

Pese dinamiche

Certificati – Autorizzazioni -Applicazioni

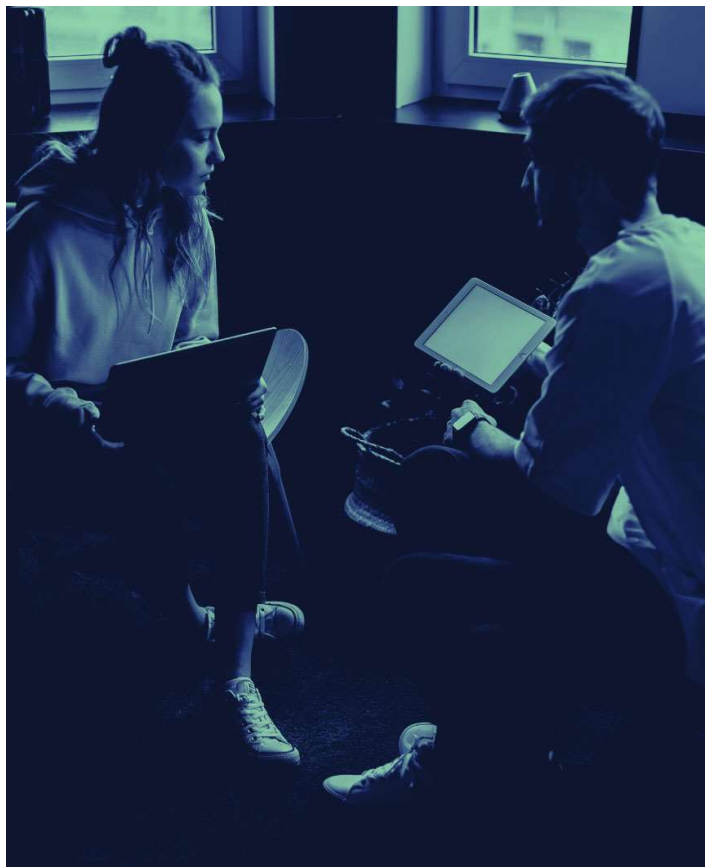


10/03/2023



Movyon

Presentazione



MOVYON è il catalizzatore dell'innovazione tecnologica del Gruppo Autostrade per l'Italia. Promuove e porta avanti iniziative che trovano applicazione in autostrade e altre infrastrutture di mobilità extra urbana, ma anche in contesti urbani, in un'ottica sempre più vicina al concetto di smart city.

MOVYON collabora con le principali università italiane tra le principali la Università Federico II°

MOVYON propone soluzioni tecnologiche:

- Infrastructure Management
- Tolling
- Safety Management
- Traffic Management
- Smart Roads
- Smart Cities

MOVYON ha di recente allargato il proprio portafoglio di soluzioni integrando una nuova azienda Movyon Electronics polo dedicato alla progettazione e realizzazione di apparecchiature elettroniche.

Pese dinamiche

Scopo



Le pese dinamiche hanno lo scopo di misurare la massa di un veicolo in movimento, per raggiungere tale scopo vengono misurati alcuni «elementi costituenti» che sono:

- Numero di assi;
- Distanza assi;
- Velocità;
- Dimensione pneumatico (gemellato);
- Massa singola ruota.

Lo strumento è utilizzato in molteplici contesti:

- Commerciali: Interporti, Cave ecc.
- Stradali: Strutturali, Statistici, Sicurezza
- Pedaggio

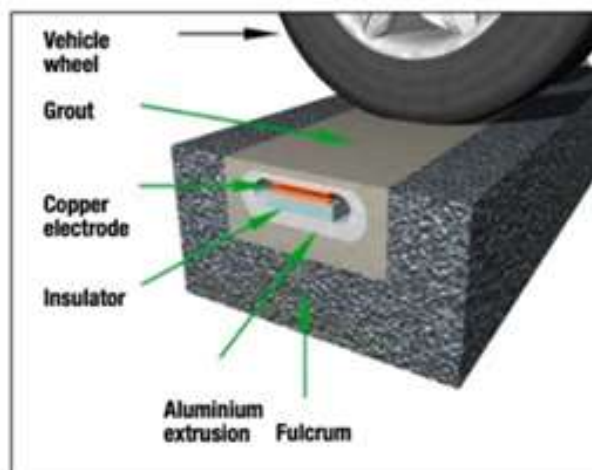
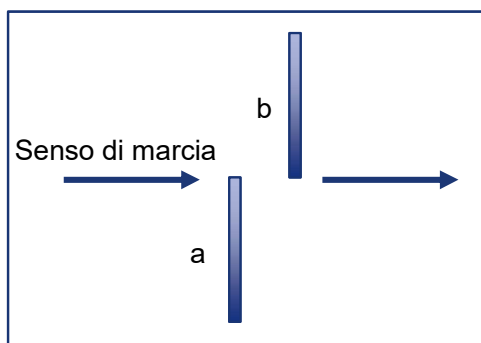
Si evidenzia che a seconda del contesto la sola massa può non essere sufficiente

Pese dinamiche

Principio

I sensori sono posizionati su pavimento stradale come indicato accanto, indipendentemente dalla tipologia del sensore cui la pesa dinamica utilizza due aree di sensore detta **a** e **b**, come segue:

1. un veicolo passa da **a** ruota destra 1° asse, misura peso;
2. un veicolo passa da **b** ruota sinistra 1° asse, misura peso;
3. 1° completo e calcolo massa e velocità;
4. Si itera al passo 1 sino a coerenza di velocità ed inter-distanza assi conforme alle classi di veicoli dimensionali



Tipo Veicolo	Categoria	Figura
Motociclo	M	
Autoveicolo	A	
Furgone	F	
Autocarro (Camion)	C	
Trattore	T	
Rimorchio	R	
Semi-Rimorchio	S	
autobus	B	

Pese dinamiche

Layout

Le tecnologie attualmente disponibili sono costituite essenzialmente da due tipologie:

Barre	Piastre
<p>Strisce e barre sono state le soluzioni introdotte negli anni '70 perché sono a basso costo e poco invasive. Le barre di dimensioni circa 4cm si installano in scanalature di profondità e larghezza 6-8cm.</p> <p>La lettura della pressione viene fatta con diversi tipi di strumenti ma la deformazione dell'elemento è sensibile alla deformabilità della pavimentazione perché avendo una piccola dimensione si deforma anche quando la ruota è sulla parte di pavimentazione vicina.</p>	<p>Mediante un modello strutturale si stabilisce la relazione tra il carico e la deformazione della piastra. La deformazione della piastra viene misurata con sensori.</p> <p>La risposta elastica di una piastra dipende da molti fattori, quali: materiale, vincoli installativi, posizione dei carichi, area di impronta del carico, valore del carico, effetto della temperatura.</p>
 	  

Pese dinamiche

Certificazioni

La pesa dinamica, citata spesso con l'acronimo inglese WIM (Weigh In Motion), ha avuto un forte sviluppo tecnico, iniziato negli anni 90', che ha portato alla messa a punto di sistemi di certificazione e normativi i cui contenuti vedono ancora oggi nuove implementazioni ed aggiornamenti (vedi C.d.S. 05-08-2022).

Si devono precisare alcune definizioni base:

- **Raccomandazioni:** è l'insieme delle operazioni tecnico-amministrative che un organo tecnico, per lo più pubblico, espleta al fine di garantire la conformità di un prodotto o di un servizio alle norme o raccomandazioni vigenti, le raccomandazioni vengono verificate da un laboratorio che **certifica** la aderenza o meno a determinate raccomandazioni in considerazione di alcuni parametri di contesto come ad esempio: il sito di installazione, la temperatura, le condizioni del traffico circolante, la geometria del tracciato e lo stato della pavimentazione.
- **Norma:** è la regola o regole concordate o avvolte di consuetudine che vanno a regolamentare un determinato ambito.
- **Omologazione:** è un atto con cui una autorità o un organo competente riconosce legittimo l'uso di un determinato dispositivo verificandone la conformità a determinate certificazioni, norme o disposizioni.

Le principali certificazioni ottenibili sono:

- COST 323 2002, specifica europea per le pese dinamiche al fine di avere un unico riferimento nella comunità europea;
- OIML R134 (2006) è stato pubblicato come standard internazionale di sistemi di pesa dinamica per applicazioni legali.

Di particolare interesse è la specifica approvata da OIML, poiché L'Organizzazione Internazionale di Metrologia Legale (OIML) (in francese Organisation Internationale de Métrologie Légale) è un organismo intergovernamentale.

Pese dinamiche

COST 323

La COST 323 si basa sul raggiungimento dei requisiti prestazionali dipende da tre fattori, che sono:

- Classe di accuratezza statistica del sistema di acquisizione dipende dalle dimensioni di questo errore rispetto agli intervalli di confidenza ($\pm\delta$) riportati in tabella 1.
- Geometria della strada; La geometria stradale è funzione dalle caratteristiche plano-altimetriche del tracciato presente nel sito in cui viene installato il sistema di pesa deve avere:
 - Pendenza longitudinale max a 1% per siti di classe I, a 2% per siti di classe II e superiori;
 - Pendenza trasversale max a 3%;
 - Strada dritta o con raggio di curvatura superiore a 1,000 metri.
 - Velocità veicolare costante;
 - Canalizzazione veicoli consigliata
- Caratteristiche della pavimentazione,

La sensoristica viene installata all'interno della pavimentazione ad una profondità che è funzione del sistema utilizzato. Per questo motivo, la pavimentazione stradale rappresenta il supporto del sistema di misura e deve presentare caratteristiche idonee a minimizzare gli effetti dinamici prodotti sui veicoli in movimento. Le caratteristiche della pavimentazione considerate nella certificazione sono la deformabilità del pacchetto stradale (Deflection) e la regolarità longitudinale del piano viabile (Evenness). I valori limite vengono riportati in Tabella 2

Tabella 1

Classe	($\pm\delta$)
A	$\pm 5\%$
B+	$\pm 7\%$
B	$\pm 10\%$
C	$\pm 15\%$
D+	$\pm 20\%$
D	$\pm 25\%$

Tabella 2

			WIM site classes		
			I Excellent	II Good	III Acceptable
Rutting (3 m - beam)		Rut depth max. (mm)	≤ 4	≤ 7	≤ 10
Deflection (quasi-static) (13 t - axle)	Semi-rigid Pavements	Mean deflection (10^{-2} mm) Left/Right difference (10^{-2} mm)	≤ 15 ± 3	≤ 20 ± 5	≤ 30 ± 10
	All bitumen Pavements	Mean deflection (10^{-2} mm) Left/Right difference (10^{-2} mm)	≤ 20 ± 4	≤ 35 ± 8	≤ 50 ± 12
	Flexible Pavements	Mean deflection (10^{-2} mm) Left/Right difference (10^{-2} mm)	≤ 30 ± 7	≤ 50 ± 10	≤ 75 ± 15
	Semi-rigid Pavements	Deflection (10^{-2} mm) Left/Right difference (10^{-2} mm)	≤ 10 ± 2	≤ 15 ± 4	≤ 20 ± 7
Deflection (dynamic) (5 t - load)	All bitumen Pavements	Mean deflection (10^{-2} mm) Left/Right difference (10^{-2} mm)	≤ 15 ± 3	≤ 25 ± 6	≤ 35 ± 9
	Flexible Pavements	Mean Deflection (10^{-2} mm) Left/Right difference (10^{-2} mm)	≤ 20 ± 5	≤ 35 ± 7	≤ 55 ± 10
	IRI index	Index (m/km)	0 - 1.3	1.3 - 2.6	2.6 - 4
Evenness	APL ⁽¹⁾	Rating* (SW, MW, LW)	9 - 10	7 - 8	5 - 6

Pese dinamiche

OIML R134

La OIML R 134 si basa sul raggiungimento dei requisiti prestazionali dipende da due fattori, che sono:

- Classe di accuratezza, La OIML 134-R prevede due possibili classi di accuratezza:
 - Massa complessiva veicolare con classe di accuratezza: 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10;
 - Carico su asse con classe di accuratezza: A, B, C, D, E, F..
- Geometria della strada; OIML raccomanda che:
 - Il sito di misura deve essere lungo almeno 16 m, ciò nonostante, ciascun organismo o autorità ha la facoltà di modificare questa prescrizione, in particolare il sito deve essere di lunghezza e larghezza sufficienti affinché il veicolo di prova raggiunga una velocità di prova costante prima dell'arrivo sul sito di misura.
 - Pendenza trasversale della piattaforma <1 %;
 - Pendenza longitudinale della piattaforma
 - 8 metri a monte della progressiva di installazione del sistema di misura <1% (± 3 mm);
 - 8 metri a valle della progressiva di installazione del sistema di misura <1% (± 6 mm);

Chiaramente questo sono le raccomandazioni della specifica

Tabella 1

Classe Accuratezza Complesso veicolare	Percentuale	
	Verifica iniziale	Verifica Periodica
0.2	± 0.10 %	± 0.20 %
0.5	± 0.25 %	± 0.50 %
1	± 0.50 %	± 1.00 %
2	± 1.00 %	± 2.00 %
5	± 2.50 %	± 5.00 %
10	± 5.00 %	± 10.00 %
Classe Accuratezza asse (2 assi)	Percentuale	
	Verifica iniziale	Verifica Periodica
A	± 0.25 %	± 0.50 %
B	± 0.50 %	± 1.00 %
C	± 0.75 %	± 1.50 %
D	± 1.00 %	± 2.00 %
E	± 2.00 %	± 4.00 %
F	± 4.00 %	± 8.00 %

Pese dinamiche

Normativa Italiana

Le norme relative all'utilizzo delle pese dinamiche come strumento di misura vengono emanate in due principali ambiti:

- Commerciale;
- Stradale.

In ambito **commerciale** l'utilizzo delle pese dinamiche è direttamente collegato alla specifica OIML R134, poiché la direzione generale del MIMIT è membro dell'OIML stessa.

In ambito **stradale**, è stato di recente aggiornato (05/08/2022) il C.d.S. (art. 167 – comma 12-bis) prevede l'utilizzo delle pese di tipo dinamico come strumento per l'accertamento della massa con una franchigia del 10% presso sede stradale o autostradale. Nell'articolo citato è espressamente riportata la necessità di una autorizzazione sperimentale o autorizzazione prototipale da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – MIT, quest'ultimo come Ministero competente in materia di infrastrutture, mobilità e sicurezza come riportato dall'art. 45 C.d.S.

Si aggiunge all'ambito stradale che le linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti del Consiglio Superiore ai Lavori Pubblici del 06/05/2020 prevedono l'utilizzo di sistemi di controllo continuativo delle masse, quindi anche di pese dinamiche (sezione 6.3.3.4).

Si suppone che verrà identificata una procedura di omologa per scopi di accertamento di massa ai sensi del C.d.S. e per scopi di monitoraggio da parte del MIT ministero competente per l'uso di dispositivi in strada e che in buona probabilità richiami la specifica OIML, per uniformità verso le pese statiche già richiamate nel C.d.S. come strumento di accertamento massa.

Pese dinamiche

Sistema MOT - Monitoraggio Overload su Tratta (1/4)

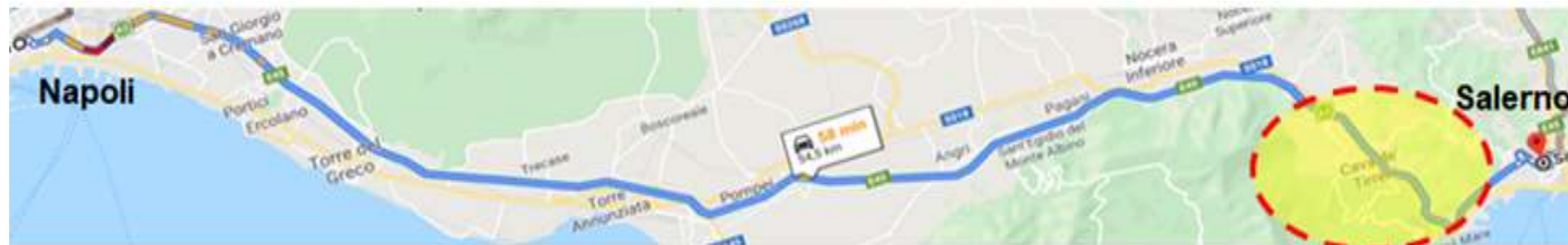
MOVYON, su mandato della società Autostrade Meridionali, ha contribuito a realizzare un sistema di monitoraggio del traffico veicolare sul tratto Pompei Est/Scafati- Salerno in coerenza con le verifiche di sicurezza sulle opere d'arte presenti sulla tratta autostradale Cava dé Tirreni - Salerno.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT), nelle more dello svolgimento di tali verifiche, ha individuato specifici interventi di mitigazione del rischio inibendo il transito ai mezzi di massa superiore a 7,5 sulla tratta in argomento.

Partendo dal 2019 sono state verificate, in esito alle disposizioni del Concedente MIMS – UIT Roma, tutte le opere in competenza SAM, tra cui:

- Viadotti S. Liberatore, Canalone, Caiafa, Madonna degli Angeli, Olivieri (strutture ad arco con via di corsa superiore);
- Viadotto Vietri (telaio in cemento armato); Viadotto Sant'Eremita del monte (struttura a trave continua in c.a.p.);

Tali opere sono situate tra Nocera Inferiore e Salerno



Pese dinamiche

Sistema MOT - Monitoraggio Overload su Tratta (2/4)

S. Liberatore



Vietri



Madonna degli Angeli



Caiafa



Olivieri



Madonna del Monte



Canalone



Sant'Eremita



Pese dinamiche

Sistema MOT - Monitoraggio Overload su Tratta (3/4)

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nel 2020 mediante le “LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI” ha introdotto la possibilità di una verifica di sicurezza delle opere d’arte realizzate prima dell’entrata in vigore delle NTC 2018, utilizzando i carichi previsti da Codice della Strada e non quelli convenzionali prescritti dalle stesse NTC 2018.

Le linee guida danno la possibilità di rendere transitabili sull’A3 Napoli – Salerno i carichi che non superano la massa di 40 tonnellate, a condizione che si esegua un controllo puntuale di tutti i carichi in massa circolanti.

Questo avviene perché al par. **6.3.3.4** delle linee si prevede che: «La valutazione dei fattori parziali da utilizzare per i carichi da codice della strada non può essere utilizzata semplicemente ponendo dei divieti di circolazione senza adeguati controlli sulle infrazioni».

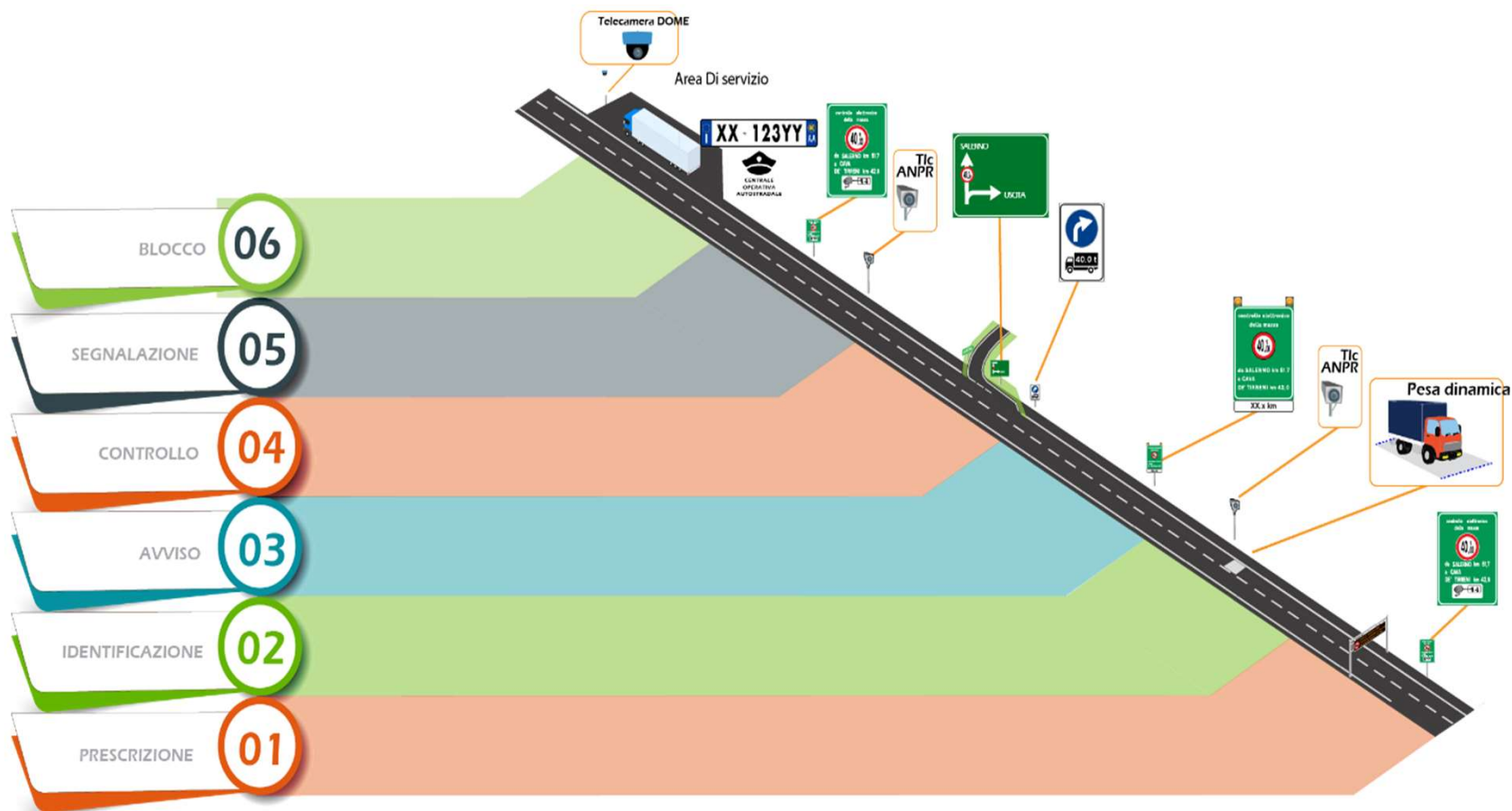
Prosegue con le tre condizioni:

- Livello 1): il controllo del superamento del carico del peso da parte dei mezzi è effettuato a campione, su base documentale o di pesatura diretta, mediante una pianificazione sistematica nel tempo; [$\gamma_{Cds,1} = 1,60$]
- Livello 2): il controllo del superamento del carico da parte dei mezzi è effettuato in modo sistematico e continuo nel tempo, su base documentale o di pesatura diretta, con procedure per il blocco dei mezzi in caso di eccesso di carico e invio su altra viabilità; [$\gamma_{Cds,2} = 1,35$]
- **Livello 3)**: analogo al Livello 2) ma utilizzando pesatura dei mezzi e blocco garantito degli stessi in caso di eccesso di carico, da parte di proprietario/gestore dei ponti e invio su altra viabilità. [$\gamma_{Cds,3} = 1,10$]

La norma integra precisando che: «Resta inteso che i carichi da C.d.S. vanno disposti in tutte le corsie aperte al traffico senza alcuna limitazione, nelle condizioni più sfavorevoli di posizionamento.»

Pese dinamiche

Sistema MOT - Monitoraggio Overload su Tratta (4/4)



Pese dinamiche

Sistema MOT –Collaudo Funzionale

Con particolare riguardo ai sottosistemi di misurazione della massa dei veicoli, basati su dispositivi Bisonte, il numero complessivo di misure raccolte è pari a 416, a fronte di :

- 221 prove effettuate secondo il protocollo di prova definito;
- 195 interventi del servizio di pattugliamento della polizia stradale.

Le misure hanno mostrato un errore relativo percentuale praticamente nullo, se confrontati con quelle fornite dalle pese campione, utilizzate come riferimento, a testimonianza di una efficace compensazione dei vari effetti sistematici.

L'incertezza estesa, con fattore di copertura pari a 2, è risultata non superiore all'8%, pienamente compatibile con le specifiche di caratterizzazione metrologica (incertezza di misura relativa percentuale del 10%, con probabilità di copertura del 95%) fornite dal costruttore dei dispositivi Bisonte.

Pese dinamiche

Siti di prova

MOVYON ha realizzato un collezioni di varie tipologie di pese da testare in vari siti portando i sistemi oltre i limiti previsti dalle certificazioni con il seguente piano di passaggi:

Dettaglio passaggi per corsia:

- 4 masse (40t, 25t, 7,5t, 2,5t)
- 4 velocità (10km/h, 40km/h, 80km/h, 130km/h)
- 10 passaggi per ogni massa e velocità

Totale passaggi: $4 \times 4 \times 10 = 160$ per corsia.

Certificazione OIML R134				
	I-WIM Bisonte 90	KiTraffic Digital 9845A 2 linee	IsTech	NTSG
Tipo sensore	Bisonte	Lineas Digital 9181A	Piezo	Sistema OF
Numero di sensori	1 plate	2 strips	3, 4 strips	3, 4 strips
Certificazione OIML R134	F10 (con interlane)	F10	in corso	in corso
OIML R134 mpe vehicle mass	+/- 10%	+/- 10%	+/- 15%	+/- 10%
Velocità minima	0 km/h	10 km/h	10 km/h	10 km/h
Velocità massima	90 km/h	130 km/h	100 km/h	100 km/h
Massa totale	> 35 t	> 2 t	> 8 t	> 6 t

Pese dinamiche

Siti di prova – Firenze Nord

MOVYON ha realizzato un primo sito di test in itinere A1 direzione Nord a Firenze Nord per confrontare i comportamento in termini di performance ed accuratezza nel tempo di tre tipologie di pese dinamiche.

Kistler: sensore al quarzo



IsTech: sensore piezoelettrico



NTSG: sensore in fibra ottica



Pese dinamiche

Siti di prova - Scandicci

MOVYON ha realizzato un secondo sito di test in ingresso a Scandicci A1 per confrontare i comportamento in termini di performance ed accuratezza nel tempo di tre tipologie di pese dinamiche.

Kistler: sensore al quarzo



Bisonte: sensore in fibra



NTSG: sensore in fibra ottica



A1 – Firenze Nord

Transiti mezzi cooperanti - 1

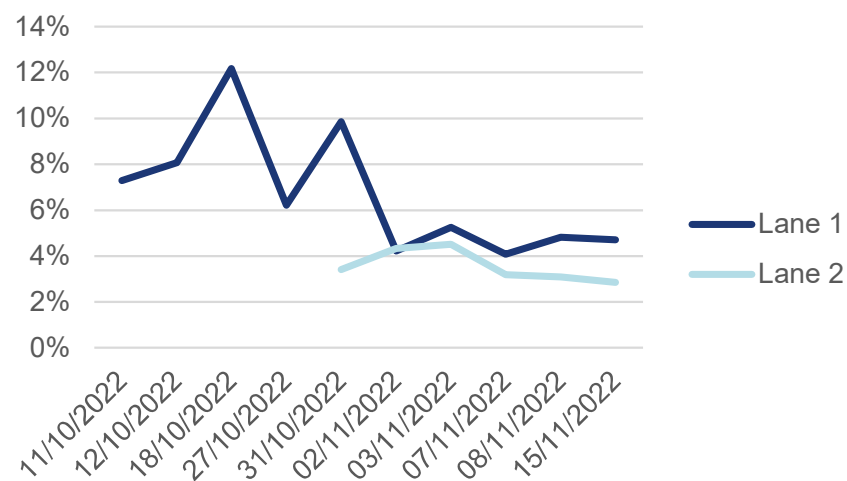
Targa : CR106FD

Peso : 40 tonnellate



MOVYON

Date		Lane 1
11/10/2022		6,99%
12/10/2022		14,01%
18/10/2022		15,15%
27/10/2022		4,65%



A1 – Firenze Nord

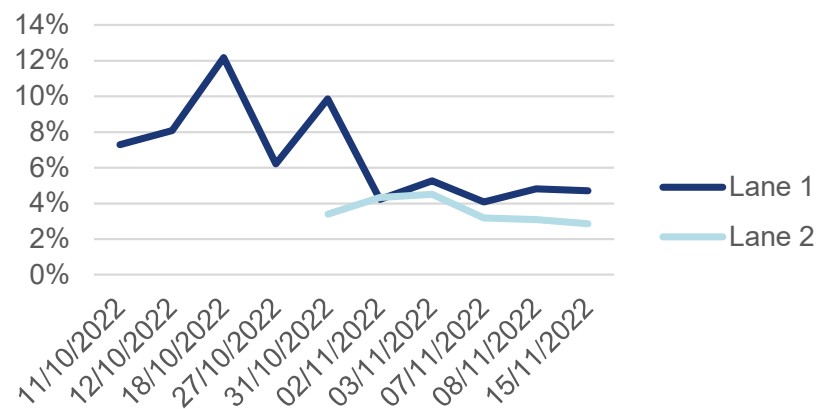
Transiti mezzi cooperanti - 2

Targa : DR629TM

Peso : 40 tonnellate



Date		Lane 1	Lane 2
31/10/2022			0,82%
02/11/2022		2,25%	1,73%
03/11/2022			2,65%
07/11/2022		10,21%	0,45%
08/11/2022		3,82%	1,59%
15/11/2022		4,28%	2,64%



A1 – Firenze Nord

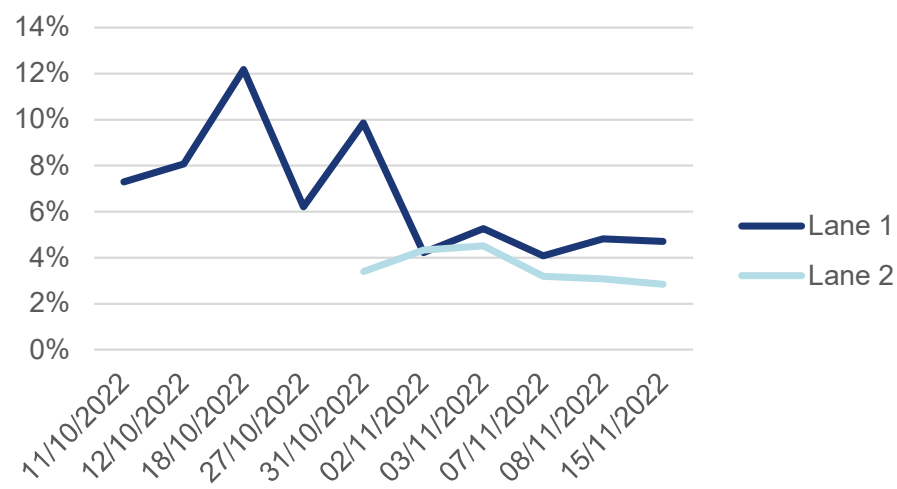
Transiti mezzi cooperanti - 3

Targa : GG320NW

Peso : 44 tonnellate



Date	↓↑		Lane 1	Lane 2
11/10/2022			7,61%	
12/10/2022			3,33%	
18/10/2022			7,92%	
27/10/2022			10,14%	
31/10/2022			9,86%	6,00%
02/11/2022			5,71%	6,41%
03/11/2022			5,26%	6,00%
07/11/2022			2,04%	5,39%
08/11/2022			5,02%	4,21%
15/11/2022			5,22%	3,06%



Pese dinamiche

Risultati prove

I test hanno messo in evidenza che i sistemi maggiormente stabile e con accuratezze migliori in presenza di certificato OIML valido sono iWIM e Kistler distinguendosi in performance accurate all'interno del range del 10% anche a elevate velocità oltre le soglie disciplinate dal certificato.

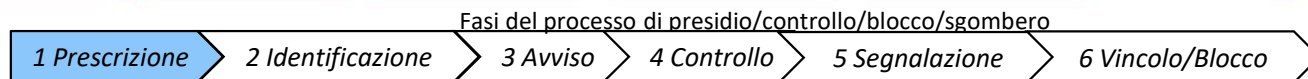
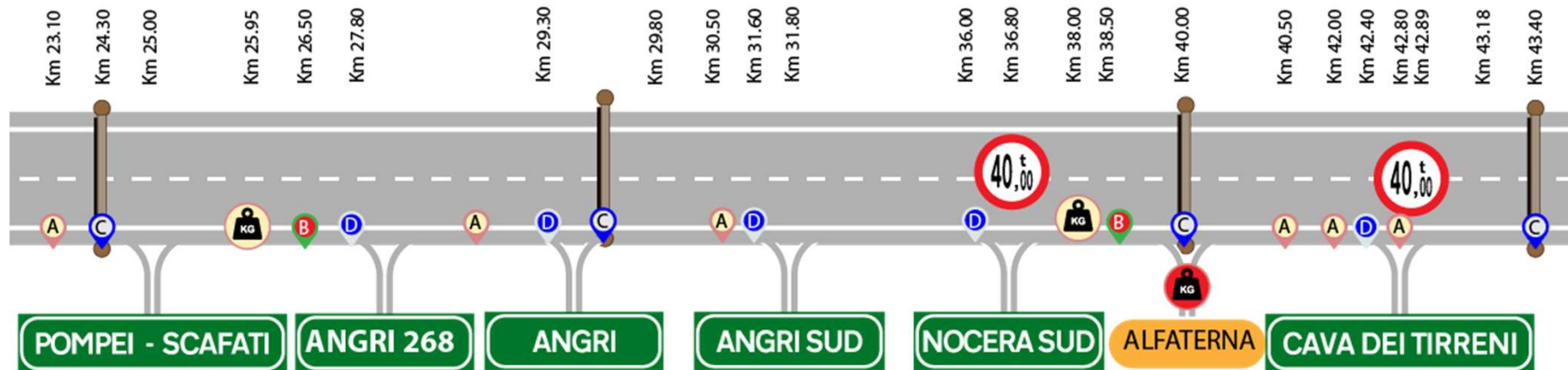
Differenze principali tra i due sistemi:

- Calibrazione, leggermente più rapida con Bisonte mentre con Kistler sono stati necessari alcuni passaggi in più.
- Pavimentazione, la soluzione Kistler è immersa nella pavimentazione mentre la soluzione Bisonte è maggiormente visibile pur in presenza di trattamento grip colore bitume.
- Sensibilità, il sistema Kistler è più sensibile ai cambiamenti di pavimentazione mentre Bisonte è risultato meno sensibile.

Grazie



MOT Prescrizione Tratta in itinere (4/4)



Chi è MOVYON?

Presentazione

l_1

l_2

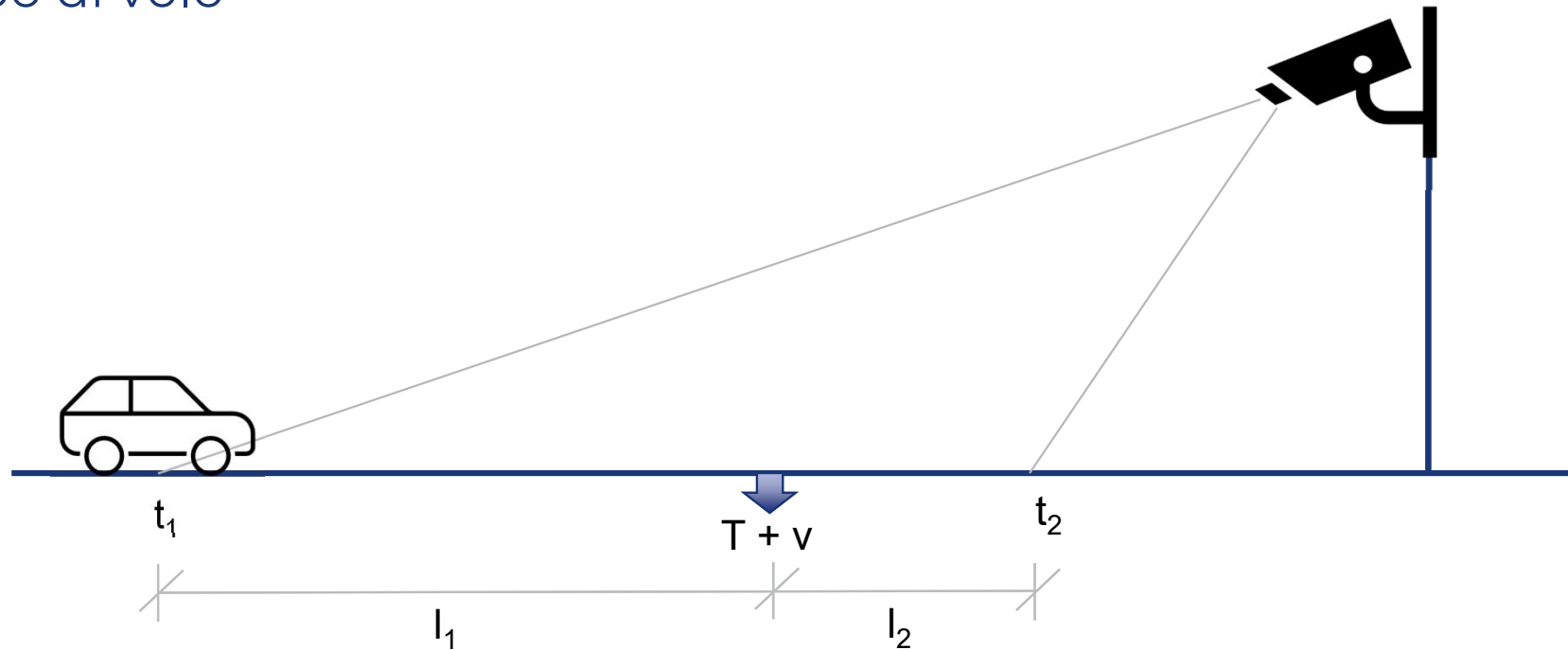
T e v vengono da Kistler: sono l'istante di transito del primo asse e la velocità rilevata

$$t_1 = T - \frac{l_1}{v}$$

$$t_2 = T - \frac{l_2}{v}$$

Fisica 1

Tempo di volo



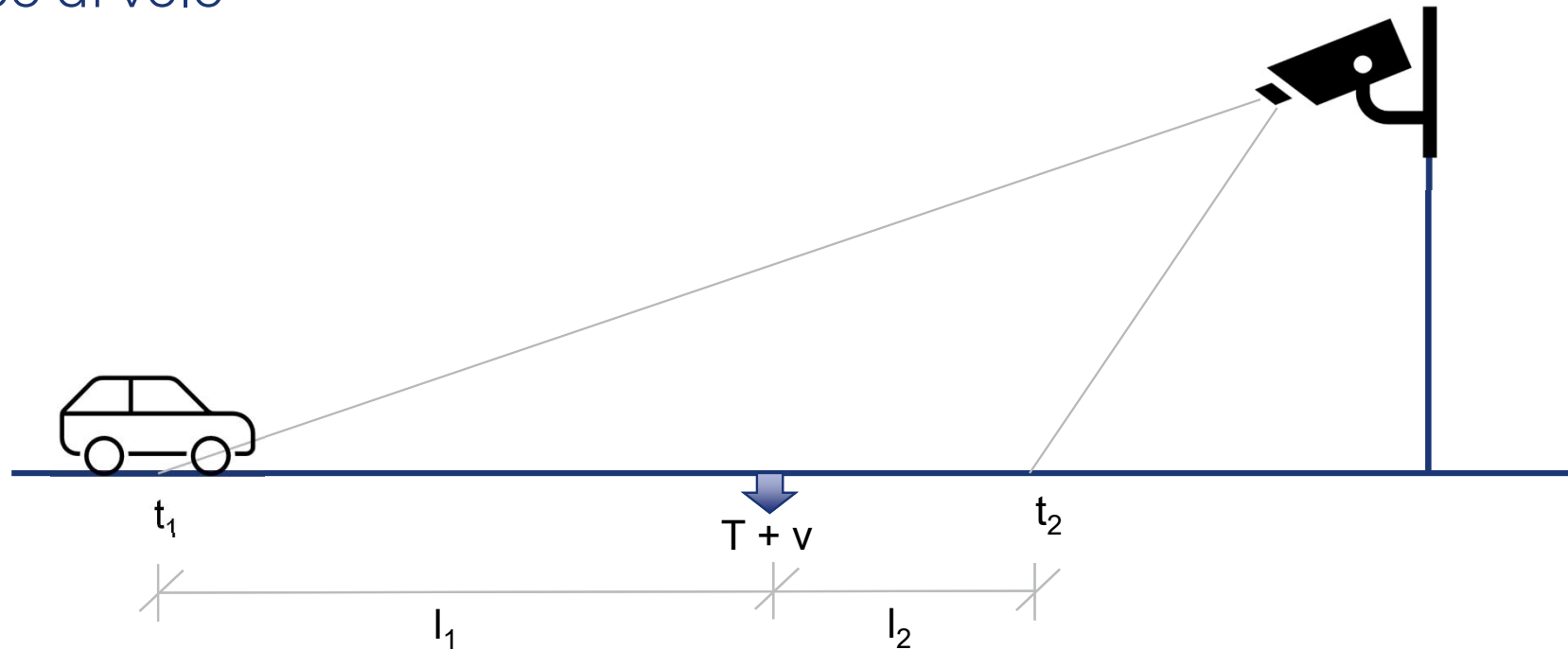
T e v vengono da Kistler: sono l'istante di transito del primo asse e la velocità rilevata

$$t_1 = T - \frac{l_1}{v}$$

$$t_2 = T - \frac{l_2}{v}$$

Fisica 1

Tempo di volo



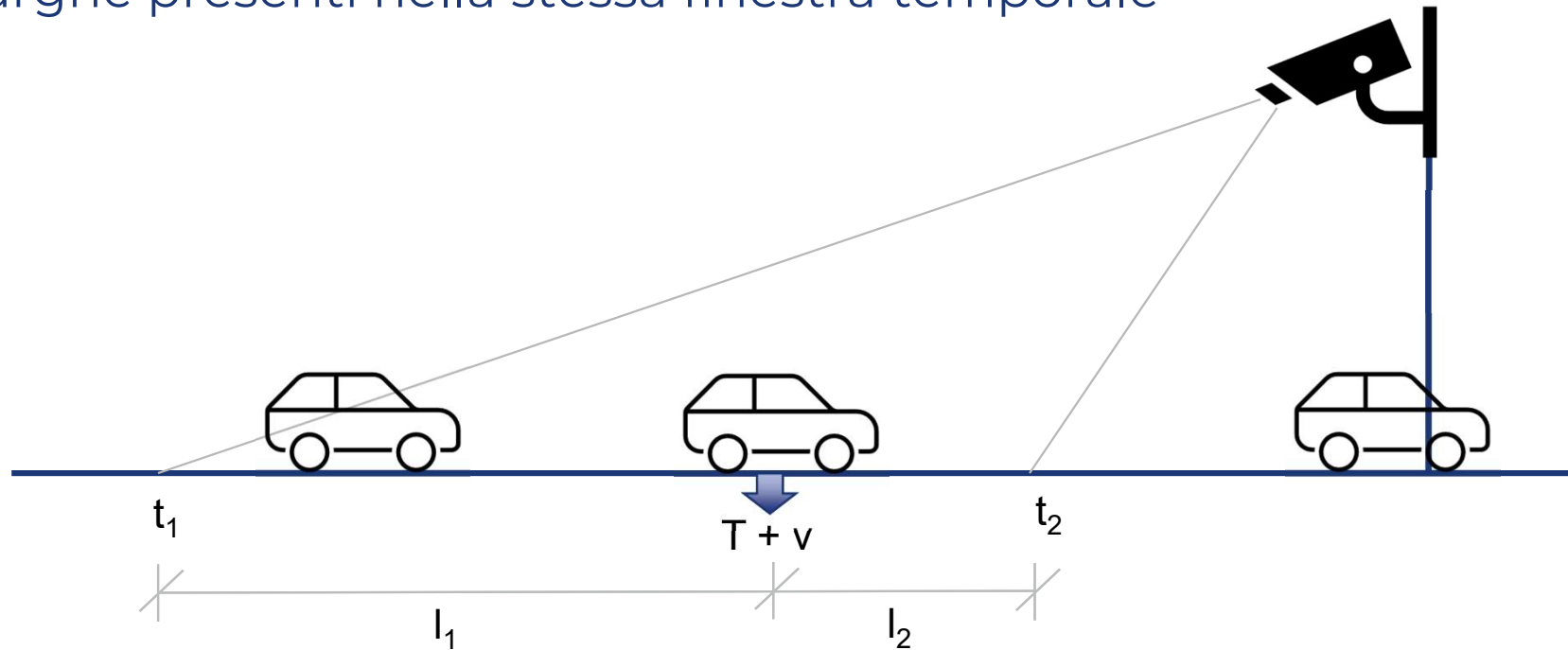
Esempio:

$v = 70 \text{ km/h}$ $l_1 = 28 \text{ m}$ $l_2 = 4 \text{ m}$ $t_1 = 1440 \text{ ms}$ $t_2 = 206 \text{ ms}$

saranno da considerare tutte le targhe rilevate dalla telecamera da 1440 ms prima a 206 ms dopo il timestamp della Kistler

Criticità

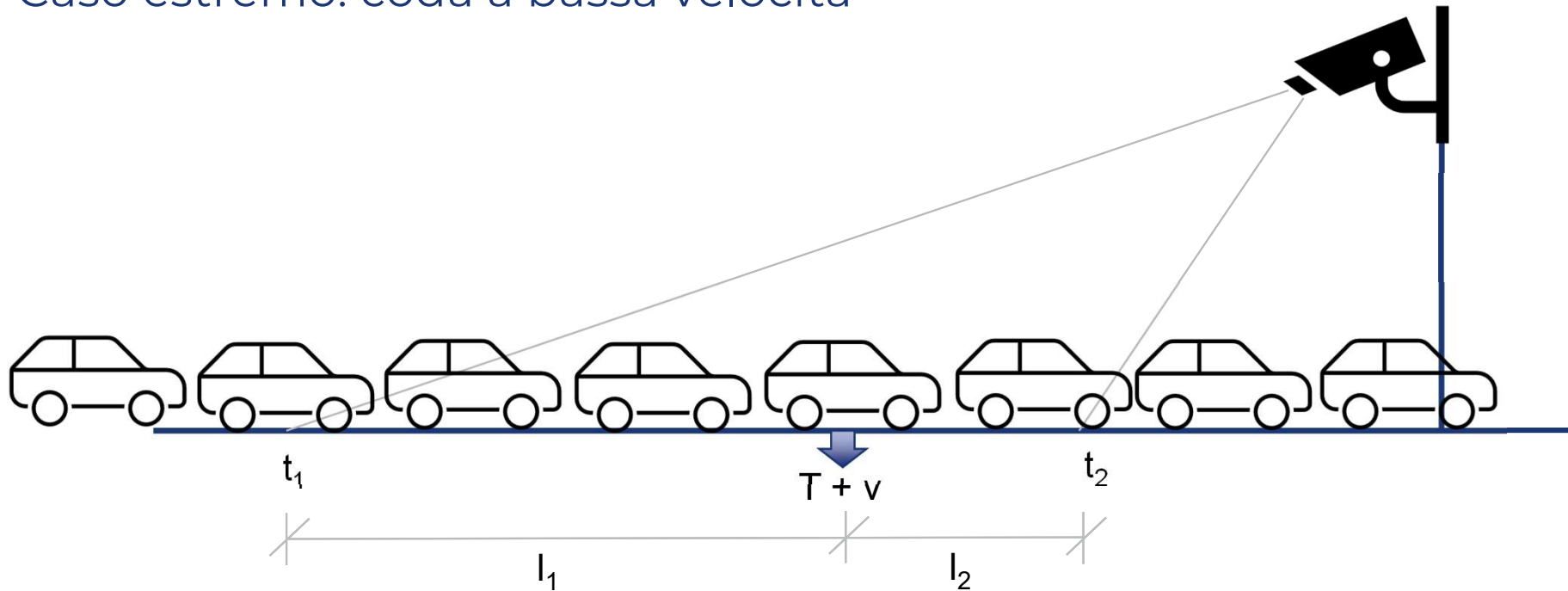
Più targhe presenti nella stessa finestra temporale



Se tra $T-t_1$ e $T+t_2$ sono riconosciute più targhe quale associa alla pesata all'istante T ?

Criticità

Caso estremo: coda a bassa velocità



Esempio: $v = 5 \text{ km/h}$ $l_1 = 28 \text{ m}$ $l_2 = 4 \text{ m}$ $t_1 = 20160 \text{ ms}$ $t_2 = 2880 \text{ ms}$

In questo caso il tempo di volo è di circa 23s e le targhe lette dopo t_1 nei successivi 23s potrebbero essere, considerando 4m come interdistanza tra i veicoli, $32/4=8$ per corsia

Tattile

Trigger in modalità FREE_RUN

In modalità FREE_RUN la telecamera prende immagini in continuo e le elabora. Quando riconosce lo shape di una targa genera eventi di READ se legge i caratteri con un certo score e NOT_READ se non riesce a leggerli.

Il transito viene generato sia per le READ che le NOT_READ sulla base di una serie di parametri di **Temporal Integration** da gestire da interfaccia. In particolare:

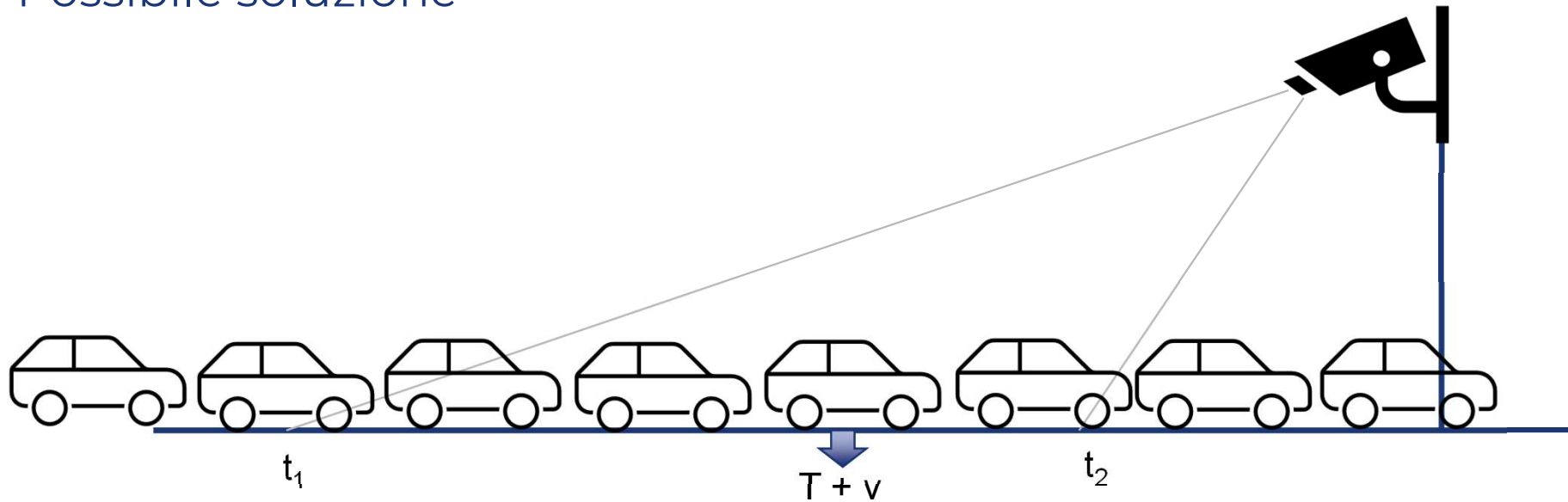
Max Time Transit: periodo massimo in millisecondi considerato per un transito. Riconosciuta una targa il transito viene generato dopo questo periodo durante il quale si continuano a processare le immagini. Se un'altra targa viene riconosciuta si gestisce però subito il nuovo transito.

Min Time Same Plate: con *Multi Out Same Plate* a 0 (usato tipicamente nel caso di free flow) è il tempo in cui non viene generato un nuovo transito se la targa permane nell'immagine

Max Plates [1-4]: è il numero massimo di targhe che vengono riconosciute in un immagine (con le Vega Smart 2HD deve essere almeno 2: una per corsia)

Criticità

Possibile soluzione



L'ipotesi è che tenendo *Min Time Same Plate* alto dell'ordine dei 20s, la Tattile riconosca le targhe in sequenza di entrata nell'area di riconoscimento (una targa già riconosciuta la ignora se per 20s rimane nell'inquadratura)

In questa ipotesi nell'intervallo tra $T-t_1$ e $T+t_2$ saranno presenti più targhe e possiamo prendere la prima in ordine temporale perché la targa che ci interessa sarà la prima ad essere stata riconosciuta e le altre saranno entrate nell'inquadratura successivamente