043 | 69 | 08.55.07 | 22 | 19 | 407 | 495 | 340 | 172 | 37 | -38 | 2.5 | 5335 | 108 | 63 | - | 97 | - | - |
| 127.190 | | 127.041 | 43.4921 | 12.2044 | 69 | 08.55.07 | 22 | 19 | 340 | 341 | 223 | 19 | 98 | -36 | 3.0 | 5299 | 85 | 55 | 19 | 76 | 63 | 56 |
| 127.180 | | 127.030 | 43.4920 | 12.2045 | 69 | 08.55.08 | 22 | 19 | 90 | 63 | -60 | -62 | 8 | -35 | 11.4 | 5405 | - | - | - | - | - | - |
| 127.170 | | 127.020 | 43.4920 | 12.2045 | 68 | 08.55.08 | 22 | 19 | 600 | 483 | 171 | -66 | 9 | -31 | 10.2 | 5134 | 132 | 98 | - | 118 | - | - |

ALLEGATO B

CONFRONTO DEL FUSO GRANULOMETRICO ANAS (CSA) E CURVE GRANULOMETRICHE PROVINI DAL KM 84+300 AL KM 90+300





ALLEGATO C

RISULTATI DELLE PROVE ESEGUITE DOPO GLI INTERVENTI MANUTENTIVI SUI DIVERSI LOTTI

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | | > 94% |
| 79+200 | Marcia | | 0.25 | | 2.03 | | 203.25 | 2.21 | 95.47% |
| | Sorpasso | | 0.26 | | 2.91 | | 201.58 | 2.21 | 94.80% |
| 79+300 | Sorpasso | | | | | | 204.31 | | |
| 79+400 | Marcia | | 0.30 | | 2.26 | 76.88 | 349.00 | 2.19 | 94.44% |
| | Sorpasso | | | | | | 207.40 | | |
| 79+450 | Marcia | | | | | 72.00 | 410.25 | | |
| | Sorpasso | | 0.27 | | 2.81 | | | | |
| 79+500 | Marcia | | | | | 54.25 | 494.31 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 225.00 | 2.21 | 95.07% |
| 79+600 | Marcia | | | | | 158.75 | 479.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 259.60 | | |
| 79+650 | Marcia | 0.22 | 0.31 | 1.49 | 2.31 | 92.00 | 458.13 | | |
| 79+700 | Marcia | | | | | 122.25 | 767.38 | | |
| | Sorpasso | 0.21 | 0.28 | 2.91 | 3.09 | | 266.70 | 2.21 | 94.50% |
| 79+750 | Marcia | | | | | 62.75 | 855.63 | | |
| 79+800 | Marcia | | | | | 142.00 | 1079.38 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 211.45 | | |
| 79+850 | Marcia | | | | | 35.75 | 552.88 | | |
| 79+900 | Marcia | | 0.41 | | 3.55 | | 303.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 262.03 | | |
| 79+950 | Sorpasso | 0.22 | 0.27 | 2.20 | 3.00 | | 284.90 | 2.20 | 95.09% |
| 80+000 | Marcia | | | | | | 814.00 | | |
| 80+050 | Marcia | | | | | | 299.38 | | |
| 80+100 | Sorpasso | | | | | 237.00 | | | |
| 80+150 | Marcia | 0.21 | 0.28 | 1.48 | 2.50 | 233.00 | | 2.03 | 100.00% |
| | Sorpasso | | 0.31 | | 2.65 | | | | |
| 80+200 | Marcia | | | | | 292.00 | | | |
| | Sorpasso | | | | | 289.00 | | | |
| 80+300 | Marcia | | 0.26 | | 2.93 | 246.00 | | 2.13 | 98.00% |
| | Sorpasso | | | | | 240.00 | | | |
| 80+350 | Marcia | | | | | | 184.00 | | |
| 80+400 | Marcia | | 0.30 | | 3.49 | | 1279.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | 527.00 | | | |
| 80+450 | Marcia | | | | | | 655.00 | | |
| 80+500 | Marcia | | | | | | 1580.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | 258.00 | | | |
| 80+550 | Marcia | | | | | | 637.00 | | |
| 80+600 | Marcia | 0.21 | 0.28 | 1.79 | 2.91 | | 330.00 | | |
| | Sorpasso | | 0.36 | | 4.21 | 253.00 | | 2.12 | 100.00% |
| 80+800 | Marcia | 0.34 | 0.40 | 2.39 | 3.51 | | 511.32 | 2.11 | 95.66% |
| | Sorpasso | 0.28 | 0.36 | 2.29 | 3.23 | | 338.75 | 2.19 | 95.10% |
| 80+900 | Marcia | | | | | | 346.15 | | |
| 80+950 | Sorpasso | | | | | | 371.25 | | |
| 81+050 | Marcia | | 0.39 | | 3.17 | | 210.30 | 2.04 | 95.17% |
| | Sorpasso | | | | | | | 2.18 | 94.52% |
| 81+100 | Marcia | | | | | | 267.15 | | |
| | Sorpasso | | | | | 154.25 | 219.75 | | |
| 81+200 | Marcia | | | | | | 232.72 | | |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20±0,45 MPa | 0,25±0,50 MPa | 1,3±3,5 MPa | 2±5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | | > 94% |
| 81+250 | Sorpasso | | | | | 113.50 | 213.25 | | |
| 81+300 | Marcia | | 0.35 | | 3.10 | 169.00 | 241.11 | 2.06 | 96.86% |
| | Sorpasso | | 0.31 | | 3.43 | | | 2.21 | 95.27% |
| 81+400 | Marcia | | | | | | 234.94 | | |
| | Sorpasso | | | | | 141.75 | 225.50 | | |
| 81+500 | Marcia | | | | | | 239.82 | | |
| 81+550 | Marcia | | 0.34 | | 3.17 | | 361.49 | 2.06 | 95.93% |
| | Sorpasso | | 0.30 | | 3.15 | 156.50 | 231.00 | 2.18 | 94.64% |
| 81+600 | Marcia | | | | | | 256.12 | | |
| 81+700 | Marcia | | | | | | 236.61 | | |
| | Sorpasso | | | | | 488.00 | 238.50 | | |
| 81+800 | Marcia | | 0.31 | | 3.32 | | 234.99 | 2.07 | 94.80% |
| | Sorpasso | | 0.35 | | 3.29 | | | 2.20 | 95.39% |
| 81+850 | Sorpasso | | | | | | 239.25 | | |
| 81+900 | Marcia | | | | | | 269.38 | | |
| 82+000 | Marcia | | | | | | 214.16 | 2.07 | 94.69% |
| | Sorpasso | | | | | | 292.75 | 2.18 | 94.53% |
| 82+050 | Marcia | 0.29 | 0.32 | 2.33 | 3.31 | 170.01 | 257.88 | | |
| 82+100 | Marcia | | | | | | 241.40 | | |
| 82+150 | Sorpasso | | | | | | 295.25 | | |
| 82+200 | Marcia | | | | | | 248.73 | | |
| 82+300 | Marcia | | 0.35 | | 3.28 | 169.17 | 246.10 | 2.06 | 94.41% |
| | Sorpasso | | | | | 80.00 | 463.00 | | |
| 82+450 | Sorpasso | 0.23 | 0.26 | 1.84 | 2.66 | 433.00 | | | |
| 82+500 | Marcia | | | | | 261.63 | 264.71 | | |
| 82+550 | Marcia | | 0.36 | | 3.28 | | | | |
| 82+600 | Sorpasso | | | | | 109.00 | | | |
| 82+700 | Marcia | | | | | | 206.42 | | |
| 82+750 | Sorpasso | | | | | 90.00 | 234.00 | | |
| 82+800 | Marcia | | 0.32 | | 3.17 | | | | |
| 82+850 | Sorpasso | | 0.26 | | 2.16 | | | 2.02 | 98.00% |
| 82+900 | Marcia | | | | | | 296.05 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 277.00 | | |
| 83+050 | Marcia | | 0.39 | | 3.40 | | | 2.07 | 95.20% |
| | Sorpasso | | | | | | 678.00 | | |
| 83+100 | Marcia | | | | | | 362.90 | | |
| 83+200 | Sorpasso | | | | | | 648.00 | | |
| 83+300 | Marcia | | 0.25 | | 2.63 | | 308.00 | | |
| | Sorpasso | | 0.26 | | 2.13 | | 389.00 | 2.06 | 100.00% |
| 83+300 | Marcia | | 0.27 | | 2.80 | | | 1.96 | 99.00% |
| 83+400 | Marcia | | | | | | 246.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 1244.00 | | |
| 83+600 | Marcia | | 0.29 | | 2.35 | | 904.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 707.00 | | |
| 83+750 | Marcia | | 0.26 | | 3.30 | | 548.00 | 1.98 | 99.00% |
| | Sorpasso | | 0.29 | | 3.73 | | 294.00 | 2.07 | 99.00% |
| 83+900 | Marcia | | | | | | 493.00 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 214.00 | | |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | | > 94% |
| 86+100 | Marcia | | 0.25 | | 3.01 | 239 | | 1.856 | 99.00% |
| 86+200 | Sorpasso | | 0.27 | | 2.37 | 277 | | 1.931 | 98.00% |
| 86+300 | Marcia | | | | | 269 | | | |
| 86+400 | Marcia | | 0.27 | | 3.43 | | | 1.813 | 98.00% |
| | Sorpasso | | | | | 218 | | | |
| 86+500 | Marcia | | | | | 465 | | | |
| 86+600 | Sorpasso | | 0.36 | | 3.67 | 362 | | 1.898 | 98.00% |
| 86+700 | Marcia | | 0.26 | | 2.19 | 382 | | 1.901 | 98.00% |
| 86+750 | Marcia | | | | | 221 | | | |
| 86+800 | Sorpasso | | | | | 298 | | | |
| 86+900 | Marcia | | | | | 215 | | | |
| 87+000 | Marcia | | 0.26 | | 2.90 | | | 1.855 | 98.00% |
| | Sorpasso | | 0.28 | | 2.16 | 211 | | 1.966 | 100.00% |
| 87+100 | Marcia | | | | | 299 | | | |
| 87+200 | Sorpasso | | | | | 404 | | | |
| 87+300 | Marcia | | 0.36 | | 3.75 | 312 | | 1.905 | 99.00% |
| 87+400 | Sorpasso | | 0.41 | | 4.91 | 225 | | 2.073 | 101.00% |
| 87+500 | Marcia | | 0.40 | | 4.68 | 323 | | 2.090 | 93.26% |
| | Sorpasso | | | | | | 938 | | |
| 87+550 | Marcia | | | | | 191 | | | |
| 87+600 | Marcia | | | | | | 186 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 532 | | |
| 87+650 | Marcia | | | | | | 361 | | |
| 87+700 | Marcia | | | | | | 216 | | |
| | Sorpasso | 0.28 | 0.40 | 2.01 | 3.41 | | 644 | 2.124 | 96.67% |
| 87+750 | Marcia | | 0.36 | | 2.59 | | 194 | 2.179 | 97.56% |
| 87+800 | Marcia | | | | | | 217 | | |
| 87+850 | Marcia | | | | | | 267 | | |
| 87+900 | Marcia | | 0.37 | | 3.05 | | 223 | | |
| 88+000 | Marcia | 0.20 | 0.29 | 1.57 | 2.84 | | 296 | 2.159 | 96.43% |
| | Sorpasso | | | | | | 209 | | |
| 88+050 | Marcia | | | | | | 301 | | |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI

| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
|----------------------|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | | > 94% |
| 88+100 | Marcia | | | | | | 206 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 327 | | |
| 88+150 | Marcia | | | | | | 217 | | |
| 88+200 | Sorpasso | | 0.34 | | 2.31 | | | 2.114 | 96.15% |
| 88+250 | Marcia | | 0.33 | | 2.93 | | 213 | 2.192 | 97.81% |
| | Sorpasso | | | | | | 236 | | |
| 88+400 | Marcia | | | | | | 507 | | |
| 88+500 | Marcia | | 0.34 | | 2.59 | | | 2.168 | 97.09% |
| | Sorpasso | | | | | | 200 | | |
| 88+600 | Marcia | | | | | | 582 | | |
| 88+700 | Sorpasso | | 0.41 | | 2.39 | | 373 | 2.173 | 95.74% |
| 88+750 | Marcia | | 0.37 | | 3.03 | | 938 | 2.197 | 98.24% |
| 88+900 | Marcia | | | | | | 267 | | |
| 89+000 | Marcia | | 0.36 | | 2.32 | | 245 | 2.167 | 100.58% |
| | Sorpasso | | | | | | 382 | | |
| 89+200 | Marcia | | | | | | 224 | | |
| | Sorpasso | | 0.40 | | 2.43 | | | 2.118 | 97.03% |
| 89+250 | Marcia | 0.31 | 0.31 | 2.29 | 3.57 | | | 2.100 | 92.32% |
| | Sorpasso | | | | | | 1146 | | |
| 89+300 | Marcia | | | | | | 247 | | |
| 89+350 | Sorpasso | | | | | | 357 | | |
| 89+400 | Marcia | | | | | | 399 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 490 | | |
| 89+450 | Marcia | | | | | | 185 | | |
| 89+500 | Marcia | | 0.27 | | 2.43 | | 195 | 2.129 | 93.57% |
| 89+550 | Sorpasso | | | | | | 347 | | |
| 89+700 | Marcia | | 0.35 | | 2.76 | | 798 | 2.129 | 96.17% |
| | Sorpasso | | 0.31 | | 2.86 | | 191 | 2.200 | 99.04% |
| 89+850 | Marcia | | | | | | 216 | | |
| | Sorpasso | | | | | | 348 | | |
| 90+000 | Marcia | | 0.31 | | 2.66 | | 933 | 2.198 | 103.47% |
| | Sorpasso | | | | | | 232 | | |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI

| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | |
|---|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa |
| 110+300 | Marcia | | 0.39 | | 4.73 | | 539.00 |
| | Sorpasso | | 0.33 | | 4.36 | | 290.00 |
| 110+500 | Marcia | | | | | | 737.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 594.00 |
| 110+600 | Marcia | | 0.38 | | 4.10 | | |
| | Sorpasso | | 0.28 | | 3.38 | | |
| 110+700 | Marcia | | | | | | 592.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 462.00 |
| 110+800 | Marcia | | | | | | 781.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 441.00 |
| 110+900 | Marcia | | 0.33 | | 3.69 | | 829.00 |
| | Sorpasso | | 0.35 | | 3.15 | | 294.00 |
| 111+000 | Marcia | | | | | | 587.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 435.00 |
| 111+200 | Marcia | | | | | | 861.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 921.00 |
| 111+400 | Marcia | | 0.34 | | 4.01 | | 961.00 |
| | Sorpasso | | 0.36 | | 3.24 | | 314.00 |
| 111+600 | Marcia | | | | | | 851.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 491.00 |
| 111+700 | Marcia | | 0.32 | | 3.66 | | |
| | Sorpasso | | 0.38 | | 3.48 | | |
| 111+200 | Marcia | | 0.33 | | 3.74 | | 562.00 |
| | Sorpasso | | 0.34 | | 3.38 | | 260.00 |
| 112+000 | Marcia | | 0.35 | | 3.19 | | 327.00 |
| | Sorpasso | | 0.33 | | 3.75 | | 237.00 |
| 112+200 | Marcia | | | | | | 754.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 313.00 |
| 112+300 | Marcia | | 0.37 | | 4.00 | | |
| | Sorpasso | | 0.31 | | 3.76 | | |
| 112+400 | Marcia | | | | | | 503.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 401.00 |
| da 112+450 a 113+450 tratto non soggetto a intervento | | | | | | | |
| 113+500 | Marcia | | | | | | 682.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 463.00 |
| 113+600 | Marcia | | 0.27 | | 2.76 | | 610.00 |
| | Sorpasso | | 0.28 | | 2.39 | | 455.00 |
| 113+700 | Marcia | | | | | | 389.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 577.00 |
| 113+800 | Marcia | | 0.25 | | 2.80 | | 655.00 |
| | Sorpasso | | 0.25 | | 2.45 | | 320.00 |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI

| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | |
|----------------------|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa |
| 113+900 | Marcia | | | | | | 655.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 433.00 |
| 114+000 | Marcia | | 0.25 | | 2.45 | | 689.00 |
| | Sorpasso | | 0.27 | | 3.29 | | 537.00 |
| 114+100 | Marcia | | | | | | 217.50 |
| 114+200 | Marcia | | 0.31 | | 3.62 | | 212.00 |
| | Sorpasso | | 0.32 | | 4.18 | | 509.00 |
| 114+300 | Marcia | | | | | | 639.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 414.00 |
| 114+400 | Marcia | | 0.31 | | 4.28 | | 639.00 |
| | Sorpasso | | 0.37 | | 4.10 | | 410.00 |
| 114+500 | Marcia | | | | | | 316.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 280.00 |
| 114+600 | Marcia | | 0.35 | | 4.01 | | 315.00 |
| | Sorpasso | | 0.32 | | 3.16 | | 276.00 |
| 114+700 | Marcia | | | | | | 425.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 527.00 |
| 114+800 | Marcia | | 0.32 | | 3.90 | | 364.00 |
| | Sorpasso | | 0.38 | | 4.12 | | 546.00 |
| 114+900 | Marcia | | | | | | 547.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 575.00 |
| 115+000 | Marcia | | 0.27 | | 4.12 | | 640.00 |
| | Sorpasso | | 0.27 | | 4.26 | | 568.00 |
| 115+100 | Marcia | | | | | | 309.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 667.00 |
| 115+200 | Marcia | | 0.30 | | 3.13 | | 245.00 |
| | Sorpasso | | 0.28 | | 3.13 | | 316.00 |
| 115+300 | Marcia | | | | | | 246.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 301.00 |
| 115+400 | Marcia | | 0.31 | | 3.33 | | 290.00 |
| | Sorpasso | | 0.34 | | 3.39 | | 281.00 |
| 115+500 | Marcia | | | | | | 270.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 248.00 |
| 115+600 | Marcia | | 0.29 | | 3.23 | | 266.00 |
| | Sorpasso | | 0.29 | | 2.87 | | 248.00 |
| 115+700 | Marcia | | | | | | 257.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 358.00 |
| 115+800 | Marcia | | 0.30 | | 3.42 | | 251.00 |
| | Sorpasso | | 0.32 | | 3.42 | | 342.00 |
| 115+900 | Marcia | | | | | | 437.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 251.00 |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|------------|----------------|-----------------------------|-------------|----------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| Progressiva | Corsia | BASE | | | BINDER | | | USURA | | |
| | | Prova di Trazione Indiretta | Bitume % | Massa volumica | Prova di Trazione Indiretta | Bitume % | Massa volumica | Prova di Trazione Indiretta | Bitume % | Massa volumica |
| | | Rt | | | Rt | | | Rt | | |
| Limiti capitolato | | 0,95 - 1,70 | 3,8 - 5,2% | | 0,95 - 1,70 | 4,1 ÷ 5,5 % | | 0,95 - 1,90 | 4,5 ÷ 6,1 % | |
| 111+500 | Marcia | 1.27 | | | | | | | | |
| | Sorpasso | 1.34 | | | 1.05 | | | | | |
| 111+700 | Sorpasso | | | | | | | 1.54 | 6.35 | 2.35 |
| 111+750 | Marcia | 1.41 | 4.88 | 2.24 | | | | | | |
| 111+800 | Marcia | | | | | | | 1.50 | 6.31 | 2.35 |
| 112+100 | Marcia | 2.68 | 4.86 | 2.34 | 2.33 | 5.36 | 2.33 | | | |
| 112+100 | Marcia | 1.34 | | | 1.34 | | | | | |
| | Sorpasso | 1.79 | | | 1.20 | | | | | |
| 112+300 | Marcia | 1.82 | | | 0.94 | | | | | |
| | Sorpasso | 1.45 | | | 1.17 | | | | | |
| 112+400 | Marcia | | | | 1.72 | 4.99 | 2.34 | | | |
| | Sorpasso | 1.98 | 4.60 | 2.44 | 2.16 | 5.00 | 2.45 | | | |
| 112+400 | Marcia | | | | 1.72 | 4.99 | 2.61 | | | |
| | Sorpasso | 1.54 | 4.60 | 2.48 | 1.95 | 5.00 | 2.48 | | | |
| da 112+450 a 113+450 tratto non soggetto a intervento | | | | | | | | | | |
| 113+650 | Sorpasso | 2.06 | 4.70 | 2.42 | | | | | | |
| 114+140 | Marcia | 2.14 | 4.70 | 2.42 | | | | | | |
| 114+220 | Marcia | | | | | | | 2.21 | 6.00 | 2.42 |
| 114+300 | Sorpasso | 2.08 | 4.70 | 2.41 | | | | | | |
| 114+320 | Sorpasso | | | | 1.35 | 4.20 | 2.32 | | | |
| 114+350 | Sorpasso | | | | | | | 2.15 | 5.90 | 2.41 |
| 114+400 | Sorpasso | | | | 1.34 | 4.10 | 2.34 | | | |
| 114+450 | Marcia | 2.03 | 4.10 | 2.44 | | | | | | |
| 114+600 | Sorpasso | | | | 1.26 | 4.30 | 2.36 | | | |
| 114+800 | Marcia | | | | 1.20 | 4.20 | 2.35 | | | |
| 115+000 | Sorpasso | | | | | | | 2.37 | 6.10 | 2.41 |
| 115+550* | Sorpasso | 1.06 | | | 1.85 | | | 1.37 | | |
| 115+700 | Sorpasso | 1.97 | 4.50 | 2.39 | | | | | | |
| 115+750 | Sorpasso | | | | 1.67 | 4.80 | 2.39 | | | |
| 115+750* | Marcia | 1.14 | | | 1.41 | | | 1.27 | | |
| 115+890 | Marcia | | | | | | | 2.61 | 6.10 | 2.41 |

*Prove eseguite all'Università Politecnica delle Marche

| PROVE SU CAROTE ESTRATTE DALLA PAVIMENTAZIONE | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---------------|-------------|-------------------------|---------|---------------|-------------|-------------------------|---------|---------------|-------------|-------------------------|---------|
| Progressiva | Corsia | BASE | | | | BINDER | | | | USURA | | | |
| | | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % |
| Limiti capitolato | | 120 | 3,8 - 5,2 % | | 3 - 9 % | 60 | 4,1 - 5,5 % | | 3 - 8 % | 40 | 4,5 - 6,1 % | | 3 - 8 % |
| 111+484 | Marcia | 120 | 4.42 | 2.256 | 10.30 | 65 | 4.68 | 2.324 | 6.37 | 48 | 6.51 | 2.274 | 6.28 |
| | Sorpasso | 138 | 4.59 | 2.367 | 4.41 | 66 | 4.94 | 2.325 | 5.78 | 50 | 6.39 | 2.231 | 8.48 |
| 111+772 | Marcia | 130 | 4.60 | 2.349 | 5.40 | 66 | 4.87 | 2.349 | 4.63 | 50 | 6.22 | 2.265 | 7.18 |
| | Sorpasso | 125 | 4.39 | 2.319 | 7.58 | 60 | 4.93 | 2.360 | 4.25 | 50 | 6.13 | 2.267 | 7.29 |
| 112+078 | Marcia | 125 | 4.41 | 2.371 | 4.85 | 64 | 4.86 | 2.351 | 5.07 | 52 | 6.46 | 2.309 | 5.10 |
| | Sorpasso | 130 | 4.51 | 2.369 | 4.44 | 65 | 4.77 | 2.349 | 5.43 | 48 | 6.57 | 2.266 | 6.89 |
| 112+100 | Sorpasso | | 3.90 | | | | 4.50 | | | | | | |
| 112+300 | Marcia | | | 2.400 | 3.70 | | | 2.320 | 6.50 | | | | |
| | Sorpasso | | | 2.420 | 2.90 | | | 2.350 | 5.30 | | | | |
| 112+376 | Marcia | 122 | 4.61 | 2.323 | 6.33 | 57 | 4.94 | 2.292 | 7.09 | 51 | 6.34 | 2.222 | 8.78 |
| | Sorpasso | 132 | 4.53 | 2.332 | 6.21 | 66 | 4.81 | 2.274 | 7.72 | 49 | 6.52 | 2.214 | 8.60 |
| da 112+450 a 113+450 tratto non soggetto a intervento | | | | | | | | | | | | | |
| 113+650 | Marcia | 127 | 4.20 | 2.410 | 3.20 | 68 | 4.50 | 2.301 | 7.80 | 40 | 5.80 | 2.286 | 7.30 |
| | Sorpasso | 130 | 4.40 | 2.336 | 6.00 | 57 | 4.90 | 2.358 | 4.00 | 43 | 5.90 | 2.220 | 9.70 |
| 113+900 | Marcia | 118 | 4.10 | 2.409 | 3.10 | 60 | 4.30 | 2.363 | 5.50 | 52 | 6.00 | 2.285 | 7.20 |
| | Sorpasso | 133 | 4.50 | 2.405 | 3.20 | 58 | 4.80 | 2.387 | 3.30 | 45 | 5.90 | 2.300 | 6.60 |
| 114+150 | Marcia | 130 | 4.30 | 2.391 | 3.90 | 57 | 4.30 | 2.329 | 6.70 | 48 | 5.90 | 2.279 | 7.20 |
| | Sorpasso | 130 | 4.40 | 2.414 | 3.20 | 68 | 4.60 | 2.345 | 5.20 | 42 | 5.80 | 2.283 | 7.20 |
| 114+400 | Marcia | 120 | 4.10 | 2.410 | 3.10 | 83 | 4.40 | 2.373 | 4.70 | 47 | 5.90 | 2.239 | 9.20 |
| | Sorpasso | 135 | 4.40 | 2.404 | 3.40 | 58 | 4.70 | 2.309 | 6.30 | 52 | 5.80 | 2.239 | 9.20 |
| 114+650 | Marcia | 120 | 4.00 | 2.376 | 4.80 | 67 | 4.30 | 2.348 | 5.90 | 43 | 5.80 | 2.287 | 7.00 |
| | Sorpasso | 120 | 4.50 | 2.407 | 3.20 | 60 | 4.70 | 2.325 | 5.60 | 50 | 5.90 | 2.202 | 10.50 |
| 114+900 | Marcia | 145 | 4.00 | 2.311 | 7.30 | 57 | 4.40 | 2.365 | 5.20 | 48 | 5.90 | 2.271 | 7.70 |
| | Sorpasso | 115 | 4.40 | 2.362 | 5.10 | 60 | 4.60 | 2.366 | 4.30 | 50 | 6.00 | 2.319 | 5.70 |
| 115+150 | Marcia | 133 | 4.20 | 2.406 | 3.30 | 55 | 4.30 | 2.375 | 4.80 | 45 | 6.00 | 2.278 | 7.30 |
| | Sorpasso | 120 | 4.40 | 2.410 | 3.00 | 60 | 4.80 | 2.304 | 6.50 | 53 | 6.00 | 2.281 | 7.20 |
| 115+400 | Marcia | 120 | 4.10 | 2.417 | 3.10 | 65 | 4.40 | 2.371 | 4.80 | 47 | 5.90 | 2.266 | 7.80 |
| | Sorpasso | 130 | 4.30 | 2.387 | 4.30 | 57 | 4.80 | 2.298 | 6.60 | 48 | 5.90 | 2.266 | 7.80 |
| 115+650 | Marcia | 115 | 4.10 | 2.514 | 3.10 | 65 | 4.40 | 2.296 | 7.90 | 50 | 5.90 | 2.289 | 7.10 |
| | Sorpasso | 120 | 4.40 | 2.334 | 6.20 | 65 | 4.60 | 2.292 | 7.00 | 50 | 5.80 | 2.280 | 7.50 |
| 115+900 | Marcia | 120 | 4.00 | 2.402 | 3.60 | 60 | 4.40 | 2.404 | 3.50 | 50 | 6.00 | 2.316 | 5.80 |
| | Sorpasso | 110 | 4.40 | 2.411 | 3.10 | 60 | 4.70 | 2.351 | 4.80 | 55 | 5.90 | 2.230 | 9.20 |

*Prove eseguite all'Università Politecnica delle Marche

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | 4 H | 24 H |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa |
| 121+800 | Marcia | 0.44 | | | 4.31 | | 469.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 379.00 |
| 121+700 | Marcia | | | | | | 383.00 |
| | Sorpasso | 0.24 | | | 2.42 | | 245.00 |
| 121+600 | Marcia | 0.34 | | | 3.31 | | 277.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 423.00 |
| 121+500 | Marcia | | | | | | 390.00 |
| | Sorpasso | 0.26 | | | 2.16 | | 336.00 |
| 121+400 | Marcia | 0.42 | | | 4.35 | | 465.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 383.00 |
| 121+300 | Marcia | | | | | | 237.00 |
| | Sorpasso | 0.26 | | | 2.26 | | 319.00 |
| 121+200 | Marcia | 0.21 | | | 1.82 | | 508.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 508.00 |
| 121+100 | Marcia | 0.26 | | | 2.84 | | 270.00 |
| | Sorpasso | 0.27 | | | 2.95 | | 248.00 |
| 121+000 | Marcia | 0.31 | | | 3.97 | | 412.00 |
| | Sorpasso | 0.27 | | | 2.40 | | 291.00 |
| 120+900 | Marcia | 0.26 | | | 3.30 | | 276.00 |
| | Sorpasso | 0.28 | | | 3.40 | | 342.00 |
| 120+800 | Marcia | | | | | | 434.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 348.00 |
| 120+700 | Marcia | 0.32 | | | 2.43 | | 286.00 |
| | Sorpasso | 0.33 | | | 2.25 | | 208.00 |
| 120+600 | Marcia | | | | | | 323.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 222.00 |
| 120+500 | Marcia | | | | | | 308.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 287.00 |
| 120+400 | Marcia | 0.31 | | | 2.34 | | 334.00 |
| | Sorpasso | 0.27 | | | 2.95 | | 241.00 |
| 120+300 | Marcia | | | | | | 444.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 308.00 |
| 120+200 | Marcia | 0.47 | | | 4.54 | | 481.00 |
| | Sorpasso | 0.28 | | | 4.36 | | 520.00 |
| 120+100 | Marcia | | | | | | 491.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 560.00 |
| 120+000 | Marcia | 0.34 | | | 3.75 | | 486.00 |
| | Sorpasso | 0.31 | | | 3.52 | | 470.00 |
| 119+900 | Marcia | | | | | | 772.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 885.00 |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | 4 H | 24 H |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa |
| 119+800 | Marcia | 0.26 | | | 2.05 | | 670.00 |
| | Sorpasso | 0.27 | | | 2.13 | | 412.00 |
| 119+700 | Marcia | | | | | | 520.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 395.00 |
| 119+600 | Marcia | 0.35 | | | 2.92 | | 354.00 |
| | Sorpasso | 0.37 | | | 3.45 | | 647.00 |
| 119+500 | Marcia | | | | | | 629.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 263.00 |
| 119+400 | Marcia | 0.28 | | | 2.83 | | 626.00 |
| | Sorpasso | 0.26 | | | 2.46 | | 694.00 |
| 119+300 | Marcia | | | | | | 521.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 347.00 |
| 119+000 | Marcia | 0.27 | | | 3.06 | | 473.00 |
| | Sorpasso | 0.29 | | | 3.39 | | 399.00 |
| 118+900 | Marcia | | | | | | 578.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 555.00 |
| 118+800 | Marcia | 0.29 | | | 3.24 | | 711.00 |
| | Sorpasso | 0.34 | | | 2.36 | | 389.00 |
| 118+700 | Marcia | | | | | | 639.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 397.00 |
| 118+600 | Marcia | 0.31 | | | 2.89 | | 589.00 |
| | Sorpasso | 0.29 | | | 2.76 | | 283.00 |
| 118+500 | Marcia | | | | | | 366.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 224.00 |
| 118+400 | Marcia | 0.29 | | | 3.66 | | 282.00 |
| | Sorpasso | 0.3 | | | 4.05 | | 231.00 |
| 118+300 | Marcia | | | | | | 318.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 225.00 |
| 118+200 | Marcia | 0.3 | | | 3.89 | | 636.00 |
| | Sorpasso | 0.33 | | | 3.94 | | 252.00 |
| 118+100 | Marcia | | | | | | 532.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 730.00 |
| 118+000 | Marcia | 0.35 | | | 3.85 | | 543.00 |
| | Sorpasso | 0.33 | | | 3.75 | | 614.00 |
| 117+900 | Marcia | | | | | | 533.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 215.00 |
| 117+800 | Marcia | 0.29 | | | 4.18 | | 583.00 |
| | Sorpasso | 0.44 | | | 4.57 | | 246.00 |
| 117+700 | Marcia | | | | | | 581.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 280.00 |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

| PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|
| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | |
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | 4 H | 24 H |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa |
| 117+600 | Marcia | 0.29 | | | 3.22 | | 458.00 |
| | Sorpasso | 0.42 | | | 4.82 | | 270.00 |
| 117+500 | Marcia | | | | | | 284.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 592.00 |
| 117+400 | Marcia | 0.32 | | | 3.55 | | 370.00 |
| | Sorpasso | 0.34 | | | 4.07 | | 385.00 |
| 117+300 | Marcia | | | | | | 336.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 337.00 |
| 117+200 | Marcia | 0.32 | | | 3.88 | | 581.00 |
| | Sorpasso | 0.29 | | | 3.70 | | 654.00 |
| 117+100 | Marcia | | | | | | 527.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 514.00 |
| 117+000 | Marcia | 0.36 | | | 4.86 | | 629.00 |
| | Sorpasso | 0.37 | | | 4.29 | | 554.00 |
| 116+900 | Marcia | | | | | | 675.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 450.00 |
| 116+800 | Marcia | 0.39 | | | 3.67 | | 711.00 |
| | Sorpasso | 0.36 | | | 3.83 | | 546.00 |
| 116+700 | Marcia | 0.29 | | | 2.61 | | 728.00 |
| | Sorpasso | 0.27 | | | 2.93 | | 455.00 |
| 116+600 | Marcia | | | | | | 386.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 310.00 |
| 116+500 | Marcia | 0.46 | | | 4.03 | | 670.00 |
| | Sorpasso | 0.28 | | | 2.76 | | 605.00 |
| 116+500 | Marcia | | | | | | 558.00 |
| 116+400 | Marcia | | | | | | 753.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 810.00 |
| 116+300 | Marcia | 0.41 | | | 4.42 | | 675.00 |
| | Sorpasso | 0.39 | | | 4.82 | | 533.00 |
| 116+300 | Marcia | | | | | | 509.00 |
| 116+215 | Sorpasso | | | | | | 976.00 |
| 116+200 | Marcia | | | | | | 561.00 |
| | Sorpasso | | | | | | 630.00 |
| 116+100 | Marcia | 0.29 | | | 3.36 | | 652.00 |
| 116+000 | Marcia | | | | | | 338.00 |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

| PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|------------|----------------|-----------------------------|-------------|----------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| Progressiva | Corsia | BASE | | | BINDER | | | USURA | | |
| | | Prova di Trazione Indiretta | Bitume % | Massa volumica | Prova di Trazione Indiretta | Bitume % | Massa volumica | Prova di Trazione Indiretta | Bitume % | Massa volumica |
| | | Rt | | | Rt | | | Rt | | |
| Limiti capitolato | | 0,95 - 1,70 | 3,8 - 5,2% | | 0,95 - 1,70 | 4,1 ÷ 5,5 % | | 0,95 - 1,90 | 4,5 ÷ 6,1 % | |
| 120+300 | Marcia | 1.260 | 3.90 | 2.527 | | | | | | |
| 120+250 | Marcia | 1.670 | 3.90 | 2.457 | | | | | | |
| 120+200 | Sorpasso | | | | | | | 1.220 | 5.70 | 2.388 |
| 120+100 | Sorpasso | 1.680 | 4.90 | 2.410 | 1.570 | 4.20 | 2.430 | | | |
| 120+000 | Marcia | | | | | | | 1.410 | 5.70 | 2.446 |
| 119+700 | Marcia | | | | | | | 1.580 | 5.70 | 2.395 |
| | Sorpasso | | | | | | | 1.430 | 6.00 | 2.388 |
| 119+300 | Sorpasso | 2.560 | 4.80 | 2.433 | | | | | | |
| 119+250 | Sorpasso | | | | | | | 0.980 | 5.50 | 2.468 |
| 119+250 | Marcia | | | | 1.610 | 4.10 | 2.429 | | | |
| | Sorpasso | | | | | | | 1.140 | 5.50 | 2.414 |
| 119+000 | Sorpasso | 1.660 | 5.10 | 2.431 | | | | | | |
| 118+850 | Marcia | | | | | | | 1.270 | 5.80 | 2.400 |
| 118+800 | Sorpasso | | | | 1.630 | 5.10 | 2.413 | 1.300 | 6.10 | 2.392 |
| 118+700 | Marcia | | | | 1.670 | 4.90 | 2.432 | | | |
| 118+600 | Marcia | 1.490 | 4.00 | 2.416 | | | | | | |
| 118+500 | Sorpasso | 1.270 | 3.40 | 2.454 | | | | | | |
| 118+500 | Sorpasso | 1.010 | 3.40 | 2.548 | | | | | | |
| 118+600 | Marcia | 1.490 | 4.00 | 2.416 | | | | | | |
| 118+300 | Marcia | 1.270 | 4.40 | 2.454 | | | | | | |
| 118+150 | Sorpasso | | | | 1.650 | 4.30 | 2.442 | | | |
| 117+250 | Sorpasso | 1.690 | 4.60 | 2.441 | | | | | | |
| 117+200 | Marcia | | | | 1.520 | 6.00 | 2.399 | | | |
| 117+150 | Marcia | 1.260 | 3.90 | 2.527 | | | | | | |
| 117+000 | Marcia | | | | 1.470 | 6.10 | 2.406 | | | |
| 116+900 | Sorpasso | 1.680 | 4.90 | 2.413 | | | | | | |
| 116+750 | Sorpasso | 1.660 | 4.50 | 2.437 | | | | | | |
| 116+700 | Sorpasso | | | | 1.670 | 5.50 | 2.410 | | | |
| 116+550 | Marcia | | | | | | | 1.580 | 5.70 | 2.395 |
| 116+350 | Sorpasso | | | | 1.420 | 4.90 | 2.498 | | | |
| 116+350 | Sorpasso | | | | 1.620 | 4.90 | 2.448 | | | |
| 116+200 | Marcia | | | | 1.620 | 4.80 | 2.442 | 1.480 | 6.00 | 2.403 |
| 116+100 | Sorpasso | 1.700 | 5.20 | 2.456 | | | | 1.140 | 5.50 | 2.414 |

PROVE SU CAROTE ESTRATTE DALLA PAVIMENTAZIONE

| Progressiva | Corsia | BASE | | | | BINDER | | | | USURA | | | |
|----------------------|----------|---------------|-------------|-------------------------|---------|---------------|-------------|-------------------------|---------|---------------|-------------|-------------------------|---------|
| | | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % | Spessore [mm] | Bitume % | Massa volumica [kg/dm³] | Vuoti % |
| Limiti di capitolato | | 120 | 3,8 - 5,2 % | | 3 - 9 % | 60 | 4,1 - 5,5 % | | 3 - 8 % | 40 | 4,5 - 6,1 % | | 3 - 8 % |
| 121+100 | Marcia | 125 | 3.90 | 2.446 | 3.20 | 55 | 4.80 | 2.268 | 9.20 | 45 | 6.20 | 2.239 | 7.40 |
| | Sorpasso | 124 | 5.00 | 2.428 | 2.20 | 63 | 4.70 | 2.414 | 3.50 | 49 | 5.60 | 2.271 | 7.90 |
| 120+850 | Marcia | 135 | 3.90 | 2.448 | 3.10 | 39 | 4.90 | 2.383 | 4.70 | 48 | 6.10 | 2.349 | 3.10 |
| | Sorpasso | 115 | 4.90 | 2.418 | 3.10 | 68 | 4.70 | 2.386 | 5.50 | 35 | 5.60 | 2.272 | 7.90 |
| 120+600 | Marcia | 120 | 3.90 | 2.448 | 3.20 | 59 | 4.80 | 2.306 | 7.80 | 57 | 6.50 | 2.344 | 3.20 |
| | Sorpasso | 120 | 4.90 | 2.415 | 3.10 | 61 | 4.70 | 2.316 | 7.60 | 56 | 5.90 | 2.374 | 3.80 |
| 120+350 | Marcia | 145 | 3.80 | 2.297 | 9.10 | 55 | 4.90 | 2.257 | 9.70 | 75 | 6.10 | 2.347 | 3.20 |
| | Mezzeria | 153 | 4.90 | 2.294 | 7.90 | 57 | 4.70 | 2.319 | 7.50 | 57 | 5.50 | 2.274 | 7.90 |
| 120+100 | Sorpasso | 135 | 4.90 | 2.344 | 5.80 | 66 | 4.70 | 2.361 | 5.80 | 46 | 5.80 | 2.366 | 4.10 |
| | Marcia | 140 | 3.80 | 2.412 | 4.60 | 55 | 4.90 | 2.335 | 6.60 | 60 | 5.70 | 2.337 | 4.50 |
| 119+700 | Sorpasso | 130 | 4.90 | 2.414 | 3.20 | 50 | 4.70 | 2.374 | 5.30 | 53 | 5.60 | 2.367 | 4.10 |
| | Marcia | 90 | 4.90 | 2.408 | 3.20 | 70 | 4.70 | 2.369 | 5.40 | 55 | 5.50 | 2.329 | 5.50 |
| 119+464 | Sorpasso | 140 | 4.90 | 2.411 | 3.10 | 55 | 4.70 | 2.391 | 4.50 | 50 | 5.60 | 2.345 | 4.90 |
| | Marcia | 130 | 4.90 | 2.416 | 3.20 | 55 | 4.70 | 2.327 | 7.20 | 40 | 5.50 | 2.326 | 5.80 |
| 119+250 | Sorpasso | 125 | 4.90 | 2.420 | 3.00 | 45 | 4.70 | 2.319 | 7.50 | 48 | 5.60 | 2.275 | 7.80 |
| | Marcia | | | | | 75 | 4.80 | 2.306 | 7.80 | 36 | 6.10 | 2.346 | 3.20 |
| 119+000 | Sorpasso | | | | | 48 | 4.70 | 2.324 | 4.60 | 43 | 5.50 | 2.352 | 7.20 |
| | Marcia | 122 | 3.90 | 2.331 | 7.80 | 61 | 4.90 | 2.307 | 7.70 | 37 | 6.10 | 2.309 | 4.70 |
| 118+894 | Sorpasso | 112 | 4.90 | 2.344 | 5.80 | 55 | 4.70 | 2.355 | 6.20 | 44 | 5.50 | 2.288 | 7.40 |
| | Marcia | 169 | 3.90 | 2.402 | 5.00 | 78 | 4.90 | 2.319 | 7.10 | 47 | 6.10 | 2.338 | 3.60 |
| 118+650 | Sorpasso | 153 | 4.90 | 2.413 | 3.20 | 57 | 4.70 | 2.307 | 7.90 | 46 | 5.50 | 2.286 | 7.30 |
| | Marcia | 128 | 3.90 | 2.369 | 6.30 | 68 | 4.80 | 2.321 | 7.20 | 45 | 6.10 | 2.232 | 7.80 |
| 118+400 | Sorpasso | 122 | 4.90 | 2.411 | 3.10 | 65 | 4.70 | 2.315 | 7.70 | 45 | 5.60 | 2.298 | 6.80 |
| | Marcia | 92 | 3.90 | 2.352 | 7.10 | 78 | 4.90 | 2.304 | 7.80 | 45 | 6.20 | 2.282 | 5.60 |
| 118+150 | Sorpasso | 121 | 4.90 | 2.415 | 3.10 | 55 | 4.70 | 2.311 | 7.80 | 44 | 5.50 | 2.282 | 7.60 |
| | Marcia | 111 | 3.90 | 2.344 | 7.30 | 63 | 4.80 | 2.310 | 7.60 | 45 | 6.10 | 2.347 | 3.00 |
| 118+000 | Sorpasso | 117 | 4.90 | 2.415 | 3.20 | 65 | 4.70 | 2.313 | 7.80 | 40 | 5.50 | 2.361 | 4.30 |
| | Marcia | 120 | 3.90 | 2.409 | 4.70 | 65 | 4.80 | 2.304 | 7.90 | 40 | 6.10 | 2.316 | 4.30 |
| 117+520 | Sorpasso | 115 | 4.90 | 2.414 | 3.00 | 65 | 4.70 | 2.348 | 6.40 | 40 | 5.20 | 2.322 | 6.90 |
| | Marcia | 125 | 4.60 | 2.416 | 3.20 | 48 | 4.90 | 2.302 | 7.90 | 57 | 5.80 | 2.358 | 3.80 |
| 117+200 | Sorpasso | 105 | 4.70 | 2.423 | 3.00 | 66 | 4.90 | 2.336 | 6.40 | 60 | 5.70 | 2.282 | 7.00 |
| | Marcia | 121 | 4.70 | 2.411 | 3.30 | 70 | 4.80 | 2.390 | 4.30 | 52 | 5.70 | 2.260 | 7.80 |
| 116+700 | Sorpasso | 142 | 4.60 | 2.414 | 3.40 | 53 | 4.80 | 2.302 | 7.90 | 45 | 5.70 | 2.320 | 5.30 |
| | Marcia | 132 | 4.70 | 2.415 | 3.10 | 58 | 4.70 | 2.309 | 7.80 | 50 | 5.80 | 2.358 | 3.80 |
| 116+400 | Sorpasso | 132 | 4.60 | 2.275 | 8.80 | 80 | 4.90 | 2.308 | 7.60 | 62 | 5.80 | 2.360 | 3.60 |
| | Marcia | 118 | 4.70 | 2.355 | 5.60 | 67 | 4.80 | 2.385 | 4.60 | 45 | 5.70 | 2.306 | 5.80 |
| 116+000 | Sorpasso | 122 | 4.70 | 2.419 | 3.00 | 50 | 4.80 | 2.343 | 6.20 | 40 | 5.60 | 2.369 | 3.40 |
| | Marcia | 117 | 4.80 | 2.296 | 7.80 | 66 | 4.80 | 2.305 | 7.90 | 46 | 5.60 | 2.296 | 6.50 |
| | Sorpasso | 118 | 4.60 | 2.410 | 6.80 | 62 | 4.70 | 2.313 | 7.70 | 45 | 5.70 | 2.287 | 3.50 |

PROVE SU STABILIZZAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE IN SITU CON LEGANTI

| Progressiva | Corsia | Provini confezionati in cantiere* | | | | LWD | | Densità in sito | Grado di compattazione |
|----------------------|----------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|---------|----------|-----------|-----------------|------------------------|
| | | Resistenza a trazione indiretta | | Resistenza a compressione | | 4 H | 24 H | | |
| | | 3 GG | 7 GG | 3 GG | 7 GG | | | | |
| Limiti di capitolato | | 0,20÷0,45 MPa | 0,25÷0,50 MPa | 1,3÷3,5 MPa | 2÷5 MPa | > 60 MPa | > 200 MPa | | > 94% |
| 126+400 | Marcia | | 0.35 | | 4.32 | 286 | | | |
| | Sorpasso | | 0.28 | | 4.02 | | 516 | 1.982 | 99.45% |
| 126+300 | Marcia | | | | | 521 | | | |
| | Sorpasso | | | | | | 532 | | |
| 126+250 | Marcia | | 0.29 | | 4.09 | | | | |
| 126+200 | Sorpasso | | | | | | 760 | | |
| 126+100 | Marcia | | 0.30 | | 3.63 | 633 | | 2.038 | 99.17% |
| | Sorpasso | | 0.33 | | 3.66 | | 263 | 1.960 | 100.20% |
| 126+050 | Marcia | | | | | | | | |
| 126+000 | Marcia | | | | | 279 | | | |
| 125+950 | Sorpasso | | | | | 36 | | | |
| 125+900 | Marcia | | | | | | 1185 | | |
| 125+800 | Marcia | 0.21 | 0.29 | 2.40 | 4.65 | | 1562 | 2.111 | 100.19% |
| | Sorpasso | | 0.26 | | 2.59 | | 740 | 2.104 | 99.19% |
| 125+750 | Marcia | | 0.26 | | 3.75 | | | | |
| 125+700 | Marcia | | | | | | 2369 | | |
| 125+620 | Marcia | | | | | | 279 | | |
| 125+570 | Marcia | | | | | 230 | | | |
| 125+500 | Marcia | | | | | 392 | | | |
| 125+500 | Marcia | | 0.29 | | 3.94 | | | 2.067 | 97.63% |
| | Sorpasso | | 0.31 | | 4.49 | | 380 | 1.932 | 98.14% |
| 125+400 | Marcia | | | | | 249 | | | |
| 125+300 | Marcia | | | | | 235 | | | |
| 125+250 | Marcia | | 0.27 | | 2.07 | | | | |
| 125+200 | Marcia | | 0.26 | | 3.02 | 348 | | 2.011 | 96.12% |
| | Sorpasso | | 0.25 | | 2.23 | | 405 | 2.000 | 98.25% |
| 125+100 | Marcia | | | | | 338 | | | |
| 125+000 | Marcia | | | | | 225 | | | |
| 124+900 | Marcia | | 0.26 | | 2.38 | 263 | | 2.058 | 97.91% |
| | Sorpasso | | 0.29 | | 3.42 | | 306 | 1.946 | 101.08% |
| 124+800 | Marcia | | | | | 871 | | | |
| 124+750 | Marcia | | 0.37 | | 3.04 | | | | |
| 124+700 | Marcia | | | | | 950 | | | |
| 124+600 | Marcia | | 0.29 | | 2.09 | 581 | | 2.030 | 97.88% |
| | Sorpasso | | 0.39 | | 4.53 | | 691 | 2.054 | 98.34% |
| 124+500 | Marcia | | | | | 2034 | | | |
| 124+400 | Marcia | | | | | 439 | | | |
| 124+300 | Marcia | | 0.32 | | 3.30 | 294 | | 2.036 | 99.41% |
| | Sorpasso | | 0.27 | | 2.50 | | 2609 | 2.060 | 98.93% |
| 124+250 | Marcia | | 0.26 | | 2.33 | | | | |
| 124+220 | Marcia | | | | | 906 | | | |

*Provini di diametro 150 mm, altezza 100-130 mm per la trazione indiretta e 160-200 per la prova a compressione, compattati con 180 giri di pressa giratoria

ALLEGATO D

CONFRONTO TSD PRIMA E DOPO GLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE

