

# Gruppo di Lavoro SIIV «Smart Road»

**Prof. Ing. Marco Guerrieri**

Roma, 11 Febbraio 2025



## COMPONENTI GRUPPO DI LAVORO

1. **Autelitano** Federico - Università di Parma
2. **Biancardo** Salvatore Antonio – Università Federico II, Napoli
3. **Dell’Acqua** Gianluca – Università Federico II, Napoli
4. **Guerrieri** Marco – Università degli Studi di Trento
5. **Ingrassia** Lorenzo Paolo - Università Politecnica delle Marche
6. **Lantieri** Claudio – Università di Bologna
7. **Lo Presti** Davide – Università degli Studi di Palermo
8. **Pappalardo** Giuseppina – Università degli Studi di Catania
9. **Simeone** Rosalba - Università di Parma
10. **Sollazzo** Giuseppe – Università degli Studi di Messina
11. **Ticali** Dario – Università di Enna Kore
- ...

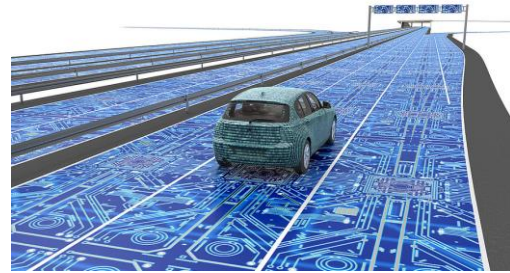


## LE SMART ROAD - Stato dell'arte e scenari futuri

- Introduzione sulle Smart Road e **normative di settore**;
- Servizi **info mobilità C-ITS e la guida autonoma** (AVs e CAVs);
- Analisi di **funzionalità delle Smart Road** (capacità e LOS);
- Criteri per la **progettazione geometrico** funzionale delle smart road;
- impianti tecnologici e **corsie dedicate per sistemi TPL** a guida autonoma;
- **Ricarica wireless dei veicoli elettrici** in modalità statica e dinamica (SWPT e DWPT Dynamic Wireless Power Transfer /Arena del Futuro);
- **Monitoraggio «smart» delle pavimentazioni** ed applicazioni AI;
- Costruzione e gestione smart delle pavimentazioni: **sensori SmartRock** e modelli predittivi per il pavement asset management;
- Evoluzioni tecnologiche per l'ottimizzazione della **gestione della viabilità stradale e delle smart road nel periodo invernale**;
- **Barriere smart** (es. NDBA barriere), Segnaletica smart (VSL, VSM, etc.);
- **Applicazioni BIM** alla progettazione, realizzazione e manutenzione delle smart road
- ...

# LE SMART ROADS

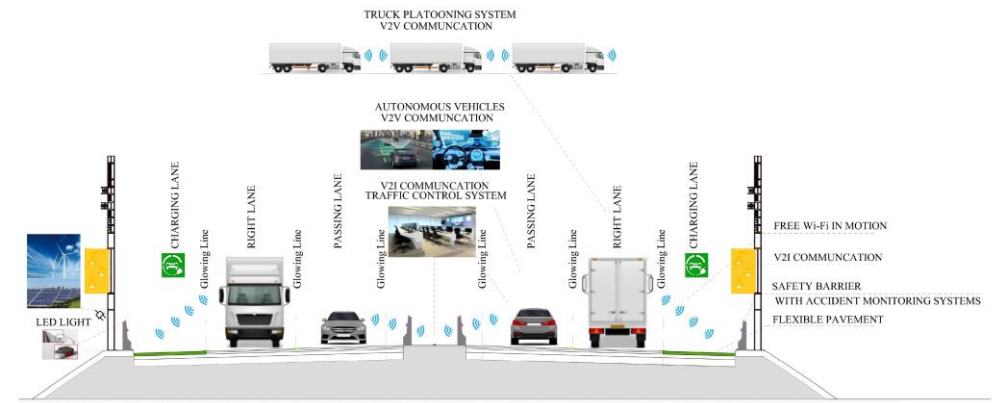
Le **smart road** rappresentano il nuovo paradigma della mobilità e puntano ad essere più sostenibili, sicure, innovative e inclusive, modificando l'interazione tra veicoli, utenti e infrastruttura/ambiente.



Una **smart road** può essere definita come una **infrastruttura digitalizzata** nella quale vengono integrati **sensori, tecnologie delle telecomunicazioni, cloud computing, big data, algoritmi di intelligenza artificiale**, al fine di migliorare la sicurezza e la **funzionalità del sistema**.

La Smart Road è l'evoluzione del concetto di strada, da «semplice» opera civile a **infrastruttura tecnologica**

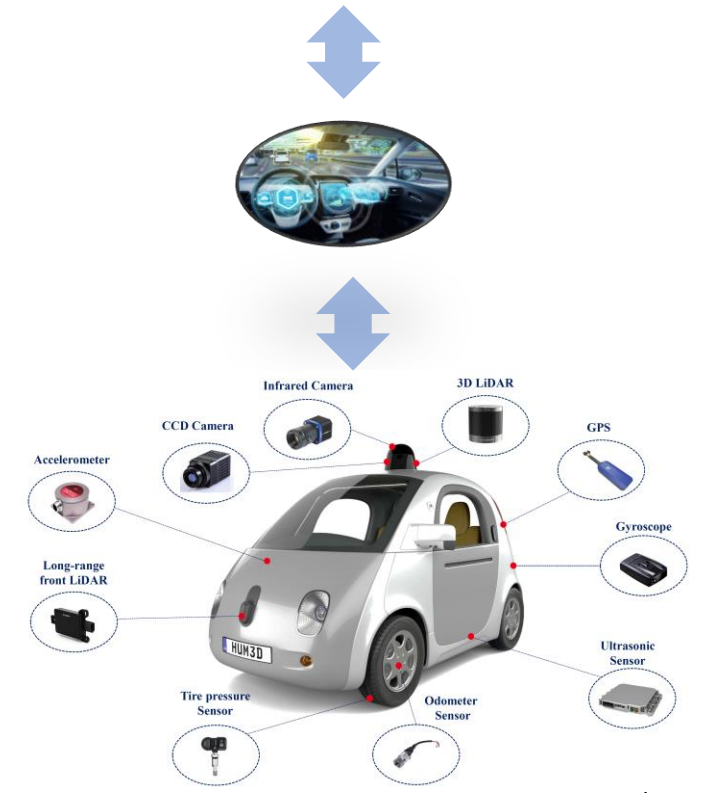
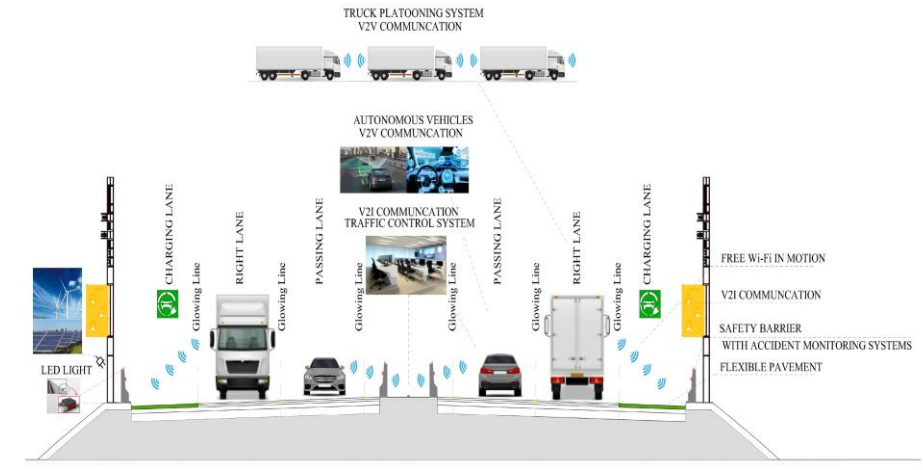
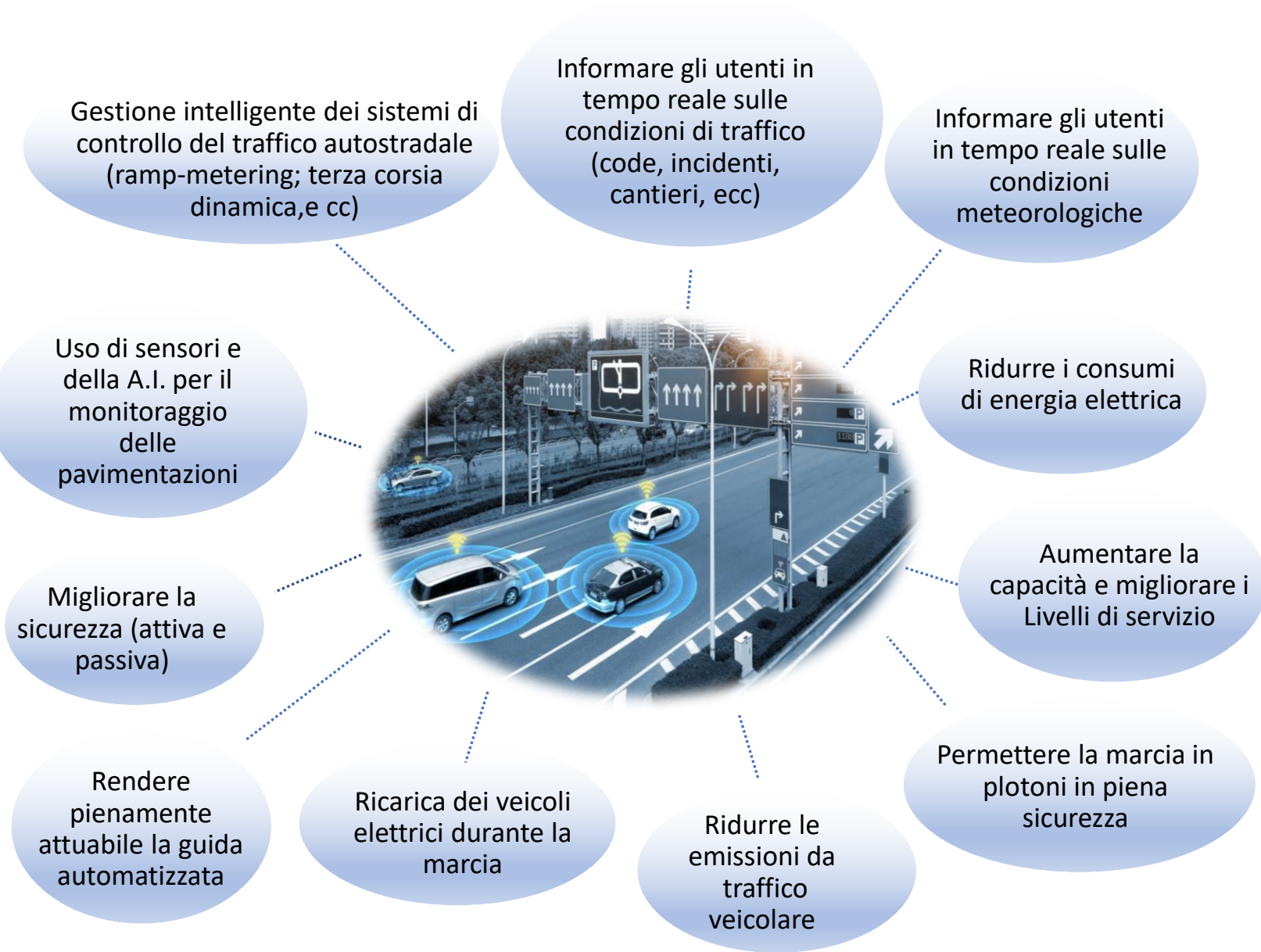
Le **smart roads** sono finalizzate a creare un **ecosistema tecnologico** favorevole alla **interoperabilità** tra infrastrutture e veicoli di nuova generazione (veicoli a guida autonoma).



In generale, oltre ai servizi **C-ITS** possono essere implementati, tra gli altri, uno o più dei seguenti sistemi:

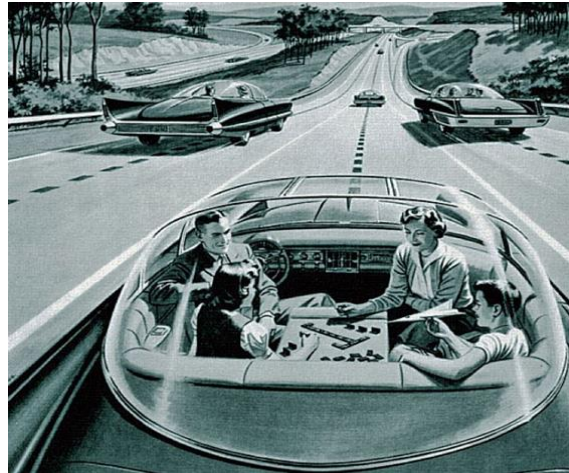
- **Corsie dedicate alla guida automatizzata** (veicoli dei tipi AV e CAV);
- **Corsie dedicate alla marcia plotonizzata**;
- **Internet of Things (IOT)** e **sensori per il monitoraggio del traffico, delle strutture** (ponti, viadotti, barriere stradali, ecc.), **della pavimentazione**, delle condizioni meteorologiche e degli inquinanti atmosferici;
- **Sistemi di ramp-metering**;
- **Sistemi HSR (Hard Shoulder Running system)**, cioè la temporanea abilitazione al transito della corsia di emergenza;
- **Sistemi VLS (Variable Speed Limits)** per migliorare la sicurezza degli utenti in specifiche condizioni dell'infrastruttura e/ ambientali e per limitare fenomeni di instabilità del deflusso per elevati valori della densità veicolare;
- **Green Islands**: siti multi-tecnologici (ad es. uno per ogni 30 km di tracciato) per la generazione e la trasformazione di energia da fonti rinnovabili (es. fotovoltaico, mini-eolico). All'interno di ogni Green Island si possono anche prevedere punti di ricarica elettrica, aree di partenza ed atterraggio di droni per il monitoraggio della strada e per la consegna di kit di emergenza come ad esempio i defibrillatori portatili;
- **Electric priority lanes**: corsie riservate munite di tecnologie per la ricarica in modalità wireless dei veicoli elettrici;
- **Dispositivi piezoelettrici per generare energia elettrica dal movimento delle autovetture**;
- **Luci e paline informative smart**;
- **Vernici Hi-tech fotoluminescente per la segnaletica orizzontale**;
- **Dispositivi di ritenuta smart** equipaggiati con sistemi di accelerometri ed altri sensori per il rilevamento degli impatti veicolati e di **alert** per gli utenti (**Accidents Monitoring System - AMS**)
- **Sistemi di pesatura dinamica dei veicoli (Weigh-in-Motion - WIM)** per rilevare il peso dei mezzi in transito su un tratto stradale
- **Smart motorway toll booths**, caselli autostrada smart equipaggiati con **ATPM (Automatic Toll Payment Machine)** per il pagamento automatico dei pedaggi autostradali.

# Alcune potenzialità della smart road



## Quando sono state ideate le SMART ROAD ?

- L'idea della guida autonoma risale al 1939 (mostra Futurama, New York, 1939). La General Motors propose la propria visione di come sarebbe stato il mondo nei successivi 20 anni, e si includeva un sistema **autostradale automatizzato** con auto a guida autonoma ("**driverless car**").

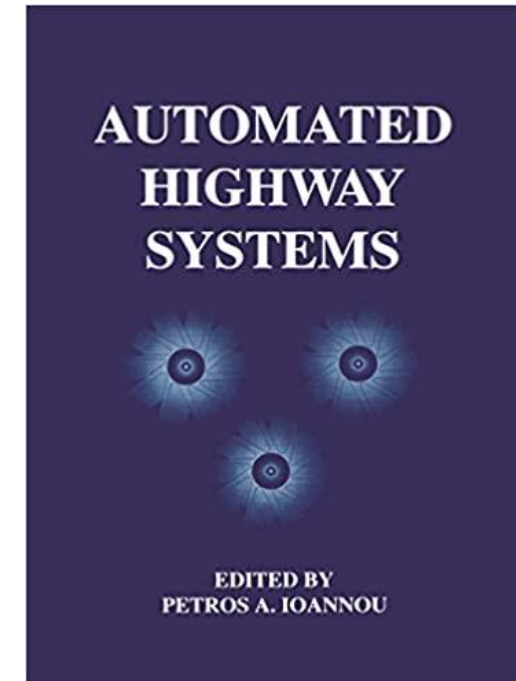


- In Francia tra la fine degli anni '60 e l'inizio degli anni '80 del secolo scorso fu sviluppato un progetto di Personal rapid transit (PRT) denominato **ARAMIS** col quale fu studiato, tra l'altro, il controllo di 25 piccoli veicoli marcianti autonomamente sino a 80 km/h ad un interdistanza di 30 cm grazie a sensori ad ultrasuoni e ottici.
- Nel 1986 fu avviato il **progetto Eureka PROMETHEUS** (PROgraMme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety, 1987-1995), un progetto europeo di importo pari a 749 Milioni di Euro per lo sviluppo dei sistemi ITS con particolare riguardo alla guida autonoma (veicoli privi di conducente). Si tratta del più importante progetto di ricerca e sviluppo mai realizzato sulla guida autonoma.

675 documents found Analyze results

All  Export  Download  Citation overview  More Show all abstracts Sort by Date (oldest)

	Document title	Authors	Source	Year	Citations
<input type="checkbox"/> 1	Article <b>Smart roads, smart cars</b>	<a href="#">Plous, F.K.</a>	<a href="#">Planning (APA)</a> , 58(1), pp. 12–15	1992	0
	<a href="#">Show abstract</a>	<a href="#">Cancel &amp; Full text</a>			
<input type="checkbox"/> 2	Article <b>Smart Cars on Smart Roads: Problems of Control</b>	<a href="#">Varaiya, P.</a>	<a href="#">IEEE Transactions on Automatic Control</a> , 38(2), pp. 195–207	1993	1,023
	<a href="#">Show abstract</a>	<a href="#">Cancel &amp; Full text</a>	<a href="#">Related documents</a>		



**Automated  
Highway Systems,  
1997**

# Normative italiane sulle SMART ROAD



## DECRETO 1 febbraio 2013

Diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS) in Italia. (13A02463) (GU Serie Generale n.72 del 26-03-2013)



## DECRETO 28 febbraio 2018

Modalità attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica. (18A02619) (GU Serie Generale n.90 del 18-04-2018)

Tipi di Smart Road	Specifiche funzionali nel caso di nuova Costruzione e manutenzione straordinaria	Specifiche funzionali nel caso di adeguamento delle infrastrutture esistenti	
		Entro il 2025	Entro il 2030
Smart Road Tipo I	Tutte, da 1 a 12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10,11, 12
Smart Road Tipo II	4, 5, 6, 7, 8, 9	4, 5, 6	7, 8, 9

## Elenco dei servizi C-ITS "Day-1"

### Notifiche di punti pericolosi:

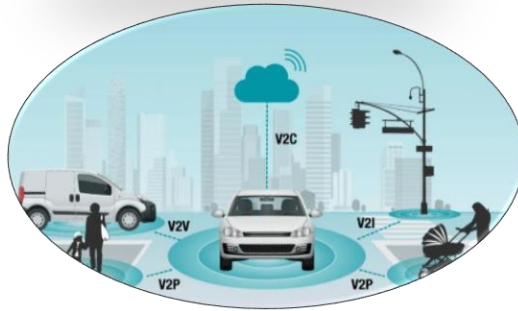
- avviso di veicolo lento o fermo e avvicinamento a un ingorgo;
- avviso di lavori stradali;
- condizioni meteorologiche;
- luce di frenata di emergenza;
- veicolo di emergenza in avvicinamento;
- altri pericoli.

### Applicazioni di segnaletica:

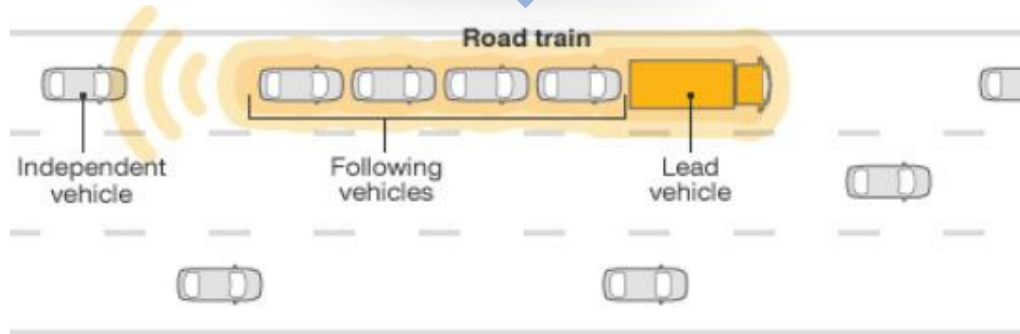
- segnaletica di bordo;
- limiti di velocità a bordo;
- violazione della segnaletica / della sicurezza ad un incrocio;
- richiesta di precedenza al semaforo da parte di veicoli designati;
- velocità ottimale consigliata al passaggio con semaforo verde;
- dati cooperativi dei veicoli;
- smorzamento di onda d'urto [rientrante nella categoria "avviso di pericolo locale" dell'Istituto europeo per le norme di telecomunicazione (ETSI)].

## Elenco dei servizi C-ITS "day 1,5"

- informazioni sulle stazioni di rifornimento e di ricarica per i veicoli a carburante alternativo;
- protezione degli utenti vulnerabili della strada;
- gestione dei parcheggi situati sulla sede stradale e relative informazioni;
- informazioni sui parcheggi situati non direttamente sulla sede stradale;
- informazioni sui parcheggi scambiatori;
- navigazione connessa e cooperativa in entrata e in uscita dalla città (primo e ultimo chilometro, parcheggi, consigli sull'itinerario, semafori coordinati);
- informazioni sul traffico e instradamento intelligente.



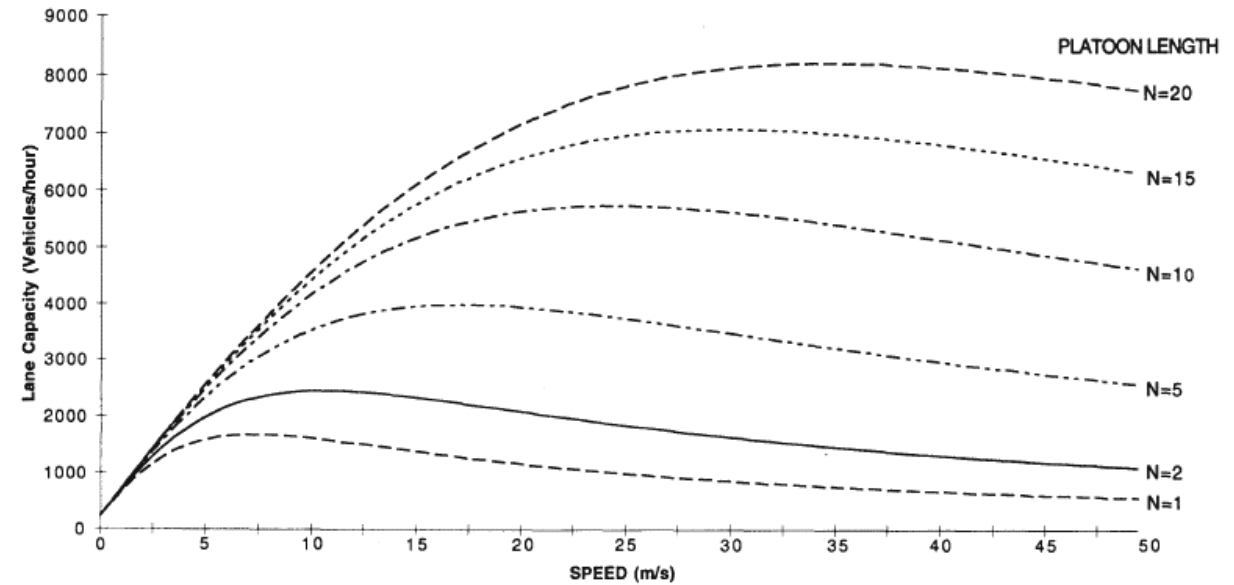
V2V – V2I



$$C = 3600 \frac{V_s \cdot N}{[(L \cdot N) + i(N - 1) + I]}$$

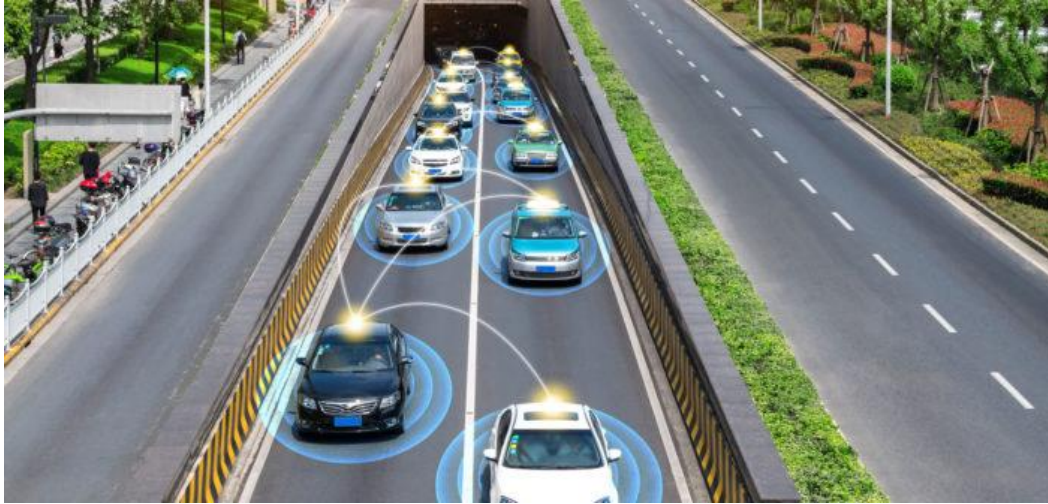
## Marcia in modalità plotonizzata

Nell'ipotesi di plotoni con  $N = 20$  veicoli, interdistanza tra plotoni di 60 m, distanza tra veicoli di 1 m, velocità di 90 km/h, si stima una capacità sino a 8.000 veh/h per corsia (la capacità ordinaria di una corsia utilizzata con marcia a vista è dell'ordine di 2.000 veh/h).

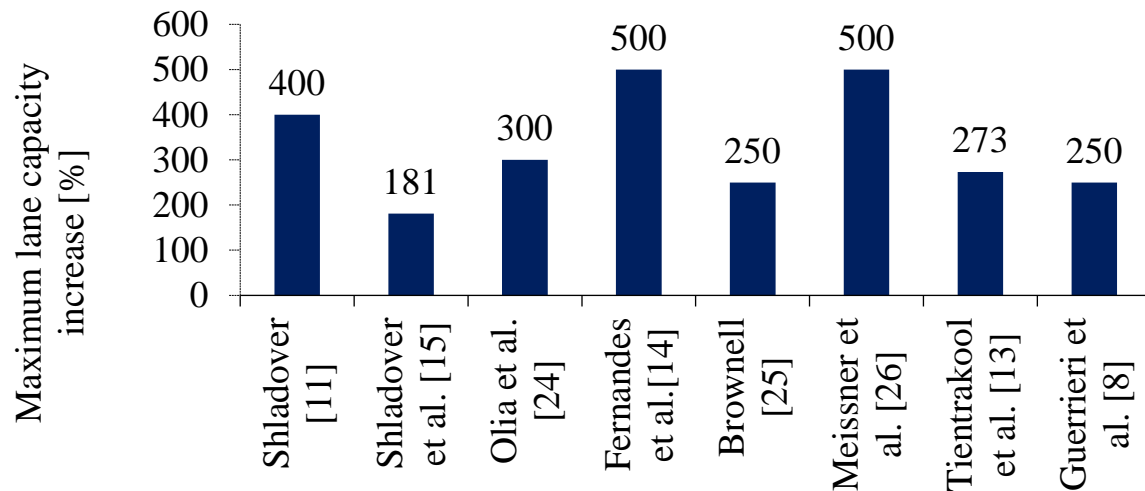


La ridotta resistenza aerodinamica alla quale sono sottoposti i veicoli all'interno di un plotone determina **minori consumi di carburante** (sino al 25% in meno) e **minori emissioni di inquinanti** (sino al 27% in meno)

## Incremento potenziale della capacità dovuto ai veicoli a guida autonoma

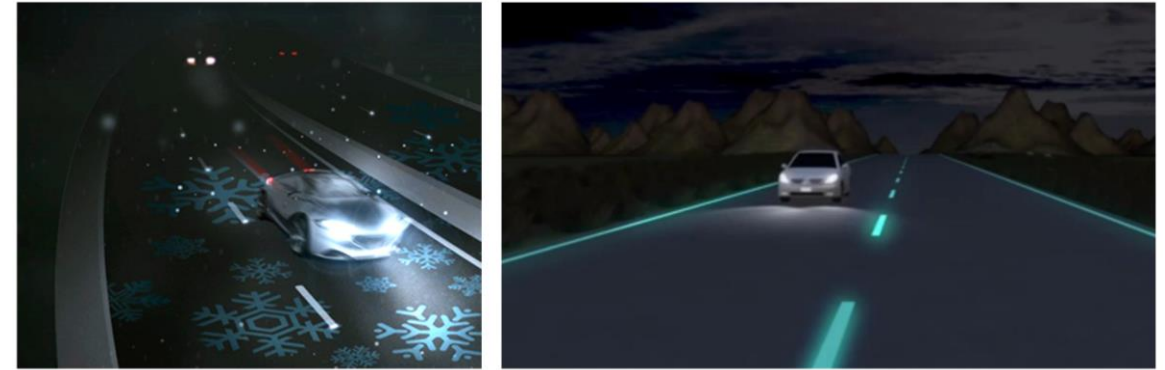


Stime recenti dell'incremento di capacità delle corsie di marcia dovuto alla presenza di veicoli a **guida automatizzata di tipo cooperativa (CAVs)**



## Vernici Hi-tech

Il laboratorio di ricerca olandese “Studio Roosegaarde” ha realizzato una vernice hi-tech fotoluminescente in grado di assorbire, durante il giorno, energia solare che, durante la notte, si utilizza per produrre energia luminosa



Questa particolare vernice è stata usata la prima volta per la realizzazione di 500 m di segnaletica orizzontale dell'autostrada N329 nei pressi di Oss (Paesi Bassi).

Questa tecnica permette di contribuire alla riduzione dei costi di gestione degli impianti di illuminazione pubblica delle strade poiché garantisce una ottima visibilità notturna delle strisce di delimitazione delle corsie e della carreggiata.



## Dynamic Wireless Power Transfer (DWPT).



**STAZIONE  
DI RICARICA  
PER VEICOLI  
ELETTRICI**

**Il Parlamento europeo ha stabilito che dal 2035 ci sarà lo stop alla vendita di auto a benzina, diesel e gpl.**

Dal 2035 potranno essere vendute in Europa solo veicoli a zero emissioni (ibride?).

La decisione fa parte del pacchetto climatico UE denominato "Fit for 55" che prevede la diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990. L'obiettivo finale è quello di arrivare alla decarbonizzazione totale per il 2050.

Il circuito lungo 1.050 metri è situato in un'area privata dell'autostrada A35 in prossimità dell'uscita Chiari Ovest ed è alimentato con una potenza elettrica di 1 MW



### Problemi attuali:

- Poche stazioni di ricarica;
- autonomia media di circa 300 km, inferiore a quella dei veicoli a combustione interna (in autostrada sino a 800 km di autonomia);
- Elevati tempi di ricarica.

**Il Wireless Power Transfer (WPT)** è una promettente tecnologia contactless tramite la quale i veicoli elettrici possono ricaricarsi in modalità "wireless" viaggiando su corsie cablate con un innovativo sistema di spire posizionate nella pavimentazione stradale.



## Multi Function Smart Camera

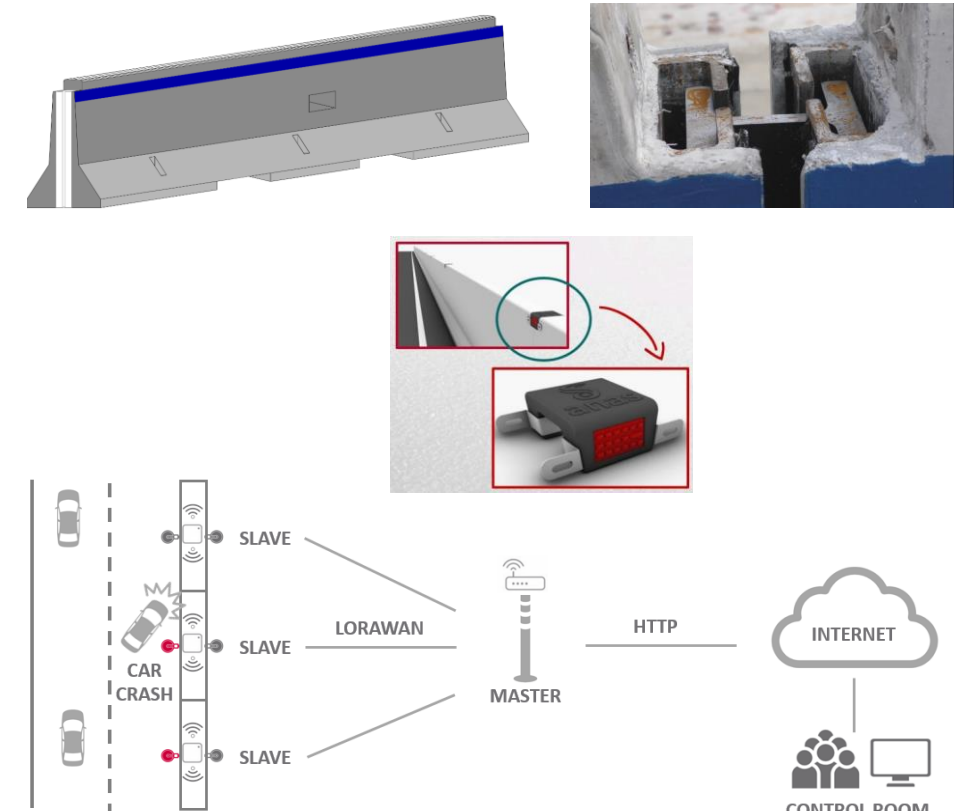


Attività di videosorveglianza “intelligente”, con rilevazione di eventi pericolosi, situazioni critiche su strada e dati di traffico, equipaggiata con funzione di messa a fuoco da remoto, con funzionalità per le riprese diurne e notturne in qualsiasi condizione meteorologica.

- veicolo fermo in condizioni di traffico fluido;
- veicolo fermo in condizioni di traffico congestionato;
- veicolo fermo a causa di un incidente;
- veicolo in movimento nel senso contrario di marcia;
- presenza di pedoni;
- presenza di fumo o la riduzione di visibilità;
- presenza di detriti sulla sede stradale;
- lettura e il riconoscimento delle targhe;
- Rilievo condizioni del deflusso traffico;
- ecc.

## Barriera Smart NDBA

La barriera può essere munita di accelerometri che rilevano gli impatti veicolari. Nel caso di incidenti si attivano luci a led sul tratto precedente di barriera, in modo da segnalare agli utenti in arrivo la condizione di pericolo. Il sistema dei soccorsi si attiva immediatamente.

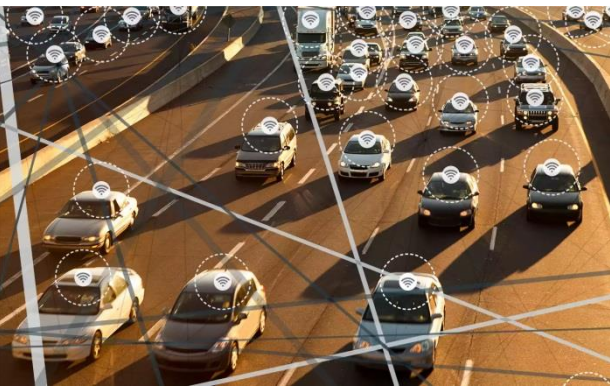
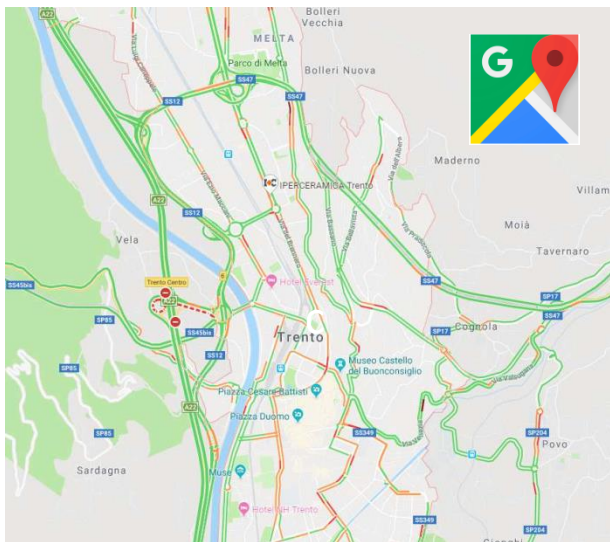


# Stima in real-time delle variabili del traffico e monitoraggio della pavimentazione

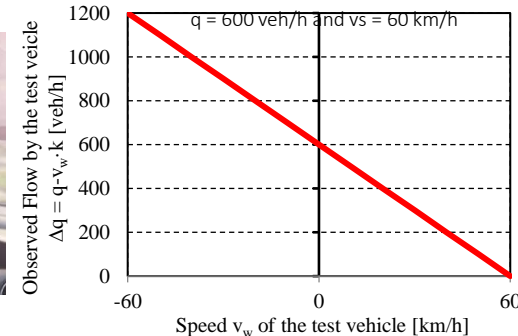
## Floating car data - FCD

Google Maps / Traffic  
(GPS Technologies)  
qualitative information

Veloce ■ ■ ■ Lento



Analogia idrodinamica in caso di flusso stazionario ed uniforme. Nell'area grigia ci sono  $n = k \cdot \Delta x$  veicoli. Nell'intervallo di tempo  $\Delta t = \Delta x / v_s$ , I veicoli attraversano la sezione X. La portata è:  $q = n / \Delta t = k \cdot \Delta x / \Delta t = k \cdot v_s$

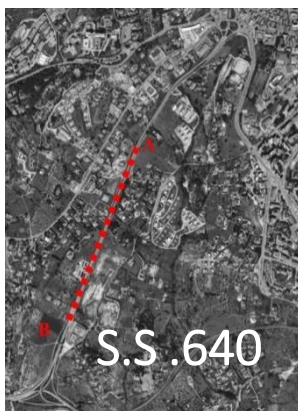


MOM developed by Wardrop

$$q = \frac{x + y}{(t_a + t_s)} \quad v_s = \frac{L}{t_s} \quad k = \frac{q}{v_s} \quad t_s = t_w - \frac{y}{q}$$



Aggregate Channel Features (ACF) (Dollar et al., 2014)

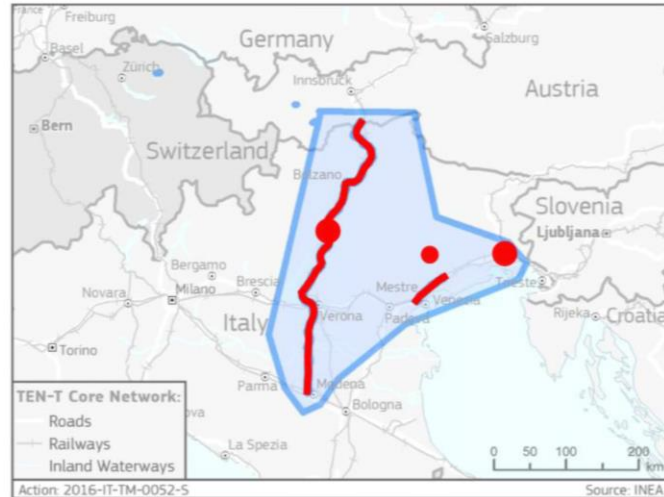


Hour	Flow q [veh/h]			Space mean speed v_s [km/h]			Density k [veh/km/lane]		
	MOM-AP	MOM	Δ [%]	MOM-AP	MOM	Δ [%]	MOM-AP	MOM	Δ [%]
9:00-10:00	346.8	375.7	-7.7	71.0	71.6	-0.9	4.9	5.2	-6.9
11:00-12:00	289.0	321.8	-10.2	73.5	82.2	-10.6	3.9	3.9	0.5
15:30-16:30	347.7	385.2	-9.7	71.8	77.9	-7.8	4.8	4.9	-2.1

## Il progetto europeo C-Roads

La Piattaforma C-ROADS è stata introdotta per scambiare esperienze, progetti e risultati dei test e per sviluppare linee guida, specifiche tecniche e standard armonizzati (in accordo alle raccomandazioni emesse dalla piattaforma EU-C-ITS), coordinando tra loro tutti i progetti di implementazione di sistemi C-ITS nei Paesi Europei.

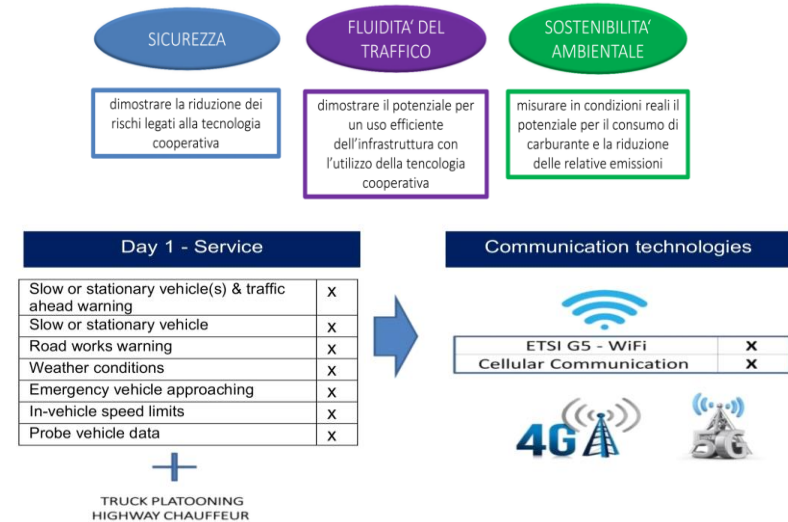
**C-ROADS Italy** (inizio 8/2/2017 – fine 31/12/2021), **C-ROADS Italy 2** (inizio 24/10/2018 – fine 31/12/23) e **C-ROADS Italy 3** (inizio 1/7/2020 – fine 31/12/2023) - obiettivo di attivare **servizi Day1 e Day1.5**.



Il progetto (C-ROADS Italy), coordinato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, coinvolge tre operatori stradali:

- **CAV, Concessioni Autostradali Venete (A57);**
- **Autovie Venete (A4 e A28);**
- **Autostrada del Brennero (A22).**

## Esempio: obiettivi A22



### Elenco dei servizi C-ITS «Day 1»

- Notifiche di punti pericolosi:**
  - avviso di veicolo lento o fermo e avvicinamento a un ingorgo;
  - avviso di lavori stradali;
  - condizioni meteorologiche;
  - luce di frenata di emergenza;
  - veicolo di emergenza in avvicinamento;
  - altri pericoli.
- Applicazioni di segnaletica:**
  - segnaletica di bordo;
  - limiti di velocità a bordo;
  - violazione della segnaletica /della sicurezza ad un incrocio;
  - richiesta di precedenza al semaforo da parte di veicoli designati;
  - velocità ottimale consigliata al passaggio con semaforo verde;
  - dati cooperativi dei veicoli;
  - smorzamento di onda d'urto

## Il progetto Smart Roads di ANAS

Nel 2017 ANAS ha avviato il progetto “Smart Road” con un investimento iniziale di 160 milioni di Euro su circa 3.000 km di strade di rilevanza nazionale:

- **Autostrada Roma-Fiumicino;**
- **Grande raccordo anulare (Roma);**
- **Autostrada A2 (autostrada del Mediterraneo «Salerno-Reggio Calabria»);**
- **Itinerario E45-E55 Orte-Mestre;**
- **Autostrada A19 Palermo-Catania.**



Lo scambio di informazioni tra ogni veicolo e l’infrastruttura avverrà con Wi-Fi tramite i seguenti dispositivi:

- **OBU (On Board Unit):** apparecchiature a connettività Wi-Fi a bordo veicolo;
- **RSU (Road Side Unit):** apparecchiature a connettività Wi-Fi distribuite sull’infrastruttura stradale.

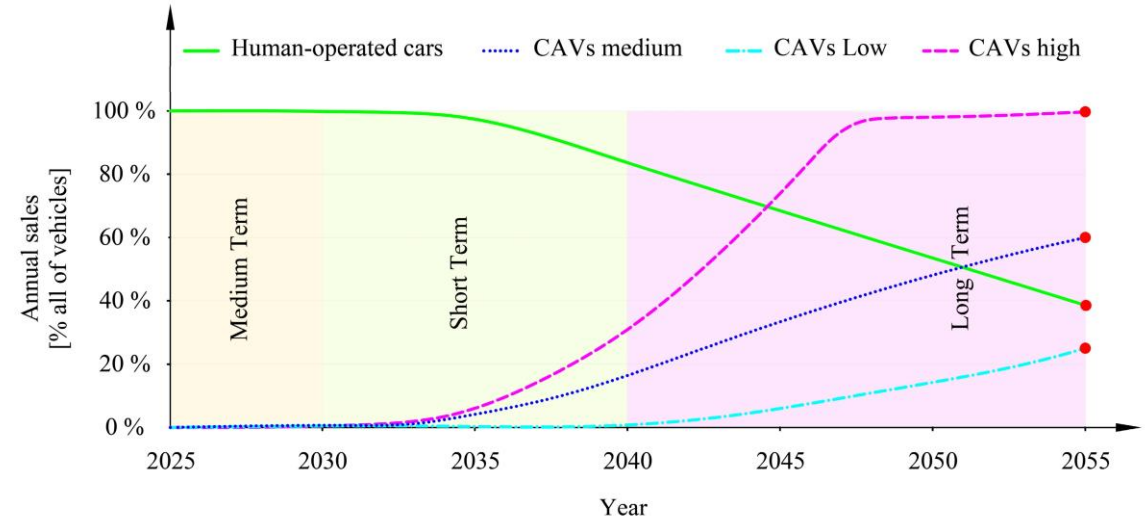
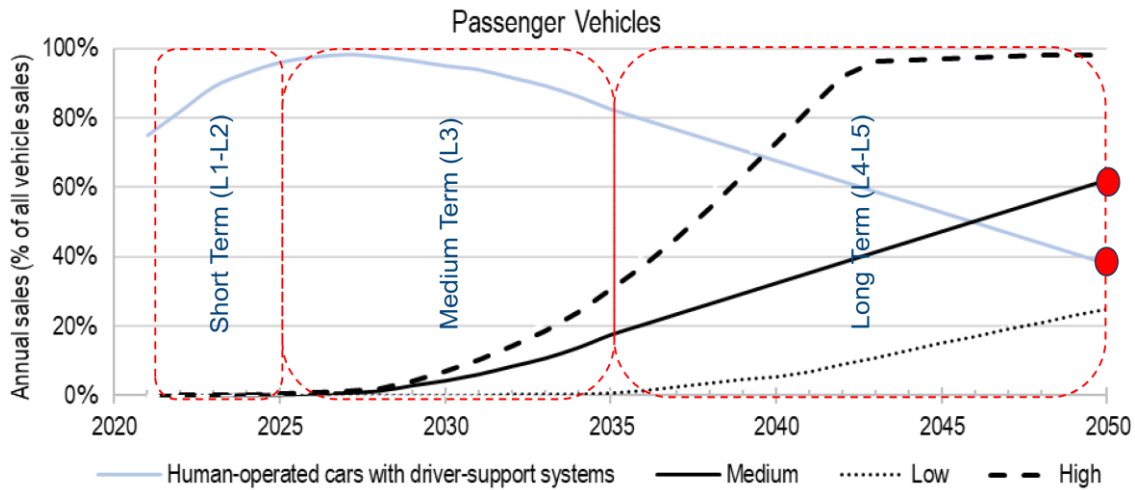
### Obiettivi dichiarati:

- viaggi sicuri con guida assistita e/o autonoma;
- interventi tempestivi nelle emergenze ed alert attraverso il mobile dell’utente;
- Info-mobilità in real time;
- monitoraggio in real time mediante IOT (internet of things) dell’infrastruttura, della sovrastruttura (pavimentazione) e delle strutture (ponti, gallerie, ecc.);
- sosta intelligente dei mezzi pesanti (Intelligent Truck Parking - ITP);
- truck Platooning.



Smart Road Cortina – SS 51

## Previsione futura del «tasso di penetrazione» (Market penetration levels - MPLs) dei veicoli a guida autonoma



**Austrroads (2021)** Source: AP-R665-22 “Minimum Physical Infrastructure Standard for the Operation of Automated Driving Part A: Infrastructure Investment”

E’ possibile prevedere diversi tassi di penetrazione  $\eta$  di CAV (Market penetration levels) rispetto al volume di traffico:

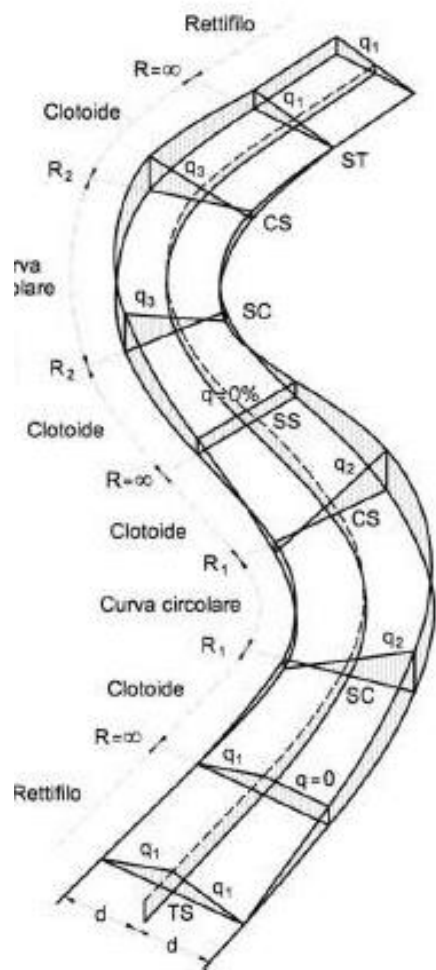
- **MPL1:** solo veicoli a guida manuale ( $\eta = 0$ );
- **MPL2:** flusso di traffico misto composto sia da veicoli a guida manuale che da CAV ( $0 < \eta < 1$ );
- **MPL3:** solo CAV ( $\eta = 1$ ).

Chiaramente, le smart roads a traffico misto (cioè  $0 < \eta < 1$ ) devono garantire ottimi standard di sicurezza, analoghi a quelli delle strade tradizionali ( $\eta = 0$ ) nelle quali si tiene conto dell'effetto del fattore umano.

# Ipotesi di criteri di progettazione in base ai tassi di penetrazione dei CAV



Le autostrade e le strade extraurbane sono compatibili con le nuove tecnologie e con le prestazioni (sinora note) dei veicoli a guida autonoma?



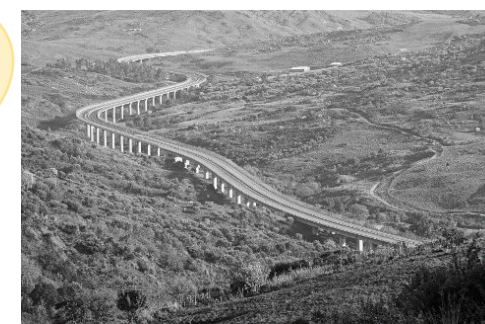
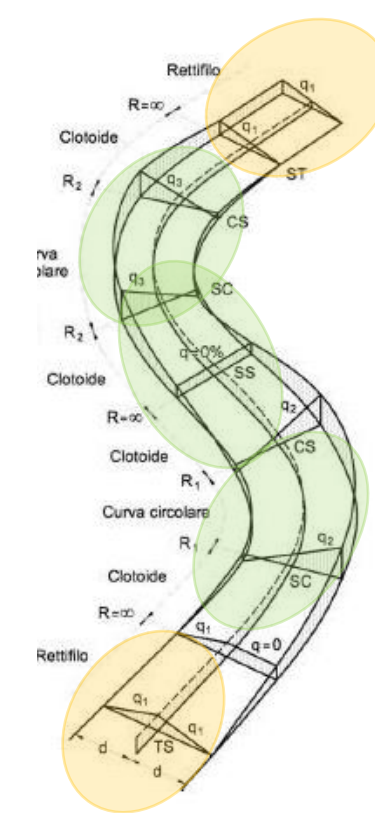
Horizontal and vertical design criteria	MPL1 ( $\eta = 0$ )	MPL2 ( $0 < \eta < 1$ )	MPL3 ( $\eta = 1$ )
Straights -Maximum length	$L_{s,max} = 22 \cdot V$	$L_{s,max} = 22 \cdot V$	$\infty$
Straights -Minimum length	$L_{s,min} = 6 \cdot V$	$L_{s,min} = 6 \cdot V$	$\begin{cases} L_{s,min} = \frac{V}{3} \\ L_{s,min} \geq 30 \text{ m} \end{cases}$
Minimum radius equation	$\frac{V^2}{R} = 127 \cdot (q_t + f_t)$	$\frac{V^2}{R} = 127 \cdot (q_t + f_t)$	$\frac{V^2}{R} = 127 \cdot (q_t + f_t)$
Horizontal curves -minimum length	$Sv_{min} = 2.5 \cdot \frac{V}{3.6}$	$Sv_{min} = 2.5 \cdot \frac{V}{3.6}$	$\begin{cases} Sv_{min} = \frac{V}{3} \\ Sv_{min} \geq 30 \text{ m} \end{cases}$
Ratio between the radii of consecutive horizontal curves	must fit within the "Good design area" of the "radii tulip" abacus [27] (cfr. Fig. 9)	must fit within the "Good design area" of the "radii tulip" abacus [27] (cfr. Fig. 9)	must fit within the "Good design area" of the "radii tulip" abacus [27] (cfr. Fig. 9)
Transition curves (Clothoids paramters)	$A1 = 0.021 V^2$ $A2 = \sqrt{\frac{R \cdot B_i \cdot (q_f - q_i)}{\Delta i_{max}}}$ $A3 = R/3$ $R \geq A \geq (A1, A2, A3)$	$A1 = 0.021 V^2$ $A2 = \sqrt{\frac{R \cdot B_i \cdot (q_f - q_i)}{\Delta i_{max}}}$ $A3 = R/3$ $R \geq A \geq (A1, A2, A3)$	$A1 = 0.021 V^2$ $A2 = \sqrt{\frac{R \cdot B_i \cdot (q_f - q_i)}{\Delta i_{max}}}$ $A \geq (A1, A2)$
Crest vertical curves	$R_v = \frac{SSD_{(TV)}^2}{2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})}$ if $SSD_{(TV)} < L$ $R_v = \frac{2}{\Delta i} \cdot \left( SSD_{(TV)} - \frac{h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}}{\Delta i} \right)$ if $SSD_{(TV)} > L$ $h_1 = 1.10 \text{ m}$ $h_2 = 0.10 \text{ m}$	$R_v = \frac{SSD_{(TV)}^2}{2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})}$ if $SSD_{(TV)} < L$ $R_v = \frac{2}{\Delta i} \cdot \left( SSD_{(TV)} - \frac{h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}}{\Delta i} \right)$ if $SSD_{(TV)} > L$ $h_1 = 1.10 \text{ m}$ $h_2 = 0.10 \text{ m}$	For AV $R_v = \frac{SSD_{(AV)}^2}{2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})}$ if $SSD_{(AV)} < L$ $R_v = \frac{2}{\Delta i} \cdot \left( SSD_{(AV)} - \frac{h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}}{\Delta i} \right)$ if $SSD_{(AV)} > L$ For CAV $R_v = \frac{SSD_{(CAV)}^2}{2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})}$ if $SSD_{(CAV)} < L$ $R_v = \frac{2}{\Delta i} \cdot \left( SSD_{(CAV)} - \frac{h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}}{\Delta i} \right)$ if $SSD_{(CAV)} > L$ $h_1 \gg 1.10 \text{ m}$ $h_2 = 0.10 \text{ m}$ $R_s \geq 0.129 \cdot V^2$
Sag vertical curves	$R_s = \frac{2}{\Delta i} \cdot \left( SSD() - (TV) \frac{h_v + SSD^0 \cdot (TV \cdot i)}{\Delta i} \right)$ $h_v = 0.5 \text{ m}$		

## Il caso studio della A19 (Autostrada Palermo Catania)

L'autostrada A19 è un'autostrada italiana che collega le città siciliane di **Palermo** e **Catania**. Attraversa la Sicilia centrale con un percorso di oltre 191 km passando per Caltanissetta ed Enna. È gestita dall'ANAS ed è priva di pedaggio. **Lunghezza:** 191,6 km

Curve N°	$R_{min}$ [m]	$R_{max}$ [m]	$V_{p,min}$ [km/h]	$V_{p,max}$ [km/h]	$S_{v,min}$ [m]	$S_{v,max}$ [m]
169	100	2657	96.39	140.0	29.83	2657.04

Rettifili					
N°	Lmin [m]	Lmax [m]	$V_{p,min}$ [km/h]	$V_{p,max}$ [km/h]	
169	56	2652	96	140	

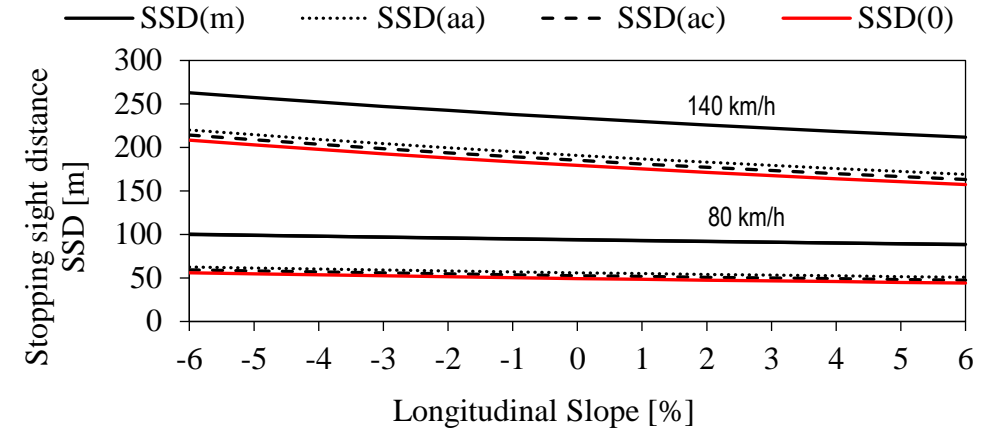
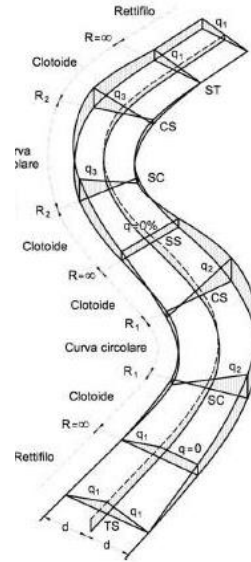


N°	Basic segments	Length [m]	AADT [veh/day]	DHV [veh/h]	PHF	q [veh/h]	FFS [km/h]	q* [veh/h]	$v_c$ [km/h]	k [veh/km]	c [veh/h]	LOS
1	Palermo - Villabate	5410	76289	3814	0.8	2427	110	1450	78	31.2	2350	F
2	Villabate - Bagheria	6238	34011	1717	0.8	1094	99	1615	99	11.0	2295	C
3	Bagheria - Altavilla Milicia	4662	31433	1752	0.8	1178	95	1675	95	12.4	2275	C
4	Altavilla Milicia - Resuttano	69200	5613	293	0.8	196	98	1630	98	2.0	2290	A
5	Resuttano - Alimena	12012	7501	382	0.8	268	104	1540	104	2.6	2320	A
6	Alimena - Enna	20388	11285	578	0.8	417	89	1765	89	4.7	2245	A
7	Enna - Enna 2	10585	15104	766	0.8	539	96	1660	96	5.6	2280	A
8	Enna 2 - Catenanuova	34215	15170	793	0.8	559	108	1480	108	5.2	2340	A
9	Catenanuova - Misterbianco	31548	19243	990	0.8	639	102	1570	102	6.3	2310	A
10	Misterbianco Catania	3452	29242	1755	0.8	1150	104	1540	104	11.1	2320	B



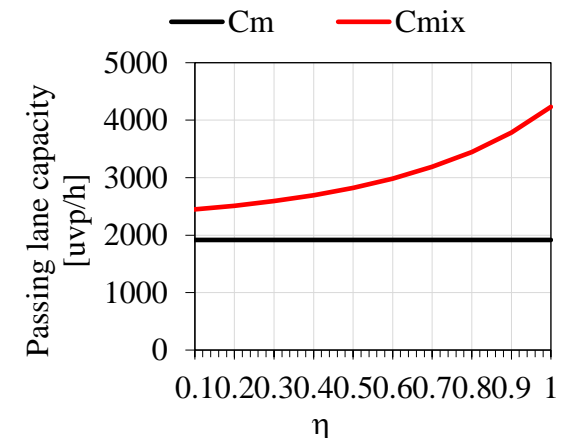
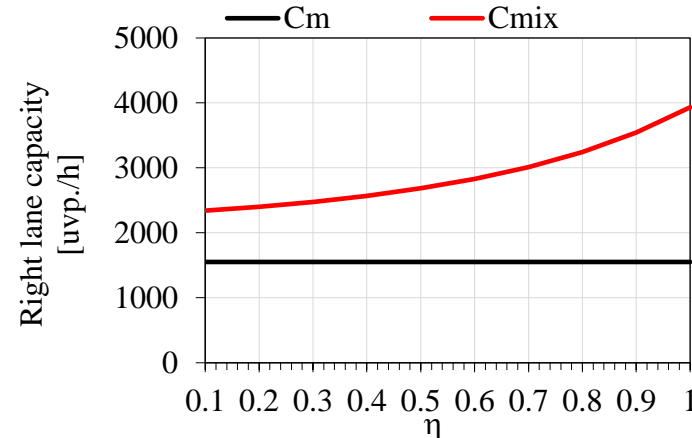
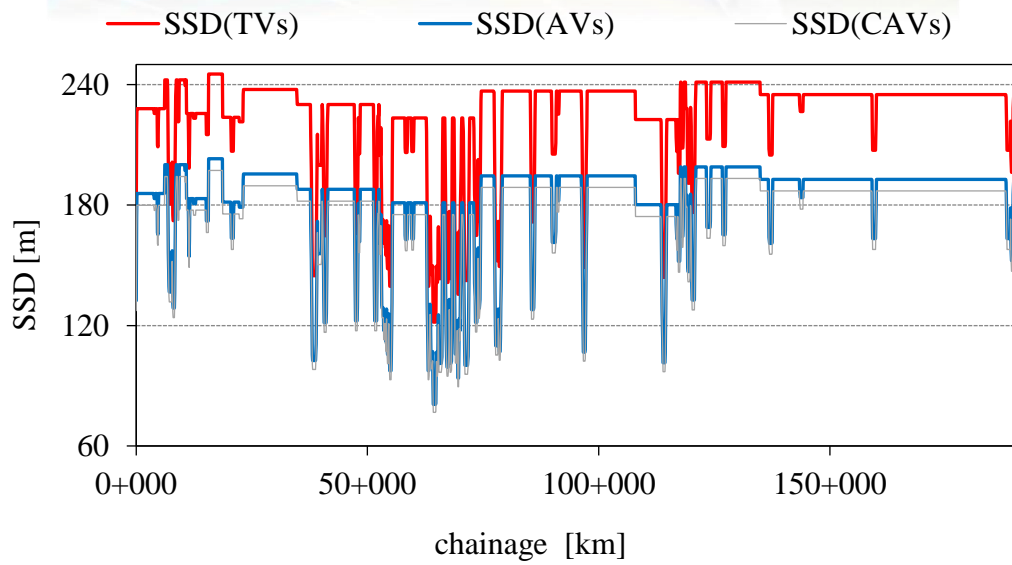
# Il caso studio della A19 (Autostrada Palermo Catania)

...le analisi svolte con i modelli teorici mostrano per lo scenario «MPL3: solo CAV ( $\eta = 1$ )» una sostanziale riduzione delle distanze di arresto lungo l'intero tracciato ed un marcato incremento della capacità delle corsie di marcia



$$C_{mix} = \frac{V}{\eta^2 \cdot V \cdot T_{a,a} + \eta \cdot (1-\eta) \cdot V \cdot T_{a,m} + (1-\eta) \cdot V \cdot T_{m,x} + L}$$

$$\chi = \frac{C_{mix}}{C_m} = \frac{T_m \cdot V + L}{\eta^2 \cdot V \cdot T_{a,a} + \eta \cdot (1-\eta) \cdot V \cdot T_{a,m} + (1-\eta) \cdot V \cdot T_{m,x} + L}$$



# Applicazioni BIM alla progettazione, realizzazione e manutenzione delle smart road

**DECRETO 28 febbraio 2018**

*Modalità attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica*

Art. 2. Definizione di Smart Road

.....

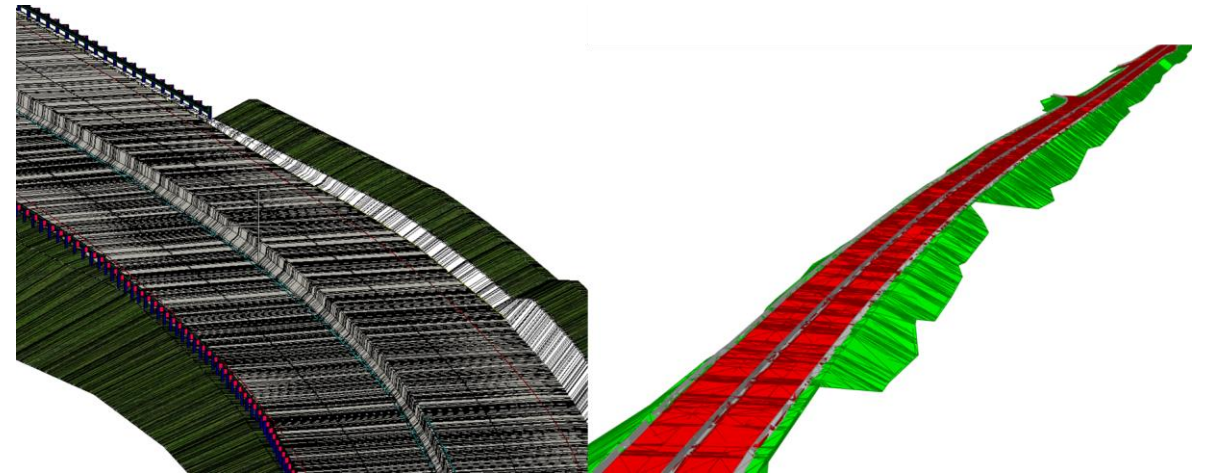
3. Per le infrastrutture stradali, definite Smart Road ... è altresì, avviato, ... un processo di ulteriore adeguamento tecnologico finalizzato a realizzare:

a)...

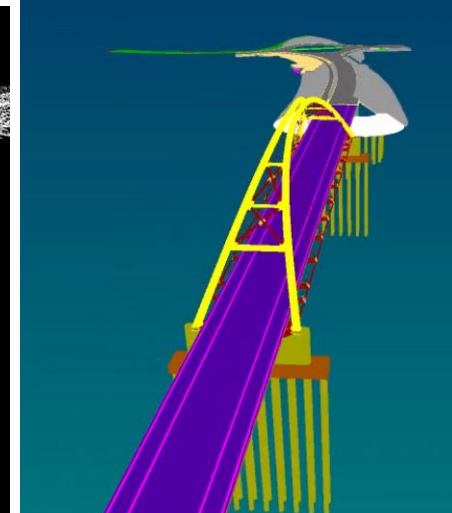
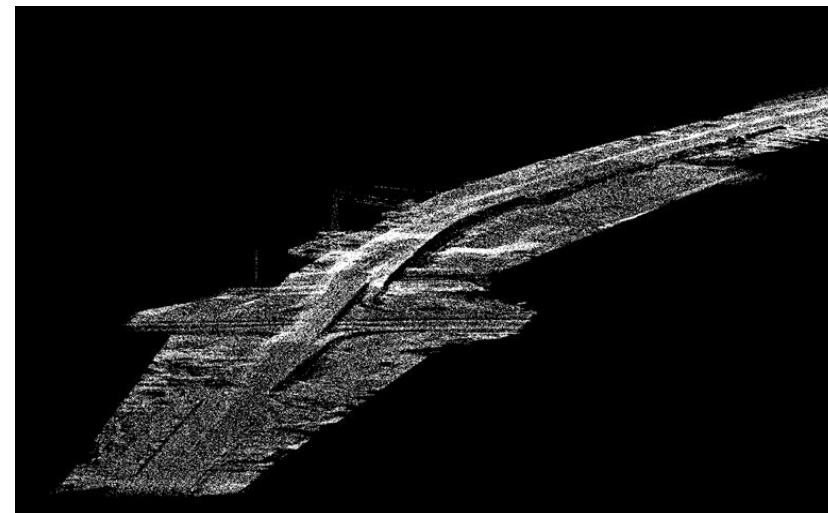
b) metodologie di gestione e verifica dei dati di progetto, costruzione e esercizio delle infrastrutture **ispirate ai principi del BIM**;

c)...

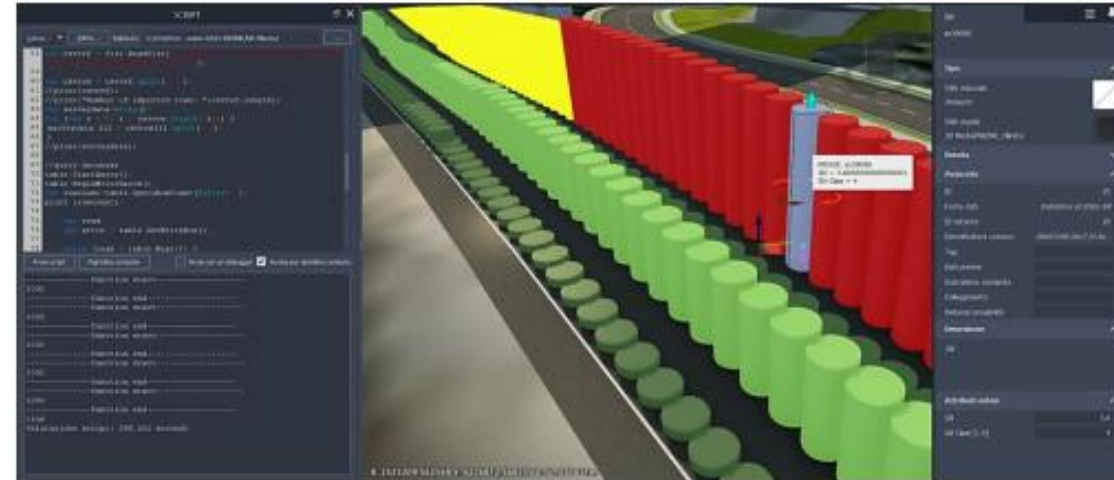
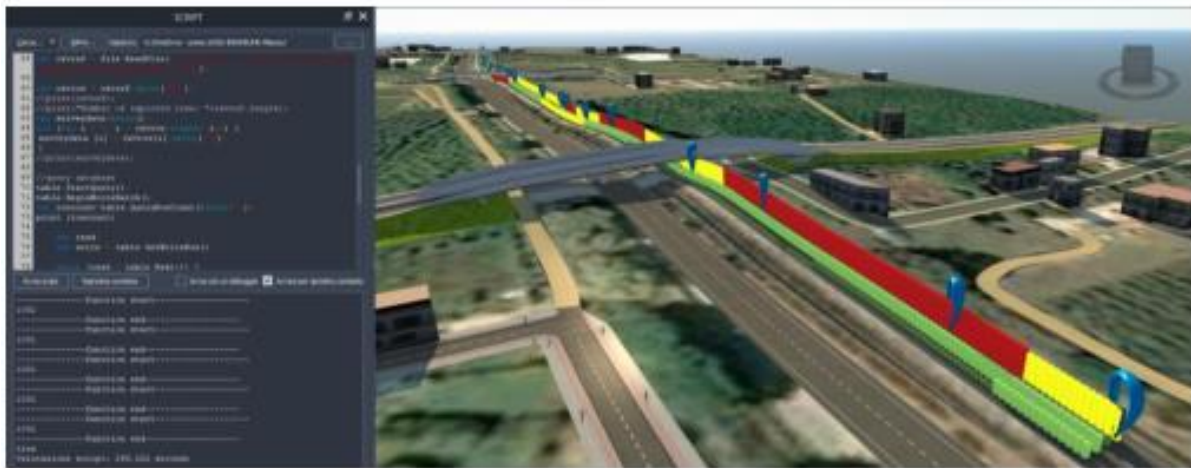
**Processo di trasformazione digitale della rete stradale nazionale**, per sostenere lo sviluppo, la realizzazione in via prototipale, la sperimentazione e la validazione di soluzioni applicative dinamicamente aggiornate alle specifiche funzionali per le **Smart Road** (*legge di Bilancio per il 2028, L. 27 dicembre 2017 n. 205*) 2018)



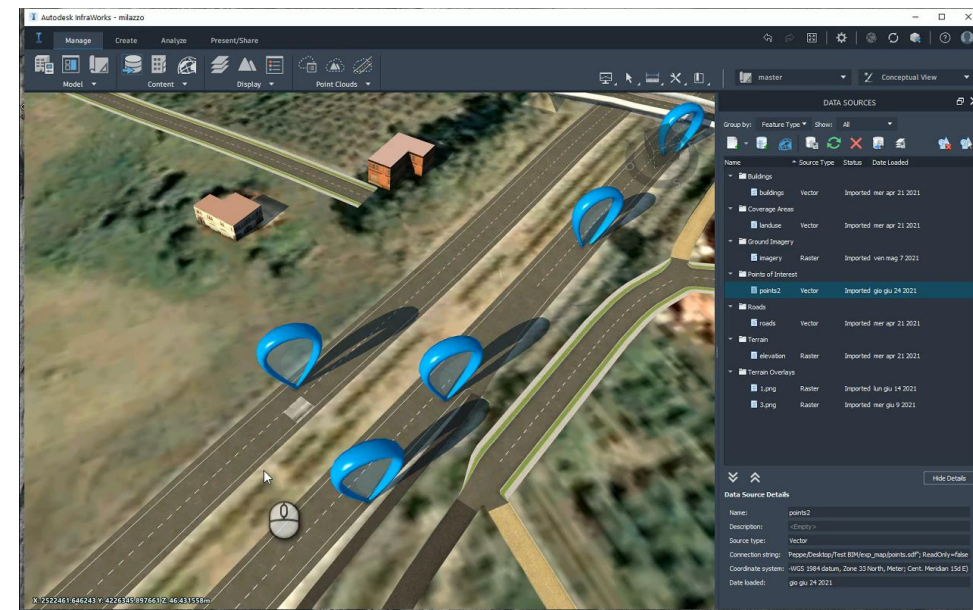
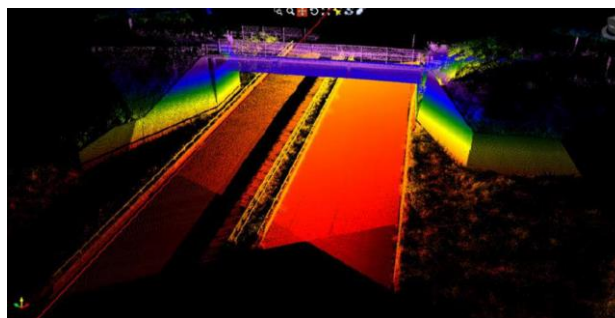
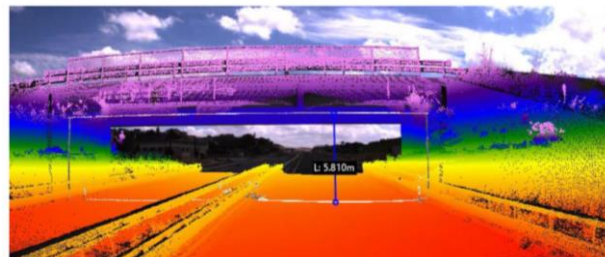
Generative design  
per l'automazione dei processi di  
creazione dei modelli digitali



# Pavement virtual inspection in BIM

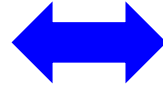
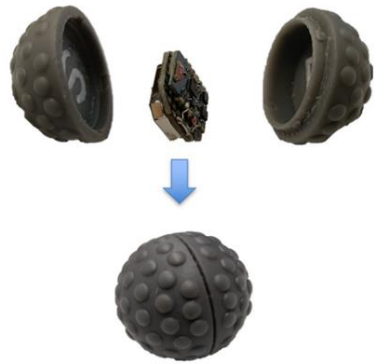


## Creazione di modelli 3D da nuvole di punti



Mobile Mapping System – Laboratorio di Infrastrutture Stradali  
Dipartimento di Ingegneria – Università di Messina

# Costruzione e gestione smart delle pavimentazioni: Sensori SmartRock e modelli predittivi per il pavement asset management



Sensori smart per la valutazione della compattazione

## Modelli predittivi aderenza

Laboratorio  
Apparecchiatura Wehner-Schulze

Su strada

Levigatura WS

Levigatura traffico

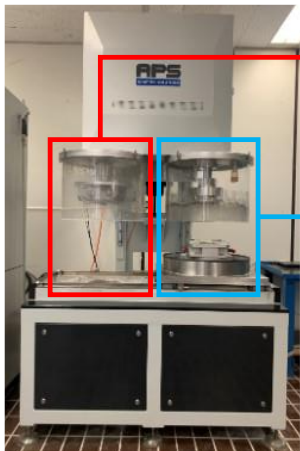
Valore aderenza WS

Valore aderenza su strada  
(e.g. SCRIM: CAT)



Vita utile residua

Modelli predittivi portanza



**Obiettivo finale**  
Previsione dell'aderenza su strada dopo *N* passaggi di veicoli, basata solo su misure di laboratorio

# Evoluzioni tecnologiche per l'ottimizzazione della gestione delle smart road nel periodo invernale



Sistemi stoccaggio innovativi



Macchinari spartineve e spargitori



Idrogel salino a base vegetale



Tecniche di applicazione e prodotti ottimizzati e maggiormente sostenibili

## Informazioni utenti (PMV)



- Meteo
- Limitazione viabilità
- Possibili chiusure



**Grazie per la cortese attenzione !**