



**Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

Titolo del progetto: Smart Roads: green island, dispositivi e sistemi per la riduzione dell'impatto ambientale. Soluzioni per le gallerie finalizzate alla sicurezza

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

Responsabile scientifico: Mara Lombardi

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso Department of Civil and Environmental Engineering, Barcelona School of Civil Engineering

Azienda: SIA Fire Fighting Systems

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 10000

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE con delibera del 22.09.2021

Progetto di ricerca:

Il progetto è finalizzato allo sviluppo e alla realizzazione di un sistema Smart Tunnel considerando gli aspetti di minimo consumo energetico specifico per garantire il comfort degli utenti e la sostenibilità dell'esercizio dell'opera (GREEN) e di minimo rischio specifico per la sicurezza ai sensi della Direttiva del 2004/54/CE e del Decreto 264/2006 (SAFE).

Come è noto le gallerie rappresentano, all'interno della rete stradale, infrastrutture energivore caratterizzate dunque da un elevato consumo energetico specifico rispetto ai tratti a cielo aperto. Analogamente, con riferimento alle condizioni di sicurezza, tale infrastruttura risulta caratterizzata da un livello di rischio superiore rispetto al contesto a cielo aperto per effetto delle conseguenze indotte da un potenziale evento di incendio.

L'Italia, essendo dotata di un elevato numero di gallerie rispetto alle altre nazioni europee, è sicuramente soggetta a consumi energetici maggiori connessi ai sistemi di sicurezza previsti (spegnimento automatico, ventilazione, illuminazione e comunicazione, ecc.). Con questi presupposti lo sviluppo di un sistema Smart Tunnel, coerente con un programma Smart Roads, non può prescindere dalle problematiche di impatto ambientale e consumo energetico, esplorando la possibilità di produrre energia mediante fonti rinnovabili per garantire l'alimentazione dei sottosistemi di sicurezza.

Il programma Smart Road, introdotto con il Decreto del 28 febbraio 2018 "Modalità attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica", e sviluppato dall'ANAS (Azienda Nazionale Autonoma delle Strade) con un investimento di circa un miliardo di euro su 3000 chilometri di strade ed autostrade, contribuirà a dotare il Paese di una rete stradale digitalmente avanzata e sostenibile, garantendo maggiore sicurezza e comfort per gli utenti, maggiore efficienza nei flussi di traffico e infrastrutture più sicure.

I temi chiave di ricerca e sviluppo sono stati definiti per fornire agli utenti in futuro sicurezza, connettività, informazione ed energia pulita:

- Più Green: eco-sostenibilità per l'alimentazione dei sistemi attraverso fonti di energia rinnovabili e installazione di colonnine di ricarica elettrica per sviluppare la mobilità elettrica.
- Più Sicurezza: attraverso l'implementazione di nuove tecnologie e servizi per l'assistenza alla guida e per la guida

autonoma, come gli avvisi di gravi eventi lungo il percorso, la riproduzione della segnaletica stradale a bordo del veicolo e la notifica dei limiti di velocità.

- Più Informazione: grazie alle notizie sulla mobilità fornite dalle Smart Road, gli utenti saranno informati in tempo reale su condizioni di traffico, incidenti, lavori stradali e informati su percorsi alternativi e condizioni meteorologiche.

- Più Connettività: grazie a sistemi di connessione come 5G e c-LTE DSRC, al Wi-Fi di Anas e a tutte le possibili correlazioni generate dai dati, certificati dal gestore della rete, che si rilevano e si scambiano viaggiando lungo le strade.

Smart Road è, quindi, in grado di fornire:

strumenti per la logistica;

strumenti di monitoraggio e controllo delle infrastrutture in grado di rilevare e comunicare in tempo reale informazioni riguardanti: condizioni di viabilità, informazioni meteorologiche, informazioni sul traffico, presenza del trasporto di merci pericolose, presenza di mezzi pesanti e ogni situazione di pericolo, segnalata in tempo reale, lungo la strada da percorrere.

Smart Road consente, inoltre, una gestione intelligente delle gallerie che diventeranno "Smart Tunnel" con possibilità di controllo del numero di accessi e miglioramento delle condizioni di progettazione della sicurezza.

Il Dottorato sarà centrato su alcuni aspetti del programma Smart Road: integrazione dei concetti di sostenibilità e Smart Tunnel, con focus sulla progettazione del rischio (risk design) per le gallerie.

Uno degli aspetti principali del programma Smart Road è la Green Island, progettata per essere modulare, cioè stand-alone e indipendente; un modulo è un tratto fisico di strada o autostrada che è operativo ed è servito da una Green Island, cuore energetico della Smart Road.

La Green Island è un'area che contiene principalmente sistemi di generazione e distribuzione di energia rinnovabile, in grado di alimentare in modo indipendente tutti i sistemi in un singolo modulo della Smart Roads, che è generalmente un segmento stradale di lunghezza pari a 30 km.

La ricerca sulle Green Island sarà focalizzata sullo sviluppo di un modulo verde all'interno di un container, che possa quindi essere facilmente installato e spostato, con caratteristiche di Funzionalità Inverter e UPS, Batterie Li-Ion, Integrazione Fotovoltaica ed Eolica. Tale modulo sarà progettato e realizzato per poter alimentare in autonomia e per il tempo necessario alle gestione dell'emergenza anche i sistemi di spegnimento automatico e di ventilazione.

Normalmente tali sistemi di alimentazione sono adottati solo per impianti di illuminazione e di telecomunicazione in quanto meno energivori.

In particolare, con il supporto di aziende private che hanno già sviluppato un prototipo del sistema, verranno analizzate le specifiche necessarie per Smart Road e Smart Tunnel considerando le procedure di gestione.

Il progetto sarà sviluppato per la parte applicativa presso la SIA (Safety Industrial Applications) dove si svolgerà in parte la prima sperimentazione del prototipo e che sarà testato presso il tunnel di San Pedro De Anes, dove attualmente si effettuano test sui sistemi di spegnimento e ventilazione per le gallerie, in collaborazione con l'Universitat Politècnica de Catalunya – UPC BarcelonaTech.

Per la parte di modellazione il progetto sarà sviluppato in collaborazione con la società di progettazione Risk Design Engineering che supporterà la definizione di modelli di incendio e di rischio.

All'interno degli Smart Tunnel il modulo sarà adattato per la gestione della ventilazione di emergenza e per lo spegnimento automatico in modo da fornire condizioni di alimentazione affidabili ed ecologiche utilizzando celle fotovoltaiche installate in prossimità dei portali delle gallerie e jet fan all'interno della gallerie utilizzati come generatori per caricare le batterie sfruttando l'effetto pistone dei veicoli che attiva le giranti dei ventilatori e genera energia pulita.

L'innovazione è nell'utilizzo di fonti di energia pulita, con caratteristiche di elevata affidabilità e compattezza, accoppiate all'installazione di un inverter centralizzato per gestire la variazione di velocità dei ventilatori del sottosistema di ventilazione. La continua variazione della velocità dei ventilatori consente di ottimizzare, quindi, la risposta del sistema di gestione della ventilazione riducendo i consumi energetici.

La verifica delle condizioni di sicurezza del sistema galleria sarà effettuata mediante analisi di rischio realizzata sviluppando un altro segmento delle Smart Road ovvero l'Analisi di Rischio Dinamica.

L'Analisi di Rischio Dinamica permette, infatti, di calcolare in tempo reale il livello rischio dovuto al traffico, alle

condizioni meteorologiche e alla disponibilità dei sottosistemi di sicurezza, per definire le procedure di gestione dell'emergenza, in particolare per le funzioni di spegnimento automatico, ventilazione, comunicazioni e illuminazione di sicurezza.

In questo modo è possibile attuare misure preventive solo quando realmente sono necessarie riducendo drasticamente i consumi energetici.

Il programma di ricerca sarà sviluppato secondo i seguenti punti:

- Analisi dei requisiti di potenza nei sistemi Smart Tunnel.
- Analisi delle caratteristiche di un singolo modulo energetico e misura degli effetti dell'integrazione del fotovoltaico e delle turbine eoliche.
- Definizione di un modulo di analisi dinamica del rischio e di gestione delle gallerie da integrare nelle Smart Roads.
- Validazione del modello in una galleria test in condizioni ordinarie e di emergenza.

#### Riferimenti Normativi

DM 24/11/1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, distribuzione, accumulo e utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8".

Decreto Legislativo 285/92 nuovo Codice della strada.

D.P.R.151 del 1 Agosto 2011, Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi.

Decreto Legislativo 387/2003 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità".

Decreto Legislativo 28/2011 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE".

Decreto Legislativo 5 ottobre 2006, n. 264. "Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea".

Decreto Legislativo 152/2006 "Norme in materia di sicurezza ambientale".

Decreto Legislativo 50/2016 Nuovo codice degli appalti.

"STANDARD FUNZIONALI PER LE SMART-ROAD" Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Position Paper del 22/06/2016.

Legge di Bilancio 2018 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale del 29 dicembre 2017)

Titolo del progetto (inglese): Smart Roads: green island, devices and systems for reducing environmental impact. Safety Solutions for tunnels

Progetto di ricerca (inglese):

The project is aimed at the development and construction of a Smart Tunnel system considering the aspects of minimum specific energy consumption to ensure the comfort of users and the sustainability of the operation of the work (GREEN) and of minimum specific risk for safety pursuant to of the Directive of 2004/54 / EC and of the Decree 264/2006 (SAFE).

As is known, tunnels represent, within the road network, energy-intensive infrastructures therefore characterized by a high specific energy consumption compared to open-air sections. Similarly, with reference to safety conditions, this infrastructure is characterized by a higher level of risk than in the open-air context due to the consequences induced by a potential fire event.

Italy, having a large number of tunnels compared to other European countries, is certainly subject to higher energy consumption related to the safety systems provided (automatic shutdown, ventilation, lighting and communication, etc.). With these assumptions, the development of a Smart Tunnel system, consistent with a Smart Roads program,

cannot ignore the issues of environmental impact and energy consumption, exploring the possibility of producing energy using renewable sources to ensure the power supply of the safety subsystems.

The Smart Road program, introduced with the Decree of 28 February 2018 "Implementation methods and operational tools of the road experimentation of Smart Road solutions and connected and automatic driving", and developed by ANAS (National Autonomous Road Company) with an investment of approximately one billion euros on 3,000 kilometers of roads and highways will contribute to equipping the country with a digitally advanced and sustainable road network, guaranteeing greater safety and comfort for users, greater efficiency in traffic flows and more secure infrastructures.

The key research and development topics have been defined in order to provide the users in the future: safety, connectivity, information and green:

- More Green, Eco-sustainable fueling of road systems, the generation of energy from renewable sources and the installation of electrical recharging stations to develop electric mobility.
- More Safe, through the implementation of new technologies and services for driver assistance and self-driving, such as alerts of serious events on the road, reproduction of road signs on board of the vehicle and notification of speed limits.
- More Informed, due to the mobility information that smart roads provide, users will be informed in real time on traffic conditions, accidents, roadworks and notified of alternative routes and weather conditions.
- More Connected, thanks to connectivity systems such as G5 and c-LTE DSRC, Anas' Wi-Fi and all the possible connections and correlations generated by the data that is created and exchanged while travelling along roads. All generated data is certified by the networks' managing operator.

Smart Road is therefore able to provide:

–tools for logistics;

–infrastructure monitoring and control tools capable of detecting and communicating in real time information regarding: road conditions, meteorological information, traffic information, presence of dangerous goods transport, presence of heavy vehicles and any dangerous situation, reported in real time, along the way to go.

Smart Road also allows intelligent management of tunnels that will become "Smart Tunnels" with the possibility of controlling the number of accesses and improving safety design conditions.

The PhD program The Doctorate will focus on some aspects of the Smart Road program: integration of the concepts of sustainability and Smart Tunnel, with a focus on risk design for tunnels.

One of the main aspects of the Smart Road program is the Green Island, designed to be modular, ie stand-alone and independent; a module is a physical stretch of road or highway that is operational and served by a Green Island, the energy heart of the Smart Road.

Green Island is an area that mainly contains renewable energy generation and distribution systems, capable of independently powering all systems in a single Smart Roads module, which is generally a road segment of 30km in length.

The research on the Green Islands will be focused on the development of a green module inside a container, which can therefore be easily installed and moved, with features of Inverter and UPS Functionality, Li-Ion Batteries, Photovoltaic and Wind turbines Integration.

This module will be designed and built to be able to supply the automatic shutdown and ventilation systems independently and for the time necessary for emergency management.

Normally these power supply systems are used only for lighting and telecommunication systems as they are less energy-intensive.

In particular, with the support of private companies that have already developed a prototype of the system, the necessary specifications for Smart Road and Smart Tunnel will be analyzed considering the management procedures. The project will be developed for the application part at the SIA (Safety Industrial Applications) where the first testing of the prototype will take place in part and will be tested at the San Pedro De Anes tunnel, where tests are currently carried out on the extinguishing and ventilation systems. for the galleries, in collaboration with the Universitat Politècnica de Catalunya - UPC BarcelonaTech.

For the modeling part, the project will be developed in collaboration with the design company Risk Design Engineering which will support the definition of fire and risk models.

Inside the Smart Tunnels, the module will be adapted for the management of emergency ventilation and for automatic shutdown in order to provide reliable and ecological power conditions using photovoltaic cells installed near the tunnel portals and jet fans inside the tunnels. used as generators to charge the batteries by exploiting the piston effect of the vehicles which activates the impellers of the fans and generates clean energy.

The innovation is in the use of clean energy sources, with characteristics of high reliability and compactness, coupled with the installation of a centralized inverter to manage the speed variation of the fans of the ventilation subsystem. The continuous variation of the fan speed thus optimizes the response of the ventilation management system by reducing energy consumption.

The verification of the safety conditions of the tunnel system will be carried out by means of a risk analysis carried out by developing another segment of the Smart Roads or the Dynamic Risk Analysis.

The Dynamic Risk Analysis allows, in fact, to calculate in real time the risk level due to traffic, meteorological conditions and the availability of the safety subsystems, to define the emergency management procedures, in particular for the extinguishing functions. automatic, ventilation, communications and security lighting.

In this way it is possible to implement preventive measures only when they are really necessary, drastically reducing energy consumption.

The research program will be developed according to the following points:

- Analysis of power requirements in Smart Tunnel systems.
- Analysis of the characteristics of a single energy module and measurement of the effects of the integration of photovoltaics and wind turbines.
- Definition of a dynamic risk analysis and tunnel management module to be integrated into Smart Roads.
- Validation of the model in a test tunnel in ordinary and emergency conditions.

#### Normative requirements

Ministerial Decree 24/11/1984 "Fire protection regulations for transport, distribution, accumulation and use of natural gas with a density not exceeding 0.8 ". Legislative Decree 285/92 new Highway code. Presidential Decree 151/11 of 1 August 2011- Regulation on the simplification of the rules on procedures relating to fire prevention.

Legislative Decree 387/2003 "Implementation of Directive 2001/77 / EC on the promotion electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market "; Legislative Decree 28/2011 "Implementation of Directive 2009/28 / EC on the promotion of use of energy from renewable sources, amending and subsequently repealing the directives 2001/77 / EC and 2003/30 / EC ".

Legislative Decree 152/2006 "Environmental safety regulations"

Legislative Decree 50/2016 New procurement code.

"FUNCTIONAL STANDARDS FOR SMART-ROAD" Ministry of Infrastructures and Transport Position Paper of 06/22/2016.

Budget Law 2018 (published in the Official Journal of 29 December 2017)