



**POLITECNICO  
MILANO 1863**

## L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

 **FEDERCHIMICA  
ASSOGASTECNICI**  
Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

*Fabio Borghetti*

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo



 **POLITECNICO MILANO 1863**      Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019      Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

## Cos'è la sicurezza (stradale)?



È **difficile** definire in modo univoco il **concetto di sicurezza**

↓

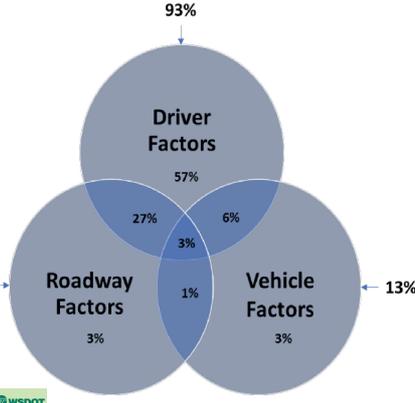
Il **bisogno di sicurezza** accompagna l'uomo fin dalle sue origini tanto nella vita individuale quanto in quella sociale

---

 POLITECNICO MILANO 1863
 Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019
Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

## Le tre componenti della guida



Road User

Environment

Vehicle



**Joint Use of the HSM and Human Factors Guide**  
**5<sup>th</sup> E of Safety**  
© 2014 Washington State Department of Transportation

(from Treat et al., 1979)

AMBITO Committee on Safety Accidents Working Group, May 8, 2014

---

 POLITECNICO MILANO 1863
 Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019
Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

### Il fattore umano

**FTA - Fault Tree Analysis**

Events iniziator Causes

Prevention measures

**ETA - Event Tree Analysis**

Scenarios Consequences

Protection measures

| Key risk reduction measures

(from Borghetti et al., 2019)

POLITECNICO MILANO 1863
Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019
Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

### Il fattore umano

#### Elementi del processo di formazione e informazione del rischio

(from Borghetti et al., 2019)

POLITECNICO MILANO 1863
Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019
Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

### Il fattore umano

Differenza tra ARIR e trasporto



**Sorgente puntuale ✓**



**Sorgente Lineare X**

Incertezza del punto dove si può verificare un evento

Conoscenza del sistema

POLITECNICO MILANO 1863      Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019      Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

### Cos'è la sicurezza (stradale)?

Piramide dei bisogni di Maslow

- protezione
- tranquillità
- prevedibilità
- soppressione preoccupazioni
- ansie
- ...

Devono garantire all'individuo protezione e tranquillità

**Autorealizzazione**

---

**Stima**

---

**Appartenenza**

---

**Sicurezza**

---

**Fisiologia**



Maslow, A.H. (1954) Motivation and Personality, New York, Harper & Row.

POLITECNICO MILANO 1863      Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019      Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cos'è la sicurezza (stradale)?

*"La sicurezza assoluta è un'illusione. Gli uomini sono circondati dal rischio per tutta la durata della loro esistenza"*

Wolfgang Sofsky. (2005). Rischio e sicurezza.  
Einaudi. ISBN 9788806178192.

Con questa espressione il sociologo tedesco Wolfgang Sofsky prova a dare una interpretazione del concetto di sicurezza



un sistema di trasporto è caratterizzato da un **livello di rischio**



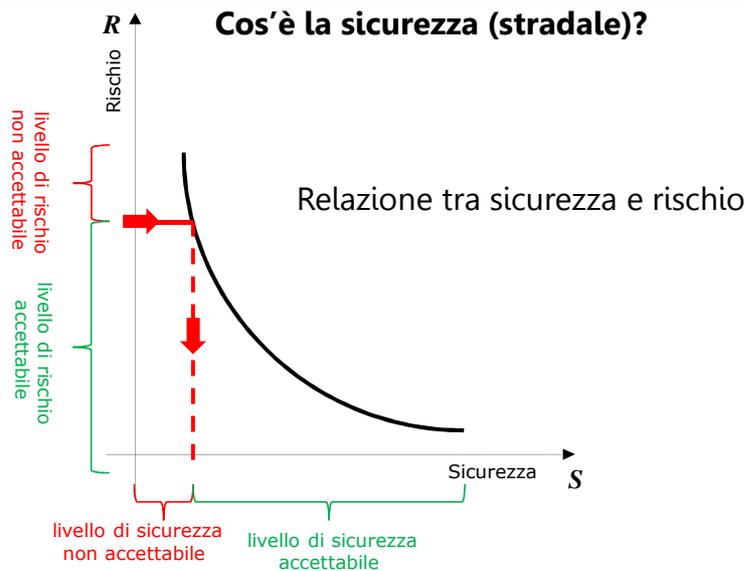
POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

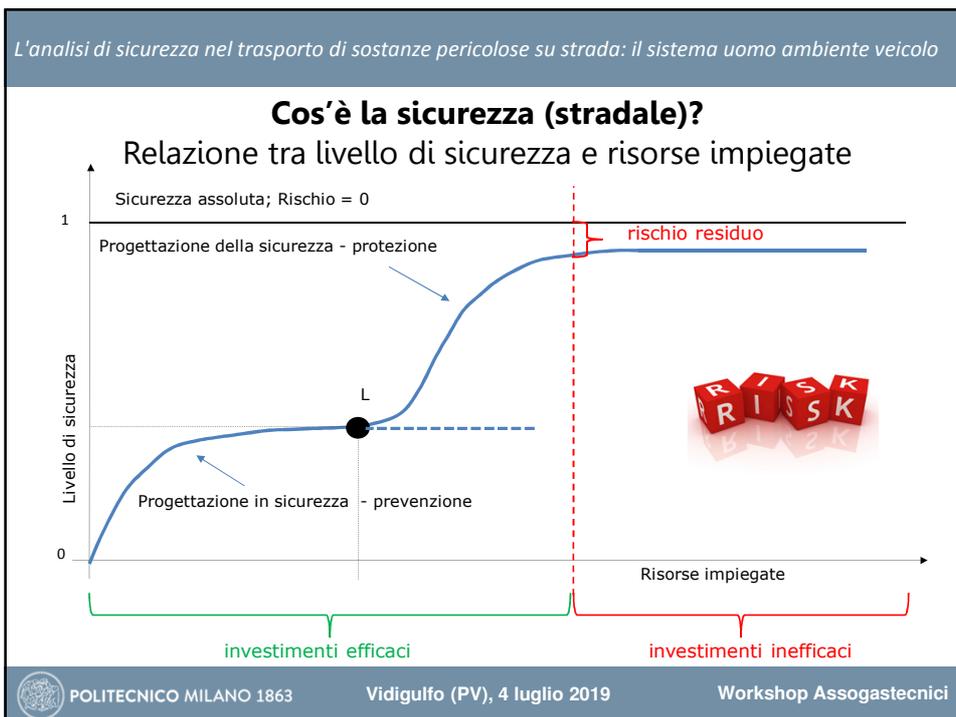
### Cos'è la sicurezza (stradale)?



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici



*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

### Considerazioni 1

Quale metodo/procedura per la valutazione di rischio nel trasporto di sostanze pericolose su strada?

Quali sono gli elementi potenzialmente esposti? (bersagli solo umani? anche ambientali?)

Quale livello di rischio accettabile?

Chi definisce le soglie di accettabilità/tollerabilità?

↓

Vuoto normativo?

POLITECNICO MILANO 1863 Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019 Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

## Cosa transita sulla nostra rete stradale?



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

## Considerazioni 2

Dati di traffico a macchia di leopardo sul territorio nazionale

Dati spesso aggregati e poco rappresentativi

No report su incidenti



Istituzione di un osservatorio?



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

## E poi succede qualcosa...l'evento si poteva evitare?



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

## Considerazione 3



È stato fatto tutto quanto *ragionevolmente praticabile*?



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

## Qualche risposta...



## Il progetto strategico interreg **DESTINATION**

Conoscere il trasporto delle merci pericolose come strumento di tutela del territorio



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

## Scheda progetto

**Nome:** **DESTINATION** - DangErous tranSport To New prevenTive Instrumentsbbario 2014  
Conoscere il trasporto delle merci pericolose come strumento di tutela del territorio

**Budget:** 2.472.500 € + rifinanziamento di 1.754.000 € = **4.200.000 €**

**Partner :** RP Dir. Ambiente (capofila), Dir. Trasporti, Dir. OOPP -Prot. Civile  
RL Dg. Ambiente, Energia e Reti –Dg. Prot. Civile, Dg Mobilità e trasporti  
BZ Dir. Protezione Antincendi e Civile  
VdA Dir. Servizi antincendio e di soccorso  
Cantone Ticino Divisione Ambiente

**Partner tecnici:** Politecnico di Milano - Laboratorio Mobilità e Trasporti  
CSI Piemonte  
5T S.r.l.  
Lombardia Informatica S.p.A.



**Durata:** 1 aprile 2010 - 31 maggio 2014 (con proroga a **dicembre 2015**)

**Sito web:** <http://www.regione.piemonte.it/ambiente/destination>



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

## Quali erano gli obiettivi del progetto?

- Accrescere la **conoscenza** in tema di Trasporto Merci Pericolose su strada attraverso la creazione di una rete di **monitoraggio**
- Implementazione di **strumenti di governo del territorio** mediante la definizione di un modello di analisi del **rischio TMP** (pianificazione, prevenzione e emergenza)
- Realizzazione di un **percorso formativo** relativo alla sicurezza del TMP
- Progettazione e organizzazione di una **esercitazione in scala reale** con TMP



POLITECNICO MILANO 1863

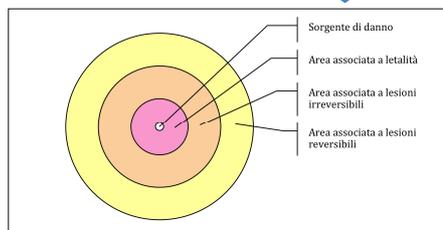
Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

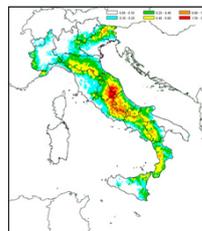
*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

## Cosa abbiamo realizzato?

### Modello analisi rischio



Uomo



Ambiente



POLITECNICO MILANO 1863

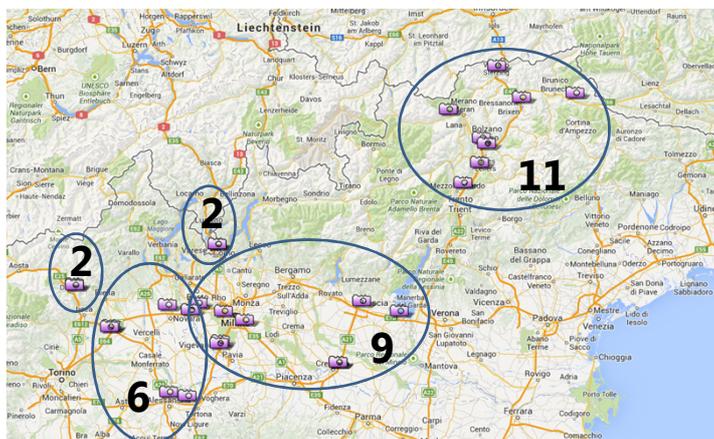
Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici



L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

**Cosa abbiamo realizzato?**



**30 telecamere installate sull'area di progetto**



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

**Cosa abbiamo realizzato?**

Autobrennero: **4** gate su A22



Autostrade Centropadane: **2** gate A21



Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova: **2** gate A4



Comune di Trecate: **1** gate su SS



Milano Serravalle – Milano Tangenziali: **2** gate A7 e **2** gate A50 (T.O.)



Provincia Autonoma di Bolzano: **7** gate su SS



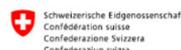
SATAP: **2** gate A21 e **4** gate A4



SAV: **2** gate su A5



Ufficio Federale delle Strade USTRA (CH): **2** gate su A2



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cosa abbiamo realizzato?



Targa	#####
Nazionalità	Italia
Classe	Autocarro
Velocità	26.69 km/h
Colore	
Merci pericolose	23-1965
Data	09/03/19
Ora	08:42:29
Corsia	2
Varco	SS1 - Treate/Cerano



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cosa abbiamo realizzato?



Targa	#####
Nazionalità	Italia
Classe	Autocarro
Velocità	27.55 km/h
Colore	
Merci pericolose	33-1203
Data	09/03/19
Ora	08:42:30
Corsia	1
Varco	SS1 - Treate/Cerano



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cosa abbiamo realizzato?



Targa	#####
Nazionalità	
Classe	Autocarro
Velocità	70.75 km/h
Colore	
Merci pericolose	22-1977
Data	01/07/19
Ora	16:04:02
Corsia	2
Varco	TP1 - Alessandria Est dir Piacenza



Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cosa abbiamo realizzato?



Targa	#####
Nazionalità	Italia
Classe	Autocarro
Velocità	78.43 km/h
Colore	
Merci pericolose	225-1073
Data	01/07/19
Ora	15:29:21
Corsia	1
Varco	TP1 - Alessandria Est dir Piacenza



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cosa abbiamo realizzato?



Targa	#####
Nazionalità	Italia
Classe	Autocarro
Velocità	79.84 km/h
Colore	
Merci pericolose	22-1977
Data	01/07/19
Ora	13:26:01
Corsia	1
Varco	BP2 - Brescia Centro dir Brescia



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cosa abbiamo realizzato?



Targa	#####
Nazionalità	Italia
Classe	Autocarro
Velocità	80.89 km/h
Colore	
Merci pericolose	223-1972
Data	08/03/19
Ora	20:09:10
Corsia	1
Varco	BP2 - Brescia Centro dir Brescia



POLITECNICO MILANO 1863

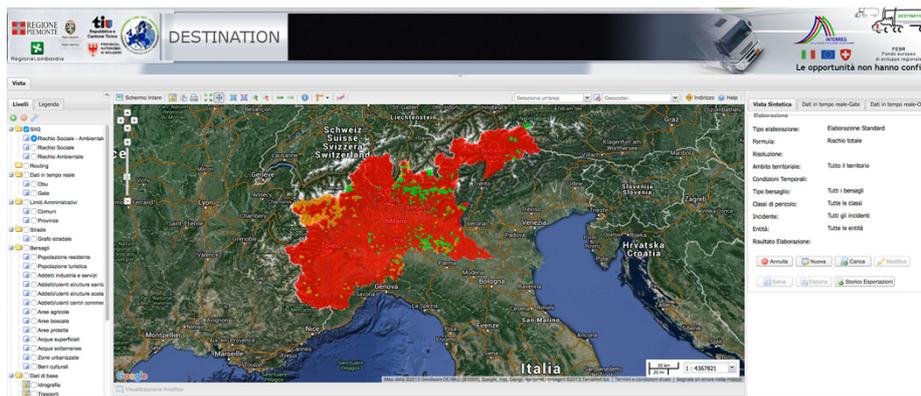
Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

Cosa abbiamo realizzato?

## SIIG – Sistema Informativo Integrato Globale



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

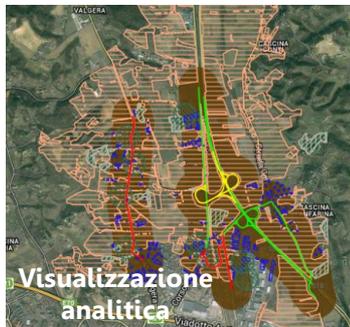
Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

Cosa abbiamo realizzato?

strumento di pianificazione e di supporto alle decisioni in grado di:

- raccogliere ed elaborare i dati territoriali provenienti dalla rete di monitoraggio
- consentire l'esecuzione di simulazioni finalizzate all'implementazione di mappe tematiche per la gestione/mitigazione del rischio



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cosa abbiamo realizzato?

Resident population	floating tourist population	Industry and Services employees	employees/Users health care facilities	employees/users schools	employees/Users shopping center	
Name	use description	Source members	number of members	ESTIMATED	number of employees	Partner
A. CARETTO	SCUOLA SEC / GRADO / MEDIA L.	CALCULATED	204	ESTIMATED	3	Piemonte
C. SERRA	SC. PRIMARIA / ELEMENTARE	CALCULATED	393	ESTIMATED	4	Piemonte
SC. CALAMARDO	SCUOLA SEC. SECONDARIA I	CALCULATED	400	ESTIMATED	4	Piemonte

POLITECNICO MILANO 1863      Vidugolfo (PV), 4 luglio 2019      Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cosa abbiamo realizzato?

## Cruscotto di reportistica

Analisi ed elaborazioni dati GATE

- Giornaliero
- Settimanale
- Mensile
- Per tipologia di sostanza

Kemler Dashboard > 01-Distribuzione Oraria

01-Distribuzione Oraria

01-Matutini	Distribuzione Oraria
08:00:00	1,08
08:15:00	1,08
08:30:00	1,08
08:45:00	1,08
09:00:00	2,76
09:15:00	8,88
09:30:00	8,12
09:45:00	11,16
10:00:00	11,16
10:15:00	8,12
10:30:00	8,12
10:45:00	8,12
11:00:00	12,24
11:15:00	12,24
11:30:00	8,12
11:45:00	8,12
12:00:00	8,12
12:15:00	8,12
12:30:00	8,12
12:45:00	8,12
13:00:00	8,12
13:15:00	8,12
13:30:00	8,12
13:45:00	8,12
14:00:00	8,12
14:15:00	8,12
14:30:00	8,12
14:45:00	8,12
15:00:00	8,12
15:15:00	8,12
15:30:00	8,12
15:45:00	8,12
16:00:00	8,12
16:15:00	8,12
16:30:00	8,12
16:45:00	8,12
17:00:00	8,12
17:15:00	8,12
17:30:00	8,12
17:45:00	8,12
18:00:00	8,12
18:15:00	8,12
18:30:00	8,12
18:45:00	8,12
19:00:00	8,12
19:15:00	8,12
19:30:00	8,12
19:45:00	8,12
20:00:00	8,12
20:15:00	8,12
20:30:00	8,12
20:45:00	8,12
21:00:00	8,12
21:15:00	8,12
21:30:00	8,12
21:45:00	8,12
22:00:00	8,12
22:15:00	8,12
22:30:00	8,12
22:45:00	8,12
23:00:00	8,12
23:15:00	8,12
23:30:00	8,12
23:45:00	8,12
24:00:00	8,12

PTA - DESTINATION PERCORSI TRANSFRONTALIERI CONDIVISI  
LA TECNOLOGIA COME SOLUZIONE DELLE ESIGENZE

ELABORAZIONE DATI DAI GATE DI PROGETTO - ANNO 2015

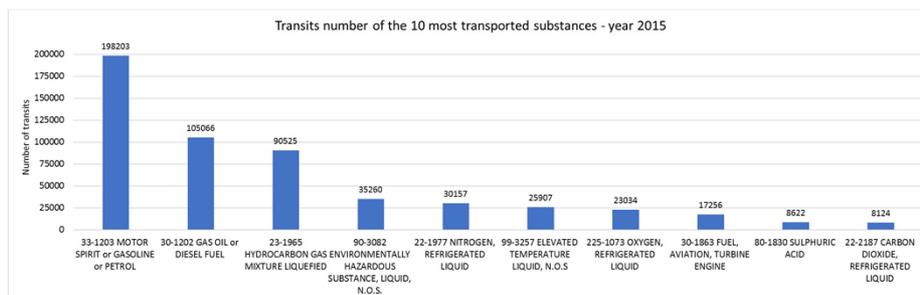
POLITECNICO MILANO 1863      Vidugolfo (PV), 4 luglio 2019      Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

## Cosa abbiamo realizzato?

### Cruscotto di reportistica

Top 10 anno 2015



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

## Cosa abbiamo realizzato?

### Formazione a distanza

#### Obiettivo

- Sensibilizzare sul fenomeno del TMP
- Approfondire il tema del TMP
- Diffondere le attività e i prodotti realizzati
- Affiancamento nell'utilizzo degli strumenti sviluppati



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### Cosa abbiamo realizzato?

#### Esercitazione in scala reale

verifica del sistema di risposta all'emergenza e coordinamento dei soccorsi



Terminal HUPAC di Busto Arsizio (VA)



POLITECNICO MILANO 1863

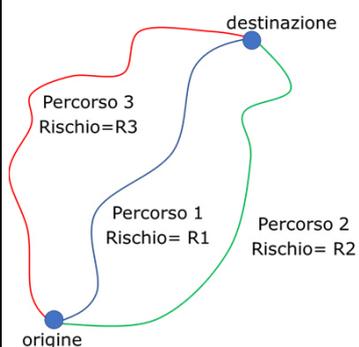
Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo

### I prossimi passi...

Percorsi a rischio minimo



Pianificazione dei viaggi da O a D in funzione di:

- Tracciato (es. incidentalità, congestione, pendenza)
- Sostanza
- Bersagli (antropici e ambientali)
- Condizioni meteo climatiche
- Giorno della settimana
- Ora del giorno
- Presenza cantieri
- ...

Criteri di **economicità** vs criteri di **sicurezza**



Non sempre i percorsi più **veloci** sono i più **sicuri**



POLITECNICO MILANO 1863

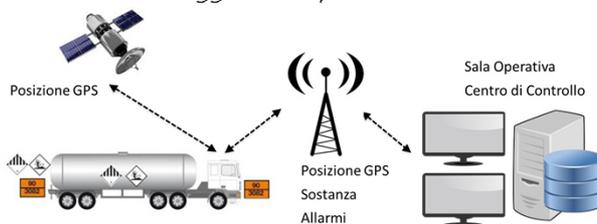
Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

### I prossimi passi...

Monitoraggio in tempo reale dei veicoli



- Mappe dinamiche di rischio (es. quantità di sostanza; eventi meteo intensi, condizioni di traffico, presenza di incidenti, cantieri, ecc.)
- Distanziamento veicoli incompatibili (in movimento e fermi in coda)
- Gestione veicoli incompatibili nelle aree di sosta



Percorsi alternativi praticabili?



POLITECNICO MILANO 1863

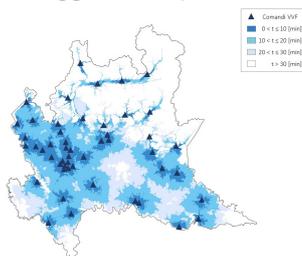
Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

### I prossimi passi...

Monitoraggio in tempo reale dei veicoli



- Riduzione dei tempi di intervento in caso di evento con allarmi automatici (sensori es. accelerometro, inclinometro, ecc.)
- Accessibilità dei soccorsi
- Gestione delle anomalie: dove fermare un veicolo in condizioni di sicurezza
- Migliore gestione dell'emergenza (risorse e attrezzature necessarie)



Mitigazione delle possibili conseguenze?



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

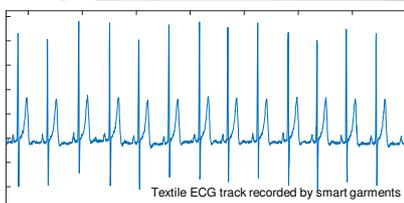
*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

### I prossimi passi...

**Monitoraggio** del conducente: parametri **biomedici, biochimici e fisici**



TeDH – Technology and Design for Healthcare and Wellbeing



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

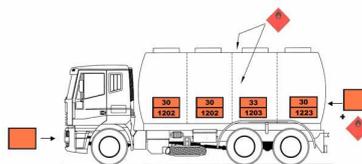
### I prossimi passi...

Analisi in tempo reale dei dati



conducente

+



stato veicolo + stile di guida (es. giri motore, impianto frenante)



Identificare **punti neri** dei percorsi

Definire meccanismi **premiali** per **comportamenti virtuosi**



POLITECNICO MILANO 1863

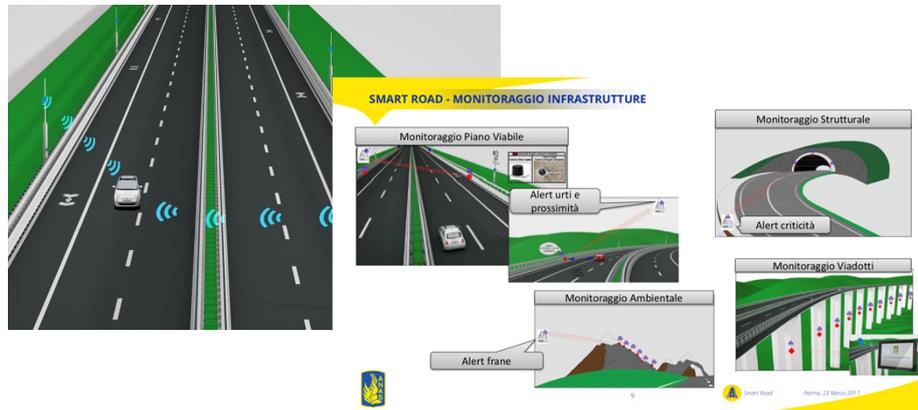
Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

### I prossimi passi...

Comunicazione veicolo – infrastruttura: Smart Road



<http://www.stradeanas.it>



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici

*L'analisi di sicurezza nel trasporto di sostanze pericolose su strada: il sistema uomo ambiente veicolo*

# Grazie per l'attenzione

fabio.borghetti@polimi.it

+39 02 2399 5847

Gruppo di ricerca

Roberto Maja, Luca Studer, Giovanna Marchionni,  
Marco Ponti, Fabio Borghetti, Paolo Gandini, Varia Paglino, Serio Agriesti



POLITECNICO MILANO 1863

Vidigulfo (PV), 4 luglio 2019

Workshop Assogastecnici