



Loretta Venturini  
Direttore Scientifico  
e dello Sviluppo Strategico  
Iterchimica Srl

# Additivo formulato con plastica riciclata per migliorare le pavimentazioni

DURABILITÀ DELLE PAVIMENTAZIONI ED ELEVATI BENEFICI AMBIENTALI SONO TRA GLI OBIETTIVI RAGGIUNTI DA ECOPAVE, UN PROGETTO DI RICERCA COORDINATO DA ITERCHIMICA DURATO 6 ANNI FINANZIATO DAL POR FESR 2014-2020 DI REGIONE LOMBARDIA CHE, PUNTANDO SU UN APPROCCIO ESTREMAMENTE RIGOROSO E SULL'APPORTO DI UN COSPICUO GRUPPO DI PARTNER, HA DATO VITA A GIPAVE®, IL SUPERMODIFICANTE A BASE DI GRAFENE. LO RACCONTIAMO IN TUTTI I SUOI RISVOLTI.

## An additive formulated with recycled plastics to improve asphalt pavements

DURABILITY OF ASPHALT PAVEMENTS AND HIGH ENVIRONMENTAL BENEFITS ARE AMONG THE MAIN OBJECTIVES ACHIEVED BY ECOPAVE, A SIX-YEAR RESEARCH PROJECT COORDINATED BY ITERCHIMICA AND FINANCED BY THE POR FESR 2014-2020 OF REGIONE LOMBARDIA. THE ITERCHIMICA'S INITIATIVE, THANKS TO THE RIGOROUS WORK OF ALL THE SPECIALISTS INVOLVED, HAS CREATED GIPAVE®, THE GRAPHENE-ENHANCED SUPERMODIFIER.

The additives for bituminous mixes are not improvised but are designed and developed with the aim of obtaining sustainable, safe and long-lasting asphalt pavements. Research requires a high commitment in terms of energy and technical-scientific skills: from chemistry to the physical-mechanical behaviour of materials up to production processes, as well as from the design to the management of asphalt pavements. The graphene-enhanced supermodifier Gipave® is the result of a six-year-long research (Ecopave Project) funded by a call of Regione Lombar-

dia POR FESR 2014-2020. The key for the success was a rigorous and scientific approach that allowed to overcome the limits linked to the recycling of hard plastics, which would normally end up in waste-to-energy plants.

### A group of 50 experts

The construction of asphalt pavements is part of a highly specialized production sector. With the aim of guaranteeing the safety of users and the service life of the road and, at the same

1. Road modified with Gipave® in Curbridge (Oxfordshire)

2. Specialists directly involved in the Ecopave Project

3. Production sectors indirectly involved in the Ecopave Project

**1. Strada modificata con Gipave® a Curbridge (Oxfordshire)**

**2. Specialisti coinvolti direttamente nel Progetto Ecopave**

**3. Settori produttivi coinvolti indirettamente dal Progetto Ecopave**

**G**li additivi per conglomerati bituminosi non si improvvisano ma si progettano e sviluppano con lo scopo di ottenere pavimentazioni ecosostenibili, sicure e durature. La ricerca necessita di un elevato impegno in termini di energie e competenze tecnico-scientifiche: dalla chimica al comportamento fisico-meccanico dei materiali fino ai processi produttivi, così come dalla progettazione alla gestione delle pavimentazioni stradali. Il supermodificante a base di grafene Gipave® è il risultato di una ricerca (Progetto Ecopave) durata 6 anni, finanziata dal POR FESR 2014-2020 della Regione Lombardia. Alla base del successo, vi è un approccio scientifico rigoroso che ha permesso di superare i limiti del riciclaggio delle plastiche dure destinate sino ad oggi al termovalorizzatore.

## Un gruppo di 50 esperti

La costruzione di pavimentazioni stradali fa riferimento a un settore produttivo altamente specializzato e ingegneristico. Con lo scopo di garantire la sicurezza degli utenti e la vita utile della strada, ottimizzando gli investimenti economici, tutti i materiali e le tecnologie utilizzati devono essere appositamente studiati, formulati, progettati e prodotti, senza lasciare nulla al caso. Tale processo è molto lungo e oneroso, richiedendo l'intervento di diverse figure professionali per poter soddisfare tutto il percorso realizzativo. Gli specialisti coinvolti direttamente nel Progetto Ecopave sono stati 50, di cui 20 hanno età inferiore ai 35 anni e 19 sono donne (fig. 2). Molte altre aziende e gestori sono stati inoltre coinvolti indirettamente (fig. 3).

## Il progetto Ecopave

L'inquinamento globale ha ormai raggiunto livelli allarmanti e una delle cause più preoccupanti è sicuramente la plastica. I diversi Governi stanno adottando politiche di contenimento e alcuni Paesi stanno valutando addirittura l'introduzione di una tassa (*plastic tax*), cercando di incentivare l'utilizzo di prodotti ecosostenibili. Contemporaneamente, il mondo dell'industria da diverso tempo si sta muovendo per trovare nuovi metodi per riciclare il "*plast mix*" (miscela industriale eterogenea, derivante dalla raccolta della plastica, la cui composizione chimica non è mai costante ma cambia in continuazione). Già a partire dai primi anni 2000, tra i diversi metodi si annovera anche quello del riciclo nei conglomerati bituminosi (CB) che comporta la costruzione delle cosiddette "*plastic roads*" [1]. I primi tentativi furono fatti in Australia, Indonesia, India, Regno Unito, Paesi Bassi e USA. È lecito chiedersi perché tali sperimentazioni non hanno mai avuto un grande successo in questi 20 anni. La risposta sta nel fatto che non tutti i polimeri sono idonei per la modifica dei CB. Il comportamento fisico-meccanico dei CB modificati con le plastiche (PMA Polymer Modified Asphalt) dipende sostanzialmente dalla natura chimica delle stesse (HDPE, LDPE, PET, PVC, PP, etc.) e dalle proporzioni in cui sono mescolate per formare i compound polimerici. Ad oggi, l'utilizzo dei *plast mix* non permette di avere un'uniformità



time, optimizing economic investments, all the materials and technologies used must be specifically studied, formulated, designed and produced, leaving nothing to chance. This process is very long and burdensome, requiring the intervention of various professional figures in order to fulfill the entire process. 50 specialists were directly involved in the Ecopave Project, of which 20 are under the age of 35 and 19 are women (Fig. 2). Many other Companies and Managers were also indirectly involved (Fig. 3).

## The Ecopave project

Global pollution has now reached alarming levels and one of the most worrying causes is certainly related to plastics. The various governments are adopting containment policies and some countries are even considering the introduction of a tax, trying to encourage the use of sustainable products. At the same time, industries have been working for some time to find new methods to recycle the "*plast mix*" (a heterogeneous industrial mixture, resulting from the collection of plastic, whose chemical composition is never constant but changes continuously). Since the early 2000's, the different methods include the recycling in asphalt concrete (AC) which involves the construction of the so-called "*plastic roads*" (1). The first attempts were made in Australia, Indonesia, India, the United Kingdom, the Netherlands and the USA. It is questionable why such experiments have never been very successful in these 20 years. The answer is that not all polymers are suitable for AC modification.

di formulazione (dipende dalla raccolta) perché le plastiche non sono selezionate (comprendendo così anche quelle non idonee in campo stradale). Tale condizione comporta debolezze e disuniformità strutturali della pavimentazione, limitandone la vita utile. In questo contesto si è inserito il progetto di ricerca Ecopave, i cui principali obiettivi sono stati:

- Determinare i limiti del *plast mix* e definire gli impieghi attraverso un processo di techno-selezione;
- Riutilizzare la plastica normalmente inviata al termovalorizzatore;
- Determinare la corretta formulazione chimica del nuovo supermodificante (compound polimerico);
- Sfruttare le prestazioni meccaniche del grafene;
- Incrementare sostanzialmente le prestazioni dei CB rispetto sia all'utilizzo di bitumi tal quali sia rispetto ai bitumi modificati (Polymer Modified Bitumen - PMB).

Il Progetto Ecopave finanziato dal POR FESR 2014-2020 (circa 6,5 milioni, fig. 4) è stato denominato "Messa a punto di supermodificanti per asfalti prodotti mediante l'impiego di plastiche provenienti da rifiuti industriali e da raccolte differenziate destinate al termovalorizzatore, additivati con materiali a base grafenica, per la realizzazione di strade ecologiche, durature e riciclabili all'infinito". Il Programma Operativo Regionale (POR) ha stabilito le strategie da adottare per utilizzare le risorse provenienti dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) [2]. Le risorse messe a disposizione da Regione Lombardia sono ammontate a circa 970,4 milioni di euro, di cui 485,2 stanziati dall'UE. Gli Assi principali del programma sono stati molteplici [3], tra cui il rafforzamento di ricerca, sviluppo tecnologico e innovazione, l'incentivazione della competitività delle Piccole Medie Imprese e la promozione dello sviluppo urbano sostenibile. I progetti approvati e monitorati alla data odierna sono 3.349 di cui solo 402 sono conclusi (12%) e 301 (9%) non sono stati neppure avviati. Il 64% dei progetti ha riguardato la ricerca e l'innovazione [4] rispettando la richiesta peculiare inerente alla multidisciplinarietà delle ricerche [5]. La capofila del Progetto Ecopave è stata Iterchimica e i partner coinvolti sono stati:

4

REALIZZATO CON IL SOSTEGNO DI

UNIONE EUROPEA  
Fondo europeo di sviluppo regionale

Regione Lombardia

fesr

POR FESR 2014-2020 / INNOVAZIONE E COMPETITIVITÀ

### Progetto ECOPAVE

Iniziativa realizzata nell'ambito dell'Asse I Rafforzare la ricerca, lo sviluppo tecnologico e l'innovazione

**Obiettivo** 1b.1 Incremento dell'attività di innovazione delle imprese

**Azione** 1b.1.3 Sostegno alle attività collaborative di R&S per lo sviluppo di nuove tecnologie sostenibili, di nuovi prodotti e servizi

**Beneficiari:** Iterchimica Srl, G.Eco Srl, Directa Plus Spa, Università Milano Bicocca

**Importo del progetto** € 6.456.500,00

**Agevolazione concessa o liquidata** € 3.162.364,39

**Descrizione progetto:** Messa a punto di supermodificanti per asfalti prodotti mediante l'impiego di plastiche provenienti da rifiuti industriali e da raccolte differenziate destinate al termovalorizzatore, additivati con materiali a base grafenica, per la realizzazione di strade ecologiche, durature e riciclabili all'infinito. Ricerca conclusa con il deposito di un brevetto di prodotto ed un brevetto di processo.

ITERCHIMICA G.ECO DIRECTA PLUS BICOCCA

- G.Eco [6], società mista a capitale pubblico-privato partecipata dal Gruppo A2A che si occupa di raccolta differenziata, recupero, gestione e smaltimento di tutti i generi di rifiuti, nonché tutte le attività inerenti all'igiene urbana e alla salvaguardia ecologica dell'ambiente;
- Directa Plus [7], uno dei maggiori produttori e fornitori mondiali di prodotti a base di nanoplatelets di grafene puro al 100%, prodotto in modo sostenibile secondo brevetto;
- Università degli Studi di Milano Bicocca (UNIMIB), Ateneo italiano in grande crescita anche nei ranking internazionali, dotato di un Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra (DISAT).

La ricerca si è conclusa con il deposito di due brevetti (uno per il prodotto e uno per il processo produttivo).

### Obiettivi raggiunti

Il lavoro sinergico di tutti gli specialisti ha permesso di raggiungere i seguenti macro-obiettivi:

- to exploit the mechanical performances of graphene;
- to substantially increase the performance of ACs with respect to both the use of neat bitumen and modified bitumen (Polymer Modified Bitumen - PMB).

The Ecopave Project financed by the POR FESR 2014-2020 (about 6.5 million - Fig. 4) was described as "Development of supermodifiers for asphalts produced by using plastics from industrial waste and separate waste collection, usually sent to waste-to-energy plants, which are additivated with graphene-based materials, for the construction of ecological, long-lasting and endlessly recyclable roads". The Regional Operational Program (POR) has established the strategies to be adopted in order to use the resources from the European Regional Development Fund (ERDF) (2). The resources made available by the Lombardy Region amounted to approximately 970.4 million euros, 485.2 of which allocated by the EU. The main axes of the program were many (3), including strengthen-

#### 4. Progetto Ecopave (POR FESR 2014-2020 Regione Lombardia)

#### 5. Benefici ambientali collegati all'utilizzo di Gipave®

#### 4. ECOPAVE Project (POR FESR 2014-2020 Regione Lombardia)

The physical-mechanical behaviour of ACs modified with plastics (PMA - Polymer Modified Asphalt) substantially depends on their chemical nature (HDPE, LDPE, PET, PVC, PP, etc.) and on the proportions in which they are mixed to form the polymeric compounds. To date, the use of plast mixes does not allow for a uniform formulation (it depends on the collection) because the plastics are not selected (including those that are not suitable for the road sector). This condition leads to structural weaknesses and non-uniformities of the asphalt pavements, limiting its service life. The Ecopave research project was included in this context, whose main objectives were:

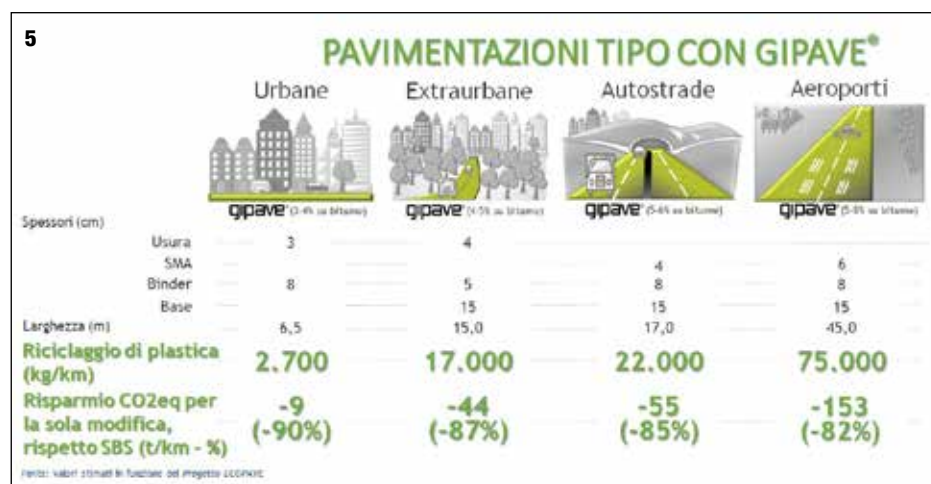
- to determine the limits of the plast mix and to define the applications of technical-selection;
- to reuse the plastic normally sent to waste-to-energy plants;
- to determine the correct chemical formulation of the new supermodifier (polymeric compound);

- *Formulazione di un supermodificante ad alte prestazioni a base di grafene (SMBG), attraverso il riciclaggio di materiali plastici da recupero altrimenti destinati alla termovalorizzazione*: individuazione delle fonti di reperimento/raccolta delle plastiche e definizione delle caratteristiche fisico-chimiche delle diverse componenti;
- *Progettazione esecutiva di un impianto sperimentale per la produzione del SMBG, studiato per soluzioni tecnologiche assolutamente inedite per le fasi di macinazione e di confezionamento*: studio preliminare degli schemi di processo, determinazione della forma e della dimensione ottimale del grafene, produzione delle miscele prototipali, ottimizzazione delle miscele bituminose con SMBG e progettazione esecutiva dell'impianto sperimentale;
- *Verifica della funzionalità tecnica e della sostenibilità del prodotto*: preparazione delle miscele sperimentali presso i laboratori di Iterchimica e verifica presso UNIMIB dell'assenza di implicazioni ambientali negative;
- *Verifica dell'effettiva funzionalità tecnica del SMBG e dell'efficacia della realizzazione di strade ecosostenibili ad elevate prestazioni*: realizzazione di sezioni direttamente in situ (campi prove), sostenuta da verifiche di Laboratori terzi o Università, sia per la fase di prequalifica sia per quella di

produzione e posa in opera. Verifica di UNIMIB della compatibilità ambientale, valutando emissioni in acqua e in aria;

- *Realizzazione di un impianto industriale*: invenzione e applicazione del nuovo metodo di selezione e trattamento delle plastiche rigide normalmente destinate al termovalorizzatore;
- *Brevetti delle soluzioni tecnologiche e dei nuovi prodotti*: invenzione industriale (n. 102017000126622 - composizione di additivo per conglomerati bituminosi con prestazioni meccaniche elevate) e formulazione di un nuovo processo industriale (n. 102019000006600 - procedimento per la produzione di un additivo per conglomerati bituminosi con prestazioni meccaniche elevate). Directa Plus detiene inoltre anche il brevetto per l'invenzione industriale (n. 102018000020206 - Apparecchiatura per il trattamento di materiali con plasma).

L'intero percorso sperimentale-progettuale ha permesso la messa a punto del supermodificante a base di grafene Gipave®, si veda *leStrade* 3/2018 [8]. Se le prestazioni fisico-meccaniche dei CB raggiungibili con l'utilizzo di Gipave® sono state già abbondantemente presentate in questi anni [9], [10], [11], meno noti sono invece i benefici ambientali ottenibili [12], [13]. Sfruttando i risultati del Progetto Ecopave, in fig. 5 si riportano alcuni dati a titolo di esempio.



## Le realizzazioni con Gipave® e il ponte San Giorgio di Genova

Con lo scopo di validare in scala reale quanto ottenuto in laboratorio, il progetto ha previsto la realizzazione di diversi campi prove nelle seguenti condizioni:

- Ricostruzione/costruzione della pavimentazione (a diversi spessori e a diverse stratigrafie);
  - Manutenzione del solo strato di usura (a diversi spessori e tipologie di asfalto);
  - Ambienti particolarmente caldi e particolarmente freddi;
  - Carichi leggeri e pesanti;
  - Ambienti urbano, extraurbano, autostradale e aeroportuale.
- Ad oggi, una delle realizzazioni più importanti è stata sicu-

### 5. Environmental benefits related to the use of Gipave®

ing research, technological development and innovation, encouraging the competitiveness of small and medium-sized enterprises and promoting sustainable urban development. The projects approved and monitored to date are 3349 of which only 402 have been completed (12%) and 301 (9%) have not even started. 64% of the projects concerned research and innovation (4), respecting the peculiar request inherent the multidisciplinary nature of research (5). Iterchimica was the leading partner of the Ecopave Project and the other partners involved were:

- G.Eco (6), a mixed company with public-private capital jointly owned by the A2A Group which deals with the separate collection, recovery, management and disposal of all kind of waste, as well as all activities related to urban hygiene and ecological protection of the environment;
- Directa Plus (7), one of the world's largest producers and suppliers of products based on 100% pure graphene nanoplatelets, pro-

duced in a sustainable way according to a patent;

- The University of Milan Bicocca (UNIMIB), an Italian university that is growing rapidly also in international rankings, with a Department of Environmental and Earth Sciences (DISAT).

The research ended with the filing of two patents (one for the product and one for the production process).

### Objectives achieved

The synergistic work of all the specialists made it possible to achieve the following macro-objectives:

- *Formulation of a graphene-enhanced high-performance super-modifier (GESM), through the recycling of recycled plastic materials otherwise sent to waste-to-energy plants*: identification of the sources of procurement/collection of plastics and definition of the physico-chemical characteristics of the various components;
- *Executive design of an experimental plant for the production of*

TAB. 1 CLASSIFICAZIONE DEI PALI CEDEVOLI A SICUREZZA PASSIVA

N.	Data di esecuzione	Paese	Città/Provincia/ Regione	Tratto	Tipologia di strada	Strato
1	Ott -18	Italia	Roma/Lazio	Via Ardeatina (SP3)	Strada provinciale a traffico elevato	Strato di usura e binder
2	Set -19	Italia	Milano/Lombardia	Milano - Meda (SP35)	Superstrada a traffico elevato	Strato di usura, binder e base
3	Set -19	Italia	Cagliari/Sardegna	Aeroporto di Cagliari	Taxiway aeroporto	Strato di usura
4	Set -19	Italia	Bergamo/Lombardia	Bergamo - Circonvallazione Fabriciano (SS470)	Circonvallazione	Strato di usura e base
5	Ott -19	Italia	Milano/Lombardia	Lacchiarella (SP40)	Strada provinciale a traffico elevato	Strato di usura e base
6	Nov -19	Italia	Roma/Lazio	Aeroporto di Roma- Fiumicino	Taxiway aeroporto	Strato di usura e base
7	Nov -19	UK	Curbridge/Oxfordshire	Main Road	Strada urbana a traffico elevato	Strato di usura SMA e strato di binder
8	Mag -20	Italia	Laimburg/Bolzano	SP62	Strada provinciale	Strato di usura e base
9	Giu -20	UK	Kent/Dartford	East hill (A226)	Strada urbana	Strato di usura SMA e strato di binder SMA
10	Lug - 20	Italia	Genova/Liguria	Ponte San Giorgio (E25)	Ponte/Autostrada	Strato di usura SMA
11	Dec - 20	UK	Lichfield/Staffordshire	A51 Tamworth Road	Strada urbana	Strato di usura SMA e binder

ramente quella del Ponte San Giorgio di Genova, Autostrada E25 (figg. 6 e 7).

Come è noto, Genova San Giorgio è il viadotto autostradale che attraversa il torrente Polcevera e i quartieri genovesi della Certosa, Sampierdarena e Cornigliano. Inaugurato il 3 agosto 2020, il nuovo ponte è stato progettato dall'architetto Renzo Piano (Studio Renzo Piano Building Workshop) e donato alla città. Il progetto è stato sviluppato da Italferr (Gruppo FS Italiane) e realizzato dal consorzio PerGenova. Meno conosciuto è invece il fatto che la pavimentazione autostradale è stata realizzata anche con la tecnologia Gipave®

(Progetto Ecopave). Il supermodificante a base di grafene consente di aumentare le caratteristiche fisico-meccaniche della pavimentazione, incrementandone la vita utile e riducendone la manutenzione. L'utilizzo di tale tecnologia innovativa è stato possibile grazie a un approccio innovativo a livello progettuale che, oltre ad aumentare l'eco-compatibilità dell'opera, ha evidenziato una qualifica migliorativa per quanto concerne la durabilità della pavimentazione [14]. Le verifiche eseguite sui conglomerati bituminosi durante le fasi di prequalifica e post-produzione hanno confermato le maggiori prestazioni strutturali previste in fase progettuale.

**6. Ponte San Giorgio di Genova: realizzazione dello strato di SMA con Gipave®**

**7. Ponte San Giorgio, un anno dopo**



*GESM, designed for absolutely new technological solutions for the grinding and packaging phases: preliminary study of the process diagrams, determination of the optimal shape and size of graphene, production of prototype mixtures, optimization of bituminous mixtures with GESM and executive design of the experimental plant;*

*• Verification of the technical functionality and sustainability of the product: preparation of the experimental mixtures at the Italferr laboratories and verification at UNIMIB of the absence of negative environmental consequences;*

*• Verification of the effective technical functionality of the GESM and the effectiveness of the construction of eco-sustainable high-performance roads: construction of sections directly on site (trial sections), supported by verifications by third-party laboratories or universities, both for the pre-qualification phase and for that of production and installation. Verification of environ-*

*mental compatibility by UNIMIB through the assessment of emissions into water and air;*

*• Creation of an industrial plant: invention and application of the new method of selection and treatment of hard plastics normally sent to waste-to-energy plants;*

*• Patents of technological solutions and new products: industrial invention (n.102017000126622 - composition of an additive for bituminous mixes with high mechanical performances) and formulation of a new industrial process (n.102019000006600 - process for the production of an additive for bituminous mixes with high mechanical performances). Directa Plus also holds the patent for industrial invention (No. 102018000020206 - Equipment for the treatment of materials with plasma).*

*The entire experimental-design process allowed the development of the graphene-enhanced supermodifier Gipave®, see the issue of *Le Strade* 3/2018 (8). While the physical-mechanical performanc-*

**6. San Giorgio Bridge, E25 motorway, construction of the SMA course with Gipave®**

**7. San Giorgio Bridge, one year later**



6



7

le nella proposta migliorativa. Donata alla città di Genova da Iterchimica, con riferimento al solo strato superficiale di usura (4 cm), la nuova tecnologia Gipave® ha permesso di recuperare più di 7,5 t/km di plastiche destinate altrimenti al termovalorizzatore, riducendo sensibilmente gli impatti ambientali e garantendo la sicurezza degli utenti nel tempo. Bisogna però evidenziare che i progetti nazionali ed esteri sviluppati sono stati molteplici (si veda la tab. 1 e le figg. 8-9-10-11), i cui risultati sono stati ampiamente pubblicati.



8. Bergamo, Circonvallazione Fabriciano (SS470): ricostruzione strati di base e/o usura con Gipave® a confronto con PMB tipo Hard

8. Bergamo, Fabriciano Ring-road (SS470), reconstruction of base and/or wearing courses with Gipave®, compared to “hard type” PMB

es of ACs achievable with the use of Gipave® have already been abundantly presented in recent years (9) (10) (11), the environmental benefits that can be obtained are less known (12) (13). Taking advantage of the results of the Ecopave Project, Figure 5 shows some data as an example.

### Trial sections with Gipave® and the San Giorgio Bridge in Genoa

With the aim of validating in the field what was obtained in the laboratory, the project involved the execution of various trial sections in the following conditions: reconstruction/construction of the pavement (at different thicknesses and different stratigraphies); maintenance of the wearing course only (at different thicknesses and type of asphalt); particularly hot and cold climates; light and heavy loads; different areas of application (urban and suburban roads, motorways and airports). To date, one of the most important achieve-

ments has certainly been the San Giorgio Bridge in Genoa - E25 motorway (Figs. 6 and 7). As is well known, Genova San Giorgio is the motorway viaduct that crosses the Polcevera stream and the Genoese districts of Certosa, Sampierdarena and Cornigliano. Inaugurated on 3 August 2020, the new bridge was designed by the architect Renzo Piano (Studio Renzo Piano Building Workshop) and donated to the city of Genoa. The project was developed by Italferr (Gruppo delle Ferrovie dello Stato Italiane) and executed by the PerGenova consortium. Less known is the fact that the motorway pavement was also made with Gipave® technology (Ecopave Project). The graphene-enhanced supermodifier improves the physical-mechanical characteristics of the pavement, increasing its service life and reducing its maintenance. The use of this innovative technology was made possible thanks to an innovative approach at the design level which, in addition to increasing the eco-compatibility of the work, highlighted an improvement as regards the





## Conclusioni

La realizzazione di pavimentazioni stradali richiede processi di ricerca e know-how di elevato livello, soprattutto quando sono utilizzate tecnologie innovative e quando si fa riferimento al campo degli additivi per conglomerati bituminosi. Il lavoro sinergico di tutti i 50 specialisti (chimici, geologi, fisici, ingegneri, produttori, progettisti e gestori) direttamente coinvolti nel Progetto Ecopave, finanziato attraverso il POR FESR 2014-2020, ha consentito la messa a punto di un supermodificante a base di grafene che, grazie a una formulazione e a un processo produttivo brevettati, permette il riciclaggio delle plastiche dure normalmente destinate al termovalorizzatore. Gipave® è utilizzato per la modifica dei conglomerati bituminosi con il metodo dry (PMA), per-

mettendo di incrementare sostanzialmente la resistenza ai cicli di carico della pavimentazione e conseguentemente di ridurne la manutenzione, come già ampiamente verificato e documentato.

Notevoli benefici sono attesi per tutta la filiera industriale delle pavimentazioni stradali, dal produttore di additivi al costruttore di strade, dal manutentore al gestore, ma soprattutto si prevedono benefici per l'utenza stradale. Con riferimento ai cittadini ed alla collettività, i benefici risiedono nella maggior sicurezza stradale dovuta alla miglior qualità delle pavimentazioni e alla riduzione degli ammaloramenti. Considerando le politiche ambientali e di sviluppo dell'Europa e quindi dell'Italia, nel prossimo futuro G.Eco (Gruppo A2A) sarà la protagonista nella filiera del riciclo dei rifiuti,

**9. Milano, SP 40 Lacchiarella: ricostruzione strati di base e usura con Gipave® a confronto con PMB tipo soft**

**10. Superstrada Milano-Meda (SP35), rifacimento strati di usura, binder e base con Gipave® a confronto con PMB ad elevato modulo**



durability of the pavement (14). The tests carried out on the bituminous mixes during the pre-qualification and post-production phases confirmed the improved performances expected in the project phase proposal. Donated to the city of Genoa by Iterchimica, with reference to the wearing course only (4 cm), the new Gipave® technology has made it possible to save more than 7,5 t/km of plastics otherwise sent to waste-to-energy plants, significantly reducing the environmental impact and guaranteeing user safety over time. However, it is necessary to point out that many other national and foreign projects have been executed (see Table 1 and Figs. 8 ÷ 11). The results of these trials have been widely published.

## Conclusions

The construction of road pavements requires high-level research and know-how processes, especially when innovative technol-

ogies are used and when referring to the field of additives for bituminous mixes. The synergistic work of all 50 specialists (chemists, geologists, physicists, engineers, producers, designers and managers) directly involved in the Ecopave Project, financed through the POR FESR 2014-2020, has allowed the development of a supermodifier containing graphene which, thanks to a patented formulation and a patented production process, allows the recycling of hard plastics which are normally sent to waste-to-energy plants. Gipave® is used for the modification of bituminous mixes with the dry method (PMA), allowing to substantially increase the pavement's resistance to load cycles and consequently to reduce its maintenance, as already extensively verified and documented. Significant benefits are expected for the entire industrial chain of road paving, from the additive manufacturer to the road builder, from the maintenance technician to the operator, but above all, additional benefits are expected for road users. With reference to citizens and the com-

**9. Milan, SP 40 Lacchiarella (high-traffic provincial road), reconstruction of base and wearing courses with Gipave®, compared to "soft type" PMB**

**10. Milan-Meda high-traffic highway (SP35), reconstruction of the wearing course, binder and base courses with Gipave®, compared to high modulus PMB**

**11. Strada principale a Curbridge (Oxfordshire, UK) soggetta a traffico pesante (autobus), rifacimento strati di usura SMA e strato di binder con Gipave®, su una fondazione a bassa portanza**

partendo dalla raccolta fino alla loro valorizzazione. Grazie all'efficientamento della forma e della dimensione del grafene, Directa Plus ha permesso invece che questo prodotto potesse essere introdotto in modo proficuo all'interno dei CB. Va evidenziato inoltre che l'Università degli Studi di Milano Bicocca ha certificato il minore impatto ambientale della tecnologia proposta, rispetto alle tecnologie sino ad oggi utilizzate, maturando uno specifico know-how ed un'esclusiva competenza sul Life Cycle Assessment (LCA) di un prodotto innovativo.

Dal punto di vista ambientale, in funzione degli ambiti di utilizzo e della sezione della pavimentazione, è possibile riciclare sino a 75 t/km di plastica dura normalmente destinata al termovalorizzatore (Fig. 5) e, già solo rispetto alla modifica con SBS, è possibile risparmiare l'immissione in atmosfera di 153 t/km di CO<sub>2</sub>eq. Ulteriori benefici ambientali sono dovuti all'incremento della vita utile, determinabili tramite dedicata LCA.



11

**11. Main road in Curbridge (Oxfordshire), subject to heavy traffic (buses), reconstruction of the wearing (SMA) and binder courses with Gipave®, on a low bearing capacity foundation**

munity, the benefits are related to a greater road safety due to the better quality of the pavements and the reduction of asphalt pavement distresses. Considering the environmental and development policies of Europe and therefore of Italy, in the near future G.Eco (A2A Group) will be the leader in the waste recycling chain, starting from collection up to their valorisation. Thanks to the efficiency of the shape and size of graphene, Directa Plus instead allowed this product to be introduced profitably within the ACs. It should also be noted that the University of Milan Bicocca has certified the lower environmental impact of the proposed technology, compared to the technologies used up to now, gaining a specific know-how and exclusive expertise on the Life Cycle Assessment (LCA) of an innovative product. From an environmental point of view, depending on the areas of application and the section of the pavement, it is also possible to recycle up to 75 t/km of hard plastic normally sent to waste-to-energy plants (Fig. 5) and, solely compared to the mod-

*È evidente che il successo del progetto Ecopave è stato possibile grazie alle sinergie di tutte le parti coinvolte, direttamente e indirettamente. Pertanto, oltre a Directa Plus, G.Eco e l'Università degli Studi di Milano Bicocca-DISAT, l'autrice, a nome di Iterchimica, coglie l'occasione per ringraziare tutto il personale Iterchimica (Amministrazione, R&D e Area Tecnico-Scientifica, Back-office, Produzione, Logistica e Comunicazione) che ha dimostrato il massimo impegno e condiviso le proprie conoscenze; le Aziende, le Amministrazioni e i Gestori che hanno creduto in questa nuova tecnologia e hanno collaborato nella realizzazione dei campi prove; i Laboratori terzi e le Università che hanno aiutato Iterchimica nella messa a punto e nei controlli delle miscele con spirito super-partes e costruttivo. ■■*

**Bibliografia e Sitografia**

- [1] The man who paves India's roads with old plastic. Thiagarajan, Kamala. s.l. : The Guardian, 03/07/2020.
- [2] Regolamento (UE) n. 1301/2013 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 dicembre 2013.
- [3] <https://www.fesr.regione.lombardia.it/wps/portal/PROUE/FESR/programma>
- [4] <https://opencoesione.gov.it/programmi/2014IT16RFOP012/>
- [5] <https://www.fesr.regione.lombardia.it/wps/portal/PROUE/FESR/assi/asse-1-ricerca-sviluppo-innovazione>
- [6] <http://www.gecoservizi.eu/azienda/chi-siamo/>
- [7] <https://www.directa-plus.com/about-directa-plus>
- [8] Loretta Venturini, Elisir stradale a base di grafene, leStrade Marzo 2018.
- [9] Loretta Venturini, Supermodificanti per strade longeve, leStrade Giugno 2020.
- [10] L. Venturini, S. Eskandarsefat, High Performance PMA: from Polymeric Compounds to Graphene-Based Super Modifier, Abu Dhabi, United Arab Emirates, October 2019. 26th World Road Congress - PIARC.
- [11] L. Venturini, F. Monti. 2019, Graphene-enhanced recycled asphalt pavements. ISAP.
- [12] A. Saliu, R. Bengali, P. Bonfanti, M. Lasagni, P. Mantecca, Determination of road-related microplastics from polymer modified bitumen modified bitumen by infrared micro, 2020. Nanosafety.
- [13] L. Capuano, G. Magatti, M. Perucca. M. Dettori, P. Mantecca, Use of Recycled Plastics as a Second Raw Material in The Production of Road Pavements: an Example of Circular Economy Evaluated with LCA Methodology, Ecomondo Rimini, 3-6 Novembre 2020.
- [14] La qualità in crescendo, leStrade Dicembre 2020.

ification with SBS, it is possible to save 153 t/km of CO<sub>2</sub>eq. Additional environmental benefits are due to the increase in service life, which can be determined through a dedicated LCA.

*There are no doubts that the success of the Ecopave project was possible thanks to the synergies of all the parties involved, directly and indirectly. Therefore, in addition to Directa Plus, G.Eco and the University of Milan Bicocca - DISAT, on this occasion, on behalf of Iterchimica, the author would like to thank: all the staff at Iterchimica (Administration, R&D and Technical-Scientific Area, Sales, Production, Logistics and Communications Depts.) who demonstrated the utmost commitment and shared their knowledge; the Companies, Administrations and Managers who believed in this new technology and collaborated in the construction of the test fields; third-party laboratories and universities that have helped Iterchimica in the development and verification of the asphalt mixtures with a superpartes and constructive spirit. ■■*