

Il controllo prestazionale della segnaletica stradale orizzontale. Un caso applicativo sulla rete stradale dell'ANAS in Sardegna

Michele Coghe

Responsabile Tecnico ANAS S.p.A. ¹

Abstract

L'articolo illustra un caso applicativo di verifica dei lavori di Manutenzione Ordinaria Ricorrente della segnaletica orizzontale su una porzione significativa di rete stradale della Sardegna che consta di circa 400 km di Strade Statali del Nord-Ovest dell'Isola afferenti al Centro Manutentorio di Sassari.

La discussione è incentrata sul Capitolato Speciale d'Appalto prestazionale di ANAS – che ha sostituito da qualche anno quello prescrittivo – e sul metodo di verifica delle prestazioni della segnaletica stradale orizzontale con tecniche ad alto rendimento. Partendo dal caso applicativo verrà, inoltre, fatto cenno alle difficoltà operative che rendono problematica l'implementazione e la conservazione di una segnaletica di qualità anche in rapporto alla programmazione degli altri interventi di manutenzione.

1. Premessa

La rete stradale statale di competenza ANAS in Sardegna ha un'estensione di circa **2.925 km**, suddivisi in 477 km a 4 corsie e 2.448 km a 2 corsie. Nell'elenco delle Statali sarde figurano le strade, o tratti di esse, che non fanno parte della Rete Stradale Nazionale così come individuata dal D.Lgs. 461/99 e s.m.i. a tutt'oggi gestite dall'ANAS S.p.A.

Dal punto di vista amministrativo l'Isola è sede di un Compartimento, localizzato a Cagliari, e di una Sezione Staccata, che si trova a Sassari. L'Esercizio della rete stradale compresa tra il Sud Sardegna e la S.S. 129 “*Trasversale Sarda*” afferisce direttamente al Compartimento, mentre il resto della rete fino al Nord Sardegna è competenza della Sezione Staccata.

Per avere un'idea dell'organizzazione dell'esercizio stradale si consideri che con l'emanazione del D.P.R. 11 dicembre 1981, n. 1126 è stato approvato - in sostituzione di quello previgente (D.P.R. 20 maggio 1966, n. 866) - il “*Regolamento del servizio di manutenzione delle strade ed autostrade statali dell'Azienda Nazionale Autonoma delle Strade (A.N.A.S.) e del personale addetto*”, che ha abrogato la figura tradizionale del “cantoniere” con la relativa organizzazione delle tratte stradali per “cantoni” di lunghezza limitata.

Il servizio di manutenzione è stato così organizzato gerarchicamente per Squadre, Nuclei e Centri di Manutenzione. In Sardegna ciò ha comportato la suddivisione della rete in sette Centri di Manutenzione (di cui 4 afferenti al Compartimento e 3 alla Sezione Staccata), ciascuno costituito da quattro Nuclei (vedasi Figura n. 1).

Ogni Nucleo di Manutenzione, la cui rete stradale di competenza ha uno sviluppo normale di circa 100 km, è suddiviso in due sub-reti affidate ad altrettante Squadre di Manutenzione delle quali fanno parte un Capo Cantoniere con funzioni di “Capo Squadra” e uno o più Cantonieri, nonché un Capo Cantoniere “Sorvegliante”, cui sono demandate anche funzioni amministrative e di raccordo con gli organi superiori.

¹ Si ringraziano il Direttore della Direzione Centrale Relazioni Esterne e Rapporti Istituzionali dell'ANAS S.p.A. Dott. Giuseppe Scanni ed il Capo Compartimento della Sardegna Ing. Valerio Mele, per aver concesso l'autorizzazione a partecipare alla giornata di studi. Si ringraziano, inoltre, i colleghi del Centro Sperimentale Stradale ANAS di Cesano per la piena disponibilità nel fornire ogni dato utile al lavoro e per la competenza dimostrata. Un ringraziamento vada al geom. Franco Lisci dell'Ufficio Catasto Strade del Compartimento di Cagliari per aver prodotto le figure nn. 1 e 6 con la consueta disponibilità.

L'evoluzione dei sistemi di gestione delle reti e lo sviluppo delle nuove tecnologie, uniti al cambiamento dei flussi e della tipologia di traffico che interessano la rete stradale, hanno suggerito alla Direzione Generale dell'ANAS di immaginare un nuovo modello di gestione dell'Esercizio della rete che, tuttavia, è ancora a livello sperimentale.

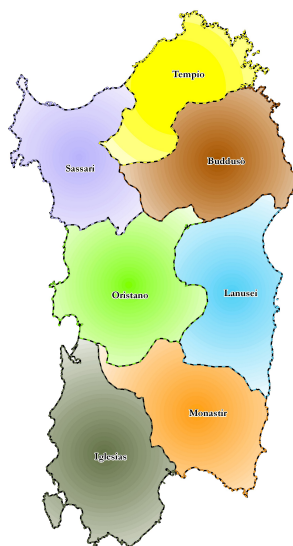


Figura n. 1 – Suddivisione della rete ANAS in Centri di Manutenzione

Tra le funzioni attribuite ad ANAS, la Manutenzione Ordinaria (M.O.) e Straordinaria (M.S.) delle strade in gestione diretta assumono un ruolo centrale; in particolare, in riferimento al presente lavoro, l'azione di *adeguamento, miglioramento e tutela della segnaletica stradale* rappresenta uno dei capisaldi della *mission* della Società, anche in relazione alla *sicurezza della circolazione, all'informazione degli utenti ed allo sviluppo della ricerca e della sperimentazione*.

2. La manutenzione della segnaletica stradale orizzontale

La segnaletica orizzontale rappresenta per l'utente stradale uno degli elementi di sicurezza attiva più importanti, sia di giorno che, soprattutto, in caso di scarsa visibilità, notturna o in condizioni ambientali avverse (nebbia, neve, pioggia). Essa, infatti, permette all'utente di regolare la propria condotta di guida fornendo la corretta informazione ottica del tratto stradale percorso, molto spesso in combinazione con la segnaletica marginale complementare.

A sottolineare l'importanza della segnaletica orizzontale occorre ricordare, inoltre, che secondo quanto indicato dall'Art. 137, comma 2 del D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 “*Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada*”, i segnali orizzontali possono essere usati anche da soli con autonomo valore prescrittivo, senza bisogno di altri segnali.

La segnaletica orizzontale, tra le altre cose, indirizza sulla corretta traiettoria il traffico in carreggiata, delimitando contestualmente i confini di quest'ultima; avvisa l'utente se esistono situazioni specifiche o pericolose lungo la strada; avverte della possibilità di effettuare o meno la manovra di sorpasso; integra alcune informazioni fornite dalla segnaletica verticale [1].

La segnaletica compare anche tra i criteri di progettazione SER² (*self explaining roads*), ossia quelli che

² Il concetto SER si riferisce ad un ambiente stradale che genera un comportamento di guida sicuro indotto dall'ambiente stesso [1].

informano il disegno delle “strade che si spiegano da sé”, cioè intrinsecamente sicure; tra questi criteri è compreso quello per cui “gli elementi della segnaletica stradale dovrebbero soddisfare criteri di visibilità standard” in modo da indurre gli utenti ad un comportamento di autodisciplina coerente al limite di velocità desiderato in rapporto alla categoria di strada percorsa. In altri termini, secondo questi criteri, una segnaletica con standard di visibilità assegnati in funzione della categoria di strada, consentirebbe alla componente del sistema stradale “Utente-Infrastruttura” di autoregolarsi, senza imporre limiti di velocità.

Non appare casuale, pertanto, il fatto che nell'elenco degli Indicatori di Qualità inclusi nella vigente Carta dei Servizi stradali e autostradali di ANAS S.p.A., sia presente il “*Valore medio della riflettanza della segnaletica orizzontale rilevata sulle tratte campione*” [2].

Da quanto sopra deriva l'importanza di una continua ed efficace manutenzione della segnaletica orizzontale da parte dell'Ente gestore, il quale potrebbe essere chiamato dalla legge a rispondere di eventuali inadempienze in merito. Tale responsabilità, che negli anni è cresciuta in maniera proporzionale all'aumento esponenziale dei veicoli e degli utenti circolanti sulle reti stradali, ha portato gli Enti gestori all'adozione di Capitolati Speciali di Appalto dei lavori di segnaletica basati sulla “prestazione” del prodotto finale in termini di visibilità, anziché sulla semplice elencazione di prescrizioni puramente “descrittive” sulla composizione e quantità dei materiali e delle relative procedure di posa.

3. Il Capitolato Speciale d'Appalto prestazionale dell'ANAS S.p.A.

3.1 - Requisiti di prestazione della segnaletica orizzontale

Il Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS S.p.A., nella Parte II - Norme Tecniche [3], richiama la norma UNI EN 1436:2008 - “*Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada*”³ per specificare le prestazioni che la segnaletica orizzontale di colore bianco e giallo deve possedere per garantire all'utente della strada una buona funzionalità [4].

I requisiti richiesti, definiti dalla norma, devono essere garantiti al momento della posa in opera e mantenuti per tutta la durata di vita funzionale prevista. In particolare, i requisiti le cui prestazioni saranno controllate ai fini della valutazione della Direzione dei Lavori sono i seguenti:

1. la riflessione alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale, misurato mediante il **coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa, Q_d** , espresso in $[mcd \times m^{-2} \times lx^{-1}]$. Il **Q_d** rappresenta la luminosità di un segnale orizzontale (intesa come quantità di luce diffusa dal segnale in direzione dell'osservatore) come viene percepita dai conducenti degli autoveicoli alla luce del giorno tipica o media o in presenza di illuminazione stradale (*visibilità diurna*);
2. la retroriflessione in condizioni di illuminazione con i proiettori dei veicoli, misurata mediante il **coefficiente di luminanza retroriflessa, R_L** , espressa in $[mcd \times m^{-2} \times lx^{-1}]$. Il coefficiente **R_L** rappresenta la luminosità di un segnale orizzontale (intesa come quantità di luce retroriflessa dal segnale in direzione dell'osservatore) come viene percepita dai conducenti degli autoveicoli in condizioni di illuminazione con i proiettori dei propri veicoli (*visibilità notturna*);
3. il **colore**, individuato attraverso i valori delle coordinate **x** e **y** nel diagramma colorimetrico standard CIE (ISO/CIE 10526-1999);
4. il valore della **resistenza al derapaggio**, espresso in unità **SRT** (Skid Resistance Test Value).

³ Essa costituisce il recepimento in lingua italiana della norma europea EN 1436+A1:2008 (ed. ottobre 2008) che assume così lo *status* di norma nazionale italiana. Essa è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale dal 4 dicembre 2008.

Per ognuno dei requisiti sopra richiamati, il Capitolato ANAS riporta le relative “soglie di accettabilità”, ossia i valori minimi di prestazione che la segnaletica orizzontale dovrà rispettare per tutta la sua durata di vita funzionale, che sinteticamente si richiamano nella seguente Tabella 1:

Requisito prestazionale	Unità di misura	Soglia di Accettabilità	Classe secondo UNI EN 1436:2008	Durata di vita funzionale	Supporto
Q_d	$\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$	≥ 100	Q2	3 anni	Asfalto asciutto
R_L	$\text{mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lx}^{-1}$	≥ 150	R3	3 anni	Asfalto asciutto
		≥ 35	RW2	3 anni	Asfalto bagnato
Colore	Coordinate cromatiche CIE x ed y	Bianco incluso nell'Area 3 del grafico cromatico standard CIE		3 anni	Asfalto asciutto
Resistenza al derapaggio	SRT	≥ 50	S2	3 anni	Asfalto bagnato

Tabella n. 1 – Prestazioni della segnaletica orizzontale secondo il vigente CSdA dell'ANAS

I valori minimi sopra indicati devono essere garantiti indipendentemente dall'eventuale usura causata dalle operazioni di manutenzione invernale del piano viabile e se l'usura risultasse eccessiva, dovranno essere ripristinati a cura e spese dell'impresa appaltatrice durante l'intera durata dell'appalto.

Il mancato rispetto anche di un solo requisito è da considerarsi come un “mancato servizio” e quindi tale da giustificare le detrazioni e le penali puntualmente previste dalla Parte I - Norme Generali del CsdA [5].

3.2 - Verifica delle prestazioni della segnaletica orizzontale

Per la verifica delle prestazioni della segnaletica orizzontale, il Capitolato ANAS – richiamando anche in tal caso la Norma Europea – prevede la possibilità di misure “puntuali” o “globali” dei requisiti: le prime si possono attingere con apposita strumentazione portatile⁴ e consentono il controllo puntuale di *tutti i requisiti* richiesti; le seconde si ottengono con strumenti ad alto rendimento montati su veicoli e consentono il controllo in continuo della *luminanza retroriflessa* e della *resistenza al derapaggio*.

La norma UNI EN 1436:2008 stabilisce i criteri di misurazione della prestazione dei requisiti e le specifiche che gli strumenti devono rispettare: questi criteri e specifiche sono integrati all'interno del Capitolato prestazionale dell'ANAS.

3.3 - Metodologia ad alto rendimento. Il veicolo DELPHI del CSS ANAS di Cesano (RM)

Richiamando quanto detto al precedente paragrafo 2 in merito alla percezione visiva dell'ambiente stradale quale fattore critico per la guida, per essere efficienti le strisce devono presentare un'appropriato “standard visivo”. Come base per il controllo del veicolo, l'abilità di vedere e percepire è funzione del contrasto fra strada e sfondo, particolarmente di notte; la necessità del contrasto decresce con la luminanza dello sfondo, perciò c'è una migliore distinzione di giorno. La visibilità diurna presenta meno problemi perché l'informazione visiva necessaria è indirettamente disponibile, provenendo dalle caratteristiche stradali e dal terreno circostante; quindi di giorno la segnaletica orizzontale è meno importante per la guida.

⁴ Riflettometri per la misura della visibilità diurna Q_d ; Retroriflettometri per la misura della visibilità notturna R_L ; Colorimetri e spettrofotometri portatili per la misura del colore e della luminanza; Skid Resistance Tester a pendolo per la misura della resistenza al derapaggio SRT [6].

Di notte, in assenza di illuminazione, questi segnali indiretti (ossia l'ambiente stradale) sono meno efficienti e l'automobilista deve affidarsi alle strisce per percepire la traiettoria più sicura: la visibilità a lunga distanza è ridotta quando il contrasto e la luminanza sono minori. La pioggia ed altre condizioni meteorologiche avverse abbassano ulteriormente la visibilità della segnaletica da parte conducente [7].

Pertanto il valore che di norma deve essere controllato ai fini delle valutazioni della D.L. per l'accettabilità "globale" dei lavori di ripasso, è *prioritariamente* la retroriflessione con luce artificiale (visibilità notturna) ossia il requisito rappresentato dal **Coefficiente di luminanza retroriflessa R_L** .

Nel Capitolato prestazionale ANAS tale parametro è utilizzato per rappresentare, valutare e controllare le prestazioni della segnaletica orizzontale permanente installata lungo le Strade Statali [8]. A questo fine, il Capitolato prevede l'intervento del **Centro Sperimentale Stradale ANAS (CSS)** di Cesano (RM) con il veicolo **DELPHI** (felice acronimo di DELineation PHotometric Instrument, rappresentato nella Figura n. 3), per la misura automatica a velocità sostenuta del "Coefficiente di luminanza retroriflessa R_L " dei materiali per segnaletica orizzontale presenti sulla carreggiata stradale⁵.



Figura n. 3 – Il veicolo DELPHI (DELineation PHotometric Instrument) del CSS ANAS [8]

Rispetto alle misure eseguite con rilievi statici e puntuali, il DELPHI presenta il vantaggio di operare misure in continuo a velocità anche superiori ai 90 km/h; di muoversi nel traffico ordinario senza richiedere assistenza esterna; di evitare i rischi connessi con la presenza di operatori su strada esposti al traffico. Inoltre, la testa di misura può essere montata su entrambi i lati del veicolo per rilevare contemporaneamente la segnaletica di margine a destra e a sinistra, sia sulle strisce longitudinali continue che discontinue.

Il DELPHI impiega un'apparecchiatura di lettura *Zehntner ZDR6020* con geometria standard normalizzata dall'Allegato B della UNI EN 1436:2008, così come riprodotta nella seguente Figura n. 4.

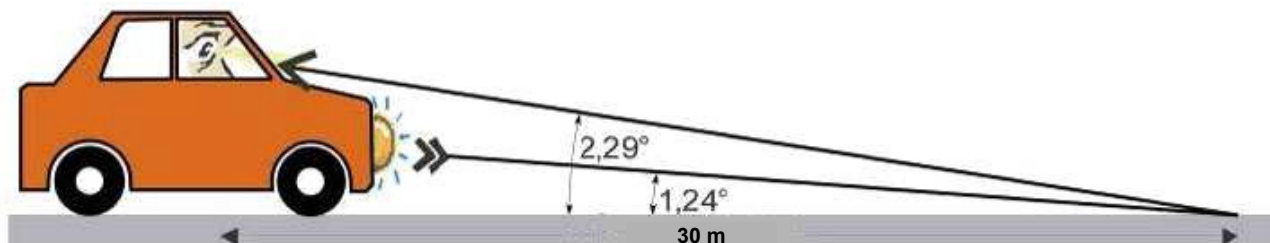


Figura n. 4 – Geometria di misurazione secondo UNI EN 1436:2008 – Appendice B, punto B.3 (tratta da [8])

L'apparecchiatura è essenzialmente costituita da una testa di misura in cui è presente una sorgente luminosa standard che illumina la segnaletica stradale con angolo pari a 1,24°; all'interno della testa di

⁵ La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ha definito il parametro " R_L " come il quoziente tra la luminanza L della superficie retroriflettente nella direzione di osservazione e l'illuminamento E ricevuto attraverso un piano passante per il centro del retroriflettore e perpendicolare alla direzione della luce incidente (definizione CIE 845-04-98).

misura sono collocati 16 sensori sensibili alla luce riflessa, che sono in grado di misurare la retroriflessione della segnaletica secondo un angolo di osservazione pari a $2,29^\circ$. L'altezza dell'occhio dell'osservatore dal piano stradale è fissata a 1,20 metri, mentre l'altezza del proiettore dallo stesso piano è di 0,65 metri⁶.

Come si vede in figura, la geometria di misura simula la visibilità della segnaletica orizzontale a 30 m come osservata dall'occhio dell'utente quando l'illuminamento è prodotto dai fari del veicolo.

Le prove su strada sono sempre precedute da una calibrazione delle apparecchiature, sia per la testa di misura fotometrica che per l'odometro di misura della distanza, secondo le indicazioni fornite dalla casa costruttrice.

L'apparecchiatura oltre alla registrazione dell'indice R_L , consente la misura sincronizzata di altri utili dati quali: coordinate GPS, temperatura ambientale, umidità relativa, velocità di rilievo, immagini, registrazioni vocali e registrazioni di eventi, arricchendo così la base dati connessa alla rete stradale rilevata.

I valori della visibilità notturna vengono rilevati in continuo con un passo non minore di 40 cm (normalmente è stabilito in 50 cm), ottenendo così una serie numerosissima di dati puntuali, caratterizzata da una significativa dispersione a causa di errori casuali o piccole disomogeneità dei materiali.

Al fine di rendere trattabili questi dati essi sono accorpati, mediante un apposito software collegato al programma di restituzione dei dati di retroriflessione, in *classi* caratterizzate dal "valore medio" calcolato ogni 50 o 100 metri, così da suddividere i tratti rilevati in "tronchi di misura omogenei" come indicato nella seguente Figura n.5:

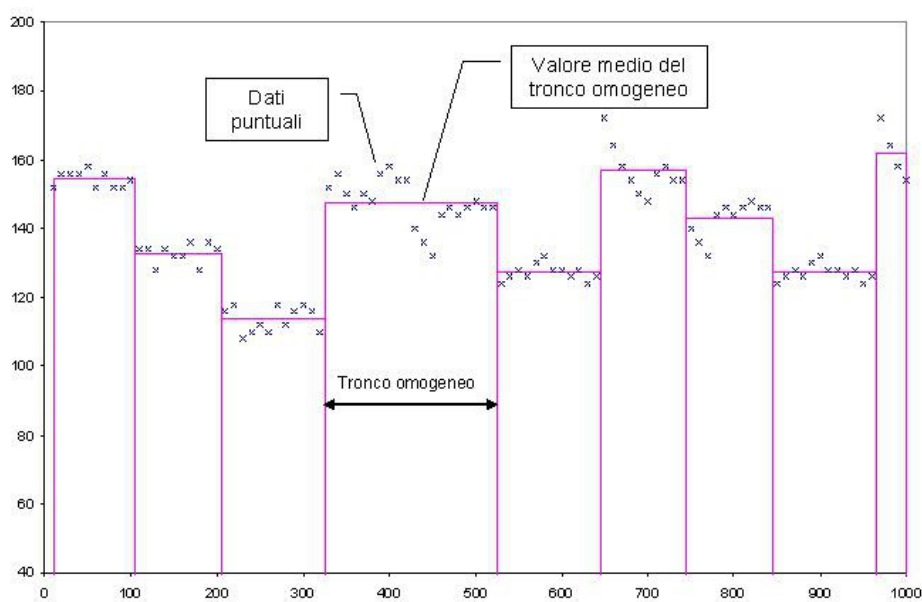


Figura n. 5 – Rappresentazione esemplificativa della divisione in tronchi omogenei di misura di R_L [3]

Un **tronco di misura omogeneo** è definito come un tratto di segnaletica per il quale ha senso definire un valore medio ed una varianza della misura considerata (con i valori dell'indicatore ripartiti secondo una distribuzione "Normale") e per il quale la differenza con le medie del tronco precedente e successivo risulta significativa⁷. Il valore medio di cui sopra sarà utilizzato per verificare i requisiti prestazionali del fattore di luminanza retroriflessa R_L e per l'accettazione o meno dei lavori eseguiti dall'impresa, secondo la procedura

⁶ Per una disamina completa del fenomeno della retroriflessione della segnaletica orizzontale si vedano [6] e [7]

⁷ Il tronco omogeneo si può anche calcolare con misure di tipo puntuale, purché queste siano sufficientemente numerose

descritta nel seguito.

3.4 - L'indicatore di qualità globale della segnaletica orizzontale (I_{SEGN})

I valori di R_L rilevati per i tronchi omogenei saranno utilizzati per il calcolo di un "indicatore sintetico" di qualità della segnaletica orizzontale nella porzione di rete stradale analizzata, relativamente alla visibilità notturna, ossia l'**Indicatore di Qualità della Segnaletica** I_{SEGN} definito dalla formula:

$$I_{SEGN} = (\%A + 0,75 \times \%B + 0,50 \times \%C)$$

dove %A, %B, %C rappresentano le distribuzioni percentuali per classi dei valori misurati di R_L secondo la tabella di seguito riportata:

CLASSIFICA DEI VALORI R_L MISURATI		
A	$160 \leq R_L$	Molto buono
B	$140 \leq R_L < 160$	Buono
C	$100 \leq R_L < 140$	Sufficiente
D	$80 \leq R_L < 100$	Insufficiente
E	$R_L < 80$	Scarso

Una volta che i valori di R_L misurati sono stati classificati come da tabella, è possibile calcolare l'indicatore sintetico di qualità I_{SEGN} che avrà un valore compreso tra **100** (ottimo) e **0** (non accettabile) in funzione della maggiore o minore presenza di tratti con valori di R_L più o meno alti, ma che non possono essere mai inferiori al limite richiesto (infatti le classi D ed E non sono utilizzate nel calcolo).

LIVELLO DI QUALITA'		
I	$80 \leq I_{SEGN} \leq 100$	Molto buono
II	$60 \leq I_{SEGN} < 80$	Buono
III	$40 \leq I_{SEGN} < 60$	Sufficiente
IV	$0 \leq I_{SEGN} < 40$	Insufficiente

Il valore di I_{SEGN} da riscontrare sulla rete in esame è quello del livello richiesto in Contratto; pertanto, la prestazione dell'Appaltatore sarà considerata accettabile se l'indice I_{SEGN} assumerà durante l'intero periodo contrattuale un valore minimo inderogabile:

- tra 60 e 80 nel caso di autostrade e strade di tipo A Livello II "Buono"
- maggiore di 50 nel caso delle altre strade Livello III "Sufficiente"

All'atto della verifica, tuttavia, i valori di R_L misurati devono in ogni caso risultare superiori alle Soglie di Accettabilità richiamate in Tabella 1, ossia: *Classe R3 con $R_L \geq 150$ su strada asciutta* e *Classe RW2 con $R_L \geq 35$ su strada bagnata*, anche in condizioni di piano viabile liscio e indipendentemente dall'eventuale usura causata dalle operazioni di manutenzione invernali del piano viabile.

Nel paragrafo seguente sarà fatto cenno alle problematiche operative che incidono sulla qualità ed efficienza della segnaletica orizzontale già dal momento della stesa e durante la vita funzionale. Sarà così possibile mettere in risalto l'utilità del sistema che si discute, basato sulle prestazioni e sui controlli ad alto rendimento

dei requisiti di visibilità notturna che devono essere soddisfatti dalle strisce.

4. Aspetti operativi connessi con la manutenzione della segnaletica orizzontale

Quando parliamo di Manutenzione Ordinaria Ricorrente (M.O.R.) della segnaletica stradale orizzontale intendiamo principalmente l'attività di "ripasso" della segnaletica esistente al fine di riportare i suoi indici di prestazione a valori accettabili dal punto di vista della normativa vigente, laddove questi abbiano subito un decadimento oltre le soglie di accettabilità fissate. La segnaletica, infatti, come ogni componente dell'infrastruttura stradale, non può sottrarsi agli effetti dell'invecchiamento ed alla conseguente perdita progressiva di funzionalità; tanto più perché essa, dovendo essere "visibile" per definizione, è esposta all'usura più di quanto non lo siano altre componenti.

In proposito, l'esperienza insegna che i fattori che incidono maggiormente sul decadimento dell'efficienza di una segnaletica orizzontale correttamente eseguita sono:

- l'usura da parte dei veicoli in transito, combinata all'azione degli agenti atmosferici, che riduce a pochi mesi la durata in efficienza della segnaletica realizzata con normali vernici;
- la necessità di tracciare *ex novo* la segnaletica orizzontale in caso di manutenzione del tappeto di usura della pavimentazione, dopo un congruo tempo di ossidazione del nuovo conglomerato bituminoso;
- la difficoltà di reperimento dei dati originali di tracciamento dei segnali sulla pavimentazione che, talvolta, impedisce il rispetto della conformità della segnaletica orizzontale al progetto iniziale.

Molto spesso l'attività di ripasso si affianca ed integra il tracciamento di nuova segnaletica su tratti limitati di pavimentazione che hanno subito precedentemente un "rappezzo" o un rifacimento a tutta sezione, quando (ormai raramente) non sia previsto il rifacimento della segnaletica interessata dalla nuova stesa di conglomerato bituminoso nel contratto di manutenzione del tappeto.

Capita di rado, invece, il dover "ridisegnare" totalmente la segnaletica orizzontale di un tratto stradale, intendendo con ciò la modifica del suo "disegno" sulla pavimentazione; infatti, tale necessità si concretizza solamente nei seguenti casi: realizzazione di varianti in linea con i relativi innesti; realizzazione di nuove o modificate intersezioni a livelli sfalsati o a raso (tipico il caso delle rotatorie e dei nuovi accessi); modifica del regime circolatorio o delle prescrizioni (divieti di sorpasso); nuovi sviluppi normativi; adozione di tecnologie innovative o nuovi materiali. Più raramente si interviene per correggere errori od omissioni dovute ad errata o "libera" interpretazione delle indicazioni del Codice della Strada da parte degli operai tracciatori dell'impresa appaltatrice. Dal punto di vista operativo le difficoltà maggiori nell'esecuzione delle attività di manutenzione della segnaletica orizzontale si possono ricondurre alle seguenti problematiche:

- il *periodo di esecuzione della segnaletica*, da cui dipendono essenzialmente le condizioni meteorologiche nelle quali i lavori si svolgono, non sempre in linea con le prescrizioni del Capitolato Speciale d'Appalto, specie con l'uso di vernici a base acquosa (molto utilizzate per via della loro qualità e delle caratteristiche di sostenibilità ambientale, compresa la salute degli operatori);
- la *non idoneità del supporto* che deve ricevere la segnaletica orizzontale, sia a causa dell'usura del tappeto che per i difetti dei margini stradali dovuti a gramigna infestante, radici di alberi, accumuli di terra, rifiuti ed oggetti abbandonati, ecc.;
- la *necessità di mantenere la strada aperta* al traffico normale - sebbene con la possibilità di

parzializzare corsie e carreggiate - anche per il periodo necessario all'asciugatura della vernice, oltre che per consentirne il tracciamento.

In merito al primo aspetto occorre innanzitutto agire a livello di contratto d'appalto, facendo in modo che l'impresa, una volta consegnati i lavori, non “forzi” il tracciamento della segnaletica in condizioni ambientali inidonee a causa di tempi contrattuali molto stringenti che non tengono conto della stagione di inizio dei lavori. Quanto appena detto si collega alle procedure di appalto previste dall'attuale normativa che, nei casi ordinari, sono molto lunghe e complesse, richiedendo tempi minimi tra l'emissione del bando di gara e l'aggiudicazione efficace all'impresa affidataria che non sono minori qualche mese.

Ciò impone alla Stazione Appaltante la necessità di una stringente programmazione, sia in termini di assegnazione di budget che in termini di predisposizione delle gare d'appalto, in modo che l'inizio prevedibile dei lavori di tracciamento della segnaletica orizzontale ricada entro il periodo meteorologicamente più favorevole. In alternativa è possibile, nonché auspicabile, fare riferimento a contratti di appalto pluriennali, in cui il budget disponibile viene spalmato su più annualità, minimizzando così le problematiche citate.

Occorre tuttavia osservare che negli ultimi anni la tecnologia dei materiali, nel perseguire gli obiettivi della durabilità, ecosostenibilità ed efficacia applicativa in qualunque condizione meteo, ha messo a disposizione pitture stradali a base acquosa opportunamente additivate, in modo da consentirne l'ottimale applicazione anche in condizioni di elevata umidità e quindi difficoltà di asciugatura, senza con ciò rinunciare alla *performance* [9].

Relativamente all'aspetto legato allo stato del supporto su cui andrà stesa la striscia di vernice, la casistica che si incontra nella realtà è infinita; ciò non di meno le situazioni tipo si possono ridurre alle seguenti:

- gli *ammaloramenti della pavimentazione*, che vanno dalla usura superficiale, alle ormaie, alle deformazioni longitudinali, per non tacere delle fessurazioni più o meno estese e delle buche;
- la *diffettosità del bordo stradale bitumato*, intendendo con ciò: la presenza di erbacce infestanti che riducono progressivamente lo spazio a disposizione per tracciare la striscia di margine se non prontamente e costantemente debellate; l'effetto devastante dell'apparato radicale di certe specie arboree (soprattutto le conifere), che nel tempo sollevano la pavimentazione creando pericolosi ed antiestetici effetti di ondulazione trasversale e longitudinale rendendo praticamente impossibile il tracciamento del margine stradale; lo sgranamento ed il distacco del conglomerato bituminoso ai bordi, laddove non pienamente aderente al sub-strato;
- la *presenza di materiali estranei sul bordo*, ossia gli accumuli di brecciolino (a causa dell'azione delle ruote su tappeti ammalorati, specie nei bordi delle parti esterne in curva) o di terra e sabbia (trascinate dalle acque di ruscellamento superficiale non correttamente indirizzate verso i dispositivi di drenaggio) che, nel tempo, si compattano a tal punto da diventare l'*habitat* ideale per vegetali infestanti: questi possono essere efficacemente rimossi soltanto attraverso l'azione di una lama raschiante montata su macchine operatrici; ed ancora la presenza di oggetti e rifiuti di ogni sorta che ingombrano il bordo strada (come oggetti staccatisi dai veicoli in transito, frammenti di plastica e/o metallo di autoveicoli sparsi a seguito di incidenti, bulloni, dadi e catadiottri staccatisi dalle barriere, carcasse di piccoli animali morti, cartacce, bottiglie di plastica e vetro, ecc.).

Tutto ciò rende alquanto problematico il tracciamento della segnaletica orizzontale, specie da parte di quelle imprese affidatarie che si limitano semplicemente a “sparare” aria compressa o ad agire con spazzole e

scope azionate a mano dagli operai prima di spruzzare la vernice: laddove queste azioni non siano sufficienti a preparare adeguatamente il supporto, il risultato è il più delle volte una striscia già ammalorata in partenza che perde rapidamente ogni residua capacità prestazionale, inficiando il lavoro fatto. Anche in tal caso, ferma restando la necessità di un puntuale controllo in corso d'opera da parte del D.L., la corretta predisposizione dell'appalto di manutenzione aiuta a superare le citate difficoltà, valutando correttamente in sede progettuale tempi e costi della pulizia e preparazione dei margini stradali che dovranno accogliere le strisce e si pongano precise condizioni di Capitolato sulle attrezzature che l'impresa esecutrice dovrà usare per la pulizia del supporto in relazione al suo stato.

L'attenzione alla fase preliminare alla stesa è fondamentale per una buona riuscita del lavoro, tanto che vari studi indicano che la precisione nella composizione di una vernice non ha la stessa importanza di una scrupolosa applicazione della stessa: è stato documentato che il 90% degli insuccessi di una pittura sono dovuti al tipo di supporto ed alle condizioni superficiali dello stesso [7].

5. Un caso applicativo sulla rete stradale in Sardegna

Per illustrare la modalità di gestione e controllo dei lavori di manutenzione ordinaria della segnaletica stradale “di ripasso” in ambito *prestazionale*, si è fatto riferimento ad un caso applicativo reale: quello del ripasso e mantenimento della segnaletica stradale orizzontale su tutte le Strade Statali afferenti al Centro Manutentorio di Sassari nel Nord-Ovest della Sardegna per il triennio 2010-2012 (vedasi Figura n. 6).

Per avere un'idea delle dimensioni del problema, basti dire che si trattava di un appalto con importo a base d'asta di € 740.168,00 compresi oneri della sicurezza, spalmato su circa 400 km di strade. Il sistema adottato è stato quello “pluriennale”, con durata prevista degli interventi manutentivi pari a *36 mesi* dal momento della consegna, così da garantire il mantenimento dei requisiti prestazionali minimi di normativa sull'intera rete per un intervallo di tempo più lungo, dopo l'esecuzione iniziale del ripasso completo della segnaletica.

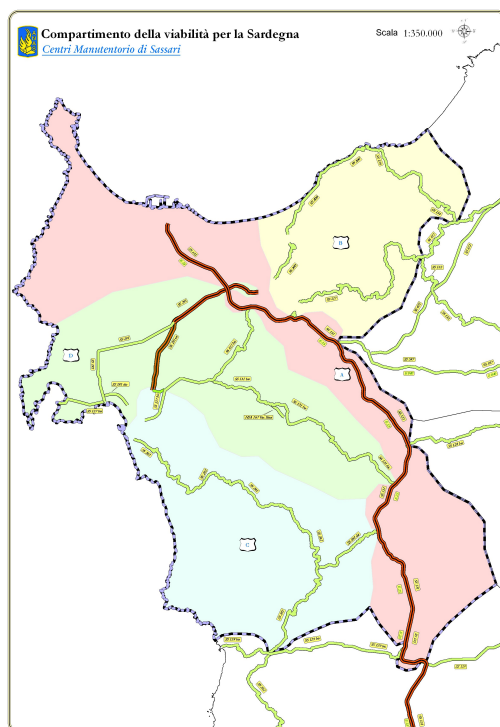


Figura n. 6 – La rete stradale ANAS del CM di Sassari

Per ovviare ai problemi più sopra discussi in merito all'incertezza del periodo in cui l'aggiudicazione dei lavori diviene efficace al termine dell'*iter* di gara e si può stipulare il contratto con successiva consegna dei lavori, il Capitolato Speciale prevedeva che il periodo di 36 mesi fosse suddiviso in quattro “trimestri annuali” a partire dal 1° gennaio: a seconda del trimestre in cui sarebbe ricaduta la consegna dei lavori, le attività iniziali richieste all'appaltatore sarebbero state diverse, rilevando la stagione interessata sulla possibilità o meno di effettuare il ripasso della segnaletica esistente; restava comunque fermo l'obbligo di effettuare un ripasso completo della segnaletica su tutta le rete durante il primo anno contrattuale.

Al termine di ogni trimestre il D.L. in contraddittorio con l'Appaltatore accertava lo stato di efficienza della segnaletica con uno dei metodi ammessi, puntuale o ad alto rendimento, redigendo apposito verbale. Il Contratto regolava gli esiti “negativi” dell'accertamento, in relazione alle prescritte “soglie di accettabilità”, con un articolato sistema di penali e detrazioni dal corrispettivo d'appalto, aventi la funzione di scoraggiare qualunque tentativo di cattiva esecuzione o di esecuzione superficiale delle lavorazioni da parte dell'impresa. Con la stessa finalità il Contratto fissava in massimo “5” gli esiti negativi totali ammessi in un anno, prima di disporre la risoluzione automatica del contratto per grave inadempimento ai sensi del Codice degli appalti.

Il pagamento della prestazione era determinato “a corpo” sulla base di una tabella di percentualizzazione su base mensile/trimestrale, mentre il SAL veniva emesso, previo positivo accertamento dell'efficienza della prestazione eseguita, alla fine di ogni trimestre.

Nel caso in specie, dopo la consegna dei lavori l'impresa ha eseguito un ripasso generale della segnaletica orizzontale sulla rete stradale del Centro Manutentorio, sicché la Direzione dei Lavori ha disposto il controllo ad alto rendimento della qualità globale del requisito della visibilità notturna della segnaletica orizzontale attraverso il veicolo DELPHI del CSS ANAS di Cesano. Il rilievo dell'intera rete ha richiesto quattro giornate lavorative durante le quali il veicolo attrezzato ha percorso le diverse tratte stradali nei due sensi di marcia, rilevando le strisce di margine e quelle centrali, sia continue che discontinue.

Al rilievo sul campo ha fatto seguito una fase di elaborazione a tavolino, durante la quale l'enorme mole di dati memorizzati dal sistema è stata processata ed analizzata allo scopo di produrre il *report* finale sotto forma di tabelle e grafici, opportunamente strutturati ed articolati come di seguito sinteticamente descritto.

Per ogni tratto stradale rilevato è prodotta una tabella dati costituita da *record* (righe) aventi per chiave primaria la progressiva chilometrica di misura, con passo imposto di 50 m a partire da quella iniziale del rilievo. Ogni record presenta 12 campi (colonne) come mostrato nella seguente Figura n. 7:



LABORATORIO CHIMICO - SETTORE SEGNALETICA ORIZZONTALE

apparecchiatura DELPHI Sistema Zehntner ZDR6020 S/N 426020996

REV. RDP/AS_AR/GED/09 V02-09

RAPPORTO DI PROVA N.

0117/0119/11 V.1/2

SEZIONE GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI

visibilità notturna segnaletica orizzontale in Alto Rendimento - tabella dati

Gestore	Strada	Carreggiata	Corsia	Km inizio	Data rilievo	Tipo segnaletica					
Comp.to Sardegna	S.S.127bis	destra	Marcia	3+657	20/04/2011	margine destro					
DATI DI POSIZIONE E CONDIZIONI DI PROVA						Coefficiente di luminanza retroriflessa mcd/lux/mq					
Prog.	Evento	Note	Velocità	Lat.	Long.	T Aria	Umidità	RL	altri parametri rilevati		
km			km/h	deg	deg	°C	%RH		RL Min	RL Max	RL Dev Std
6.707	Deviazione;		16	40.6916	8.5207	28.0	31.0	312	72	331	11
6.757			32	40.6915	8.5201	27.0	31.0	331	174	374	36
6.807			30	40.6913	8.5199	27.0	31.0	333	52	353	18
6.857			44	40.6913	8.5205	26.0	30.0	304	102	314	9
6.907			51	40.6911	8.5211	26.0	31.0	276	197	285	7
6.957			49	40.6909	8.5215	27.0	31.0	311	198	331	16
7.007	7.007_KM7;		43	40.6906	8.5220	27.0	31.0	412	219	455	33
7.057			45	40.6903	8.5223	27.0	30.0	257	60	286	23
7.107			54	40.6901	8.5226	26.0	30.0	195	118	200	4

Figura n. 7 – Estratto tabella dati del report di misure ad alto rendimento DELPHI

Poiché la sensibilità dello strumento di misura è fissata a $40 \text{ mcd} \times \text{m}^{-2} \times \text{lux}^{-1}$, nel rispetto dei minimi di

norma, i valori di luminanza retroriflessa rilevati al disotto di tale soglia sono semplicemente indicati con un valore medio convenzionale “ $R_L < 40$ ” sul rapporto di prova. La presenza di eventi del tipo “segnaletica assente”, “deviazione” e “segnaletica gialla”, comportano l’invalidazione automatica delle misure di R_L , con conseguente applicazione di uno sfondo grigio nella tabella dati, ad indicare che tali valori non vengono presi in considerazione nella valutazione dell’indice sintetico di qualità I_{SEGN} . Alle tabelle dati sono associati un certo numero di grafici (sviluppati ad intervalli di 6 km) su cui sono rappresentati i valori di R_L medio e gli eventi principali come i cartelli chilometrici, i tratti in galleria, le deviazioni ed i tratti con segnaletica assente o gialla (vedasi Figura n. 8):

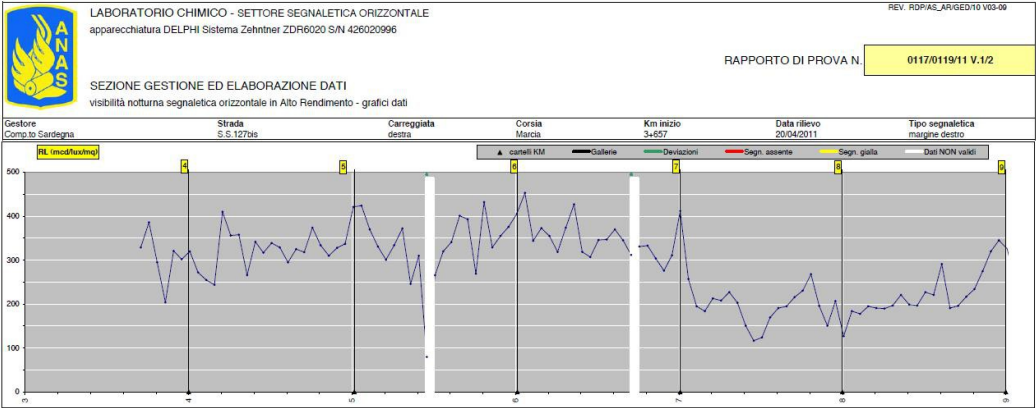


Figura n. 8 - Grafico di R_L medio dal report di misure ad alto rendimento DELPHI

In corrispondenza di ciascun tratto rilevato viene fornito l’Indice di Qualità (I_{SEGN}) calcolato a partire dai valori di R_L con l’apposita formula; parallelamente è mostrato un istogramma a colori (con la suddivisione dei valori di R_L medio rilevati nelle 5 classi previste), che consente di valutare a colpo d’occhio in maniera sintetica lo stato della visibilità notturna della segnaletica orizzontale nel tratto medesimo (vedasi Figura n. 9):

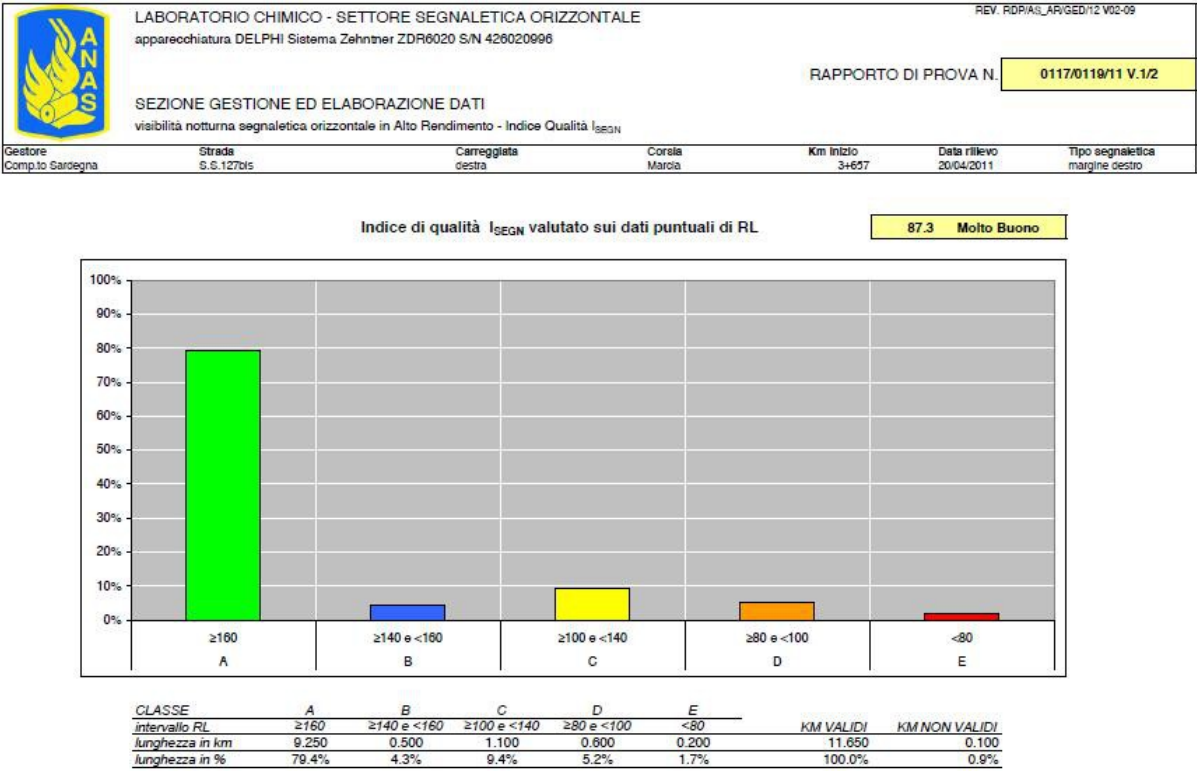


Figura n. 9 – Istogramma dell’indice sintetico di qualità I_{SEGN} per il tratto rilevato

A conclusione del rilievo ad alto rendimento e della fase di *post-processing*, culminata nell'emissione del *report finale* ufficiale da parte del Laboratorio del CSS ANAS di Cesano, il Direttore dei Lavori ha potuto verificare immediatamente la prestazione globale della segnaletica della rete stradale relativamente al requisito della visibilità notturna, adottando conseguentemente gli opportuni provvedimenti di competenza.

L'esperienza ha mostrato che se la valutazione della prestazione fornita dall'appaltatore si basasse solamente sull'Indice di Qualità I_{SEGN} , non sarebbe possibile individuare i tratti stradali che presentano delle criticità: occorre che il dato sintetico sia accompagnato dalla classificazione per intervalli di R_L . Infatti, a prescindere dal peso percentuale che i tratti stradali classificati A, B e C hanno nella definizione dell'indice I_{SEGN} , è importante per il D.L. sapere in quali tratti la visibilità notturna è risultata insufficiente o scarsa e qual è la loro consistenza chilometrica, per puntare maggiormente l'attenzione su di essi e far sì che il coefficiente di luminanza retroriflessa possa essere elevato oltre la soglia minima prescritta dalla normativa ed imposta dal contratto.

Un altro aspetto importante emerso dall'esperienza condotta è quello connesso al fatto che, grazie al modo in cui l'alto rendimento rileva la segnaletica orizzontale, si può sapere con precisione quasi decametrica quali sono i tratti stradali in cui l'efficienza delle strisce nei riguardi del requisito della visibilità notturna ha margini di decadimento maggiori o minori prima del superamento della soglia minima ammissibile.

In tal modo è possibile pianificare e programmare con sufficiente precisione le successive attività di ripasso e mantenimento della segnaletica nell'arco del tempo contrattuale rimanente, senza sprecare risorse preziose e garantendo comunque un livello complessivo di qualità accettabile sull'intera rete stradale interessata dall'appalto.

6. Conclusioni

A conclusione del presente lavoro si può affermare che la strategia adottata dall'ANAS in merito alla gestione della manutenzione ordinaria ricorrente della segnaletica orizzontale di ripasso, basata su appalti di durata triennale e sul Capitolato prestazionale conforme alla norma europea, permette di rispondere positivamente agli obblighi derivanti dalla Carta dei Servizi stradali ed autostradali.

Il rilievo ad alto rendimento della visibilità notturna della segnaletica orizzontale permette un controllo totale e continuo dello stato della segnaletica e del suo funzionamento dopo l'applicazione, pertanto i valori del Coefficiente di luminanza retroriflessa R_L possono costituire il parametro di riferimento per il controllo dei lavori di ripasso di segnaletiche orizzontali esistenti o di nuove realizzazioni [10].

E' auspicabile che questo modo di operare si diffonda sempre di più anche a livello locale, affinché tutti gli utenti, non soltanto quelli che percorrono le autostrade o le strade principali, possano usufruire dei benefici di una segnaletica orizzontale efficiente nel tempo a tutto vantaggio della sicurezza stradale.

RIFERIMENTI

- [1] G. GATTI, C. POLIDORI, E. CAVUOTI (a cura di) - *Manuale di sicurezza per le strade secondarie*, Bari, 2008, Mario Adda Editore
- [2] ANAS S.p.A. - Carta dei Servizi stradali e autostradali (<http://www.stradeanas.it/index.php?file/open/10907>)
- [3] ANAS S.p.A. - Capitolato Speciale d'Appalto della segnaletica orizzontale IT.C.05.26-Rev. 1 – 18/01/2008
- [4] UNI EN 1436:2008 - *"Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada"*, dicembre 2008
- [5] ANAS S.p.A. - Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Generali (Lavori a Corpo)
- [6] ANAS S.p.A. – *Segnaletica stradale orizzontale. Normativa, materiali, caratteristiche tecniche e metodologie di controllo*, 2007, Centro Sperimentale Stradale (CSS), Cesano di Roma
- [7] J. MIGLETZ, J. K. FISH, J. L. GRAHAM - *Roadway Delineation Practices Handbook*, Washington D.C., 1994
- [8] ANAS S.p.A. – *Il coefficiente di luminanza retroriflessa ("R_L") rilevato nel corso del 2012 sulla segnaletica stradale orizzontale della rete stradale di ANAS S.p.A.*, 2013, Centro Sperimentale Stradale (CSS), Cesano di Roma
- [9] G. DI MICHELE - *Pitture ad acqua per tutte le stagioni*, in "Le Strade", 2014, n. 1-2, pp.90-92
- [10] E. CESOLINI, S. DRUSIN, R. RIGACCI, P. BATTISTONI - *ANAS e Autostrade per l'Italia fanno luce sulla segnaletica orizzontale*, (<http://www.lestradedellinformazione.it/site/home/rubriche/le-strade-della-tecnica/articolo4918.html>)