

**ITALIA HUB DI RICERCA
E INNOVAZIONE
NELL'IMPIEGO DELLA
GOMMA RICICLATA
NEGLI ASFALTI.**

**Verona,
5 maggio 2023
Dalle 10.00 alle 12.00
Sala A**

MODERA
Luca Telesse,
Direttore Editoriale
Strade Nuove



ORE 10.00
SALUTI DI BENVENUTO
ED INTRODUZIONE
Daniele Fornai,
Direttore Tecnico
Scientifico Ecopneus

ORE 10.15
L'ITALIA CAPOFILA
NELLA RICERCA
SUGLI ASFALTI
MODIFICATI CON
POLVERINO DI
GOMMA RICICLATA:
LE INNOVAZIONI E
LE TECNOLOGIE
PIU' RECENTI
Edoardo Bocci,
Professore Associato
Università degli
Studi e-campus

ORE 10.30
I RECENTI
STUDI SULLA
RICICLABILITA'
DEL FRESATO
D'ASFALTO
CON GOMMA
RICICLATA DA PFU
Davide Lo Presti,
Professore Associato
Università di Palermo

ORE 11.00
IDISSOLUZIONE DELLA
GOMMA RICICLATA
NEL BITUME MEDIANTE
TECNOLISCI
CONTROLLATA
Antonio Cardelli,
RLD - Technical
Assistance NODI

ORE 11.15
IL PROGETTO SNEAK
PER WARM ASPHALT
CON POLVERINO
Filippo G. Praticò,
Docente presso
l'Università Mediterranea
di Reggio Calabria

ORE 11.30
L'IMPIEGO DELLA
GOMMA RICICLATA
NEI CONGLOMERATI
BITUMINOSI:
L'IMPEGNO DI ANAS
PER RENDERE
SEMPRE PIU'
SOSTENIBILE
LA PROPRIA RETE
AUTOSTRADALE
Arianna Stimili,
Responsabile
Piana Visibile
Centro Nord
& Centro Sud Anas

ORE 11.45
SPAZIO
DIBATTITO

ORE 12.00
CONCLUSIONI
E CHIUSURA



UNO STUDIO SULLA RICICLABILITA' DEGLI ASFALTI GOMMATI IN ITALIA

Davide Lo Presti, Gaspare Giancontieri

5 Maggio 2023, Verona Asphaltica,





Dr Davide Lo Presti

*Associate Professor
Department of Engineering*



Ingegnerizzazione della sostenibilità di ogni fase del ciclo di vita delle infrastrutture di trasporto.



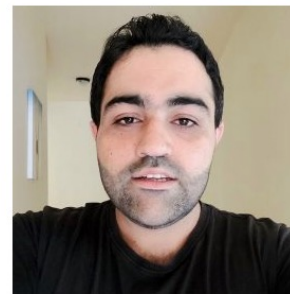
Dr Gaspare Giancontieri

*Research Fellow
Department of Engineering*



Gabriella Buttitta

*PhD Student
Department of Engineering*



Usman Ghani

*PhD Student
Department of Engineering*

<http://smartilab.unipa.it>

Lo Presti, SMARTI lab UNIPA © 2023



<http://rubberap.unipa.it>



Rubberap aims at **developing** and **transferring knowledge** from academia to local and national industries, with two main objectives:

1. promoting the consistent implementation of rubberised asphalt mixtures of local and national roads
2. investigating their recyclability by engineering asphalt mixtures with high content of 50% Reclaimed Rubberized Asphalt Mixtures (RRAM) for wearing courses.



1. Promuovere l'uso diffuso delle tecnologie di conglomerato bituminoso gommato presso enti locali e nazionali



Davide Lo Presti¹
Gaspare Giancontieri²
Luis Alfonso de Leon²

asfalti&bitumi

IMPLEMENTARE GLI ASFALTI GOMMATI SUL TERRITORIO ITALIANO

L'ADATTAMENTO DELLE MISCELE ASFALTICHE ITALIANE DA DIFFONDERE IN MANIERA SISTEMATICA CON POLVERINO DI GOMMA INGEGNERIZZATA E LA SFIDA DELLA MULTI-RICICLABILITÀ DEGLI ASFALTI GOMMATI

La Commissione Europea ha da poco emanato il "Green Deal", una serie di iniziative che hanno come obiettivo fondamentale rendere l'Europa climaticamente neutra entro il 2050 [1]. Questa finalità necessita di azioni drastiche e immediate al fine di mitigare gli effetti dovuti al riscaldamento globale e al consumo di risorse. Il settore delle costruzioni, che include le pavimentazioni stradali, nell'UE consuma oltre 12 milioni di t di materiali di origine fossile e circa 2 miliardi di t di aggregati naturali. Nell'ottica di una riduzione della produzione di rifiuti e di un virtuoso impiego dei materiali riciclati, gli Pneumatici Fuori Uso (PFU) rappresentano una risorsa significativa: solo in Italia, lo scorso anno sono state circa 200.000 le tonnellate di PFU raccolte dalla sola Società consorziale Ecopneus [2].

La possibilità di modificare gli asfalti con polverino di gomma ricavato da PFU esiste dagli anni Sessanta del secolo scorso [3], e negli anni varie tecnologie e implementazioni sono state proposte in varie parti del mondo [4]. In Italia, il Decreto "End of Waste" per il riciclo degli pneumatici a fine vita è arrivato la scorsa estate (pubblicazione in Gazzetta Ufficiale n° 182 del DM 78/2020) e, divenuto operativo in autunno, contribuirà a dare ulteriore impulso alla diffusione di questa tecnologia.

IL POLVERINO DI GOMMA INGEGNERIZZATA: LA PRIMA STESA IN ITALIA

Sulla base di queste considerazioni, nasce la collaborazione tra i laboratori dell'Area Infrastrutture viarie del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Palermo (UNIPA) e la Tyre Recycling Solution (TRS), un'Azienda svizzera titolare della licenza della tecnologia americana sviluppata da Asphalt Plus LLC consistente in un polverino di gomma di pneumatico ingegnerizzato (ECR, Engineered Crumb Rubber).

Dopo il successo dell'implementazione di tale tecnologia in Svizzera, il tutto ora sbarca in Italia con il pieno supporto di Ecopneus e Smaçom, Azienda siciliana che si occupa anche della raccolta e del trattamento degli PFU. Alla base di questa sinergia, vi è la volontà di promuovere l'utilizzo in Italia di questo tipo di asfalto gommato che promette di poter essere una valida alternativa, sia dal punto di vista economico che dal punto di vista ambientale, ai conglomerati bituminosi modificati con polimeri tradizionali.



1. I partner del progetto RUBBERAP sul luogo della prima stesa con asfalto gommato con ECR

Promoting widespread use of rubberized asphalt

Precedentemente In Svizzera...ECR

- 2017 – 2019 – Supporto tecnico-scientifico alla Tyre Recycling Solution (TRS) inerente l'implementazione in Svizzera di asfalti gommati con **engineerd crumb rubber (ECR)**. In collaborazione con EMPA e partner industriali quali HAMMAN, FBB e WEIBEL



<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23789689.2021.1965428>



Research Article

Can crumb rubber modifier effectively replace the use of polymer-modified bitumen in asphalt mixture?

Lily D. Poulikakos , William Buttlar, Nicolas Schüwer, Davide Lo Presti , Tobias Balmer &

Promoting widespread use of rubberized asphalt

Dal 2020 ECR anche in Italia...

Repubblica.it: Da Santa Ninfa la startup che ricava il manto stradale dagli pneumatici riciclati



Primo test S. Ninfa – Marzo 2021

«Anche un impianto modesto puo' utilizzare l'ECR»

- Addetti ai lavori soddisfatti
 - Odore scomparso (130 – 150C)
 - Emissioni in impianto non diverse dal bitume
 - Lavorabilita' migliorata e resistente nel tempo (piu' di 3-4 ore)
 - Cassoni puliti
- Implementazione
 - 2 miscele con contenuti di legante diversi
 - Idoneo al Controllo di qualita'

Promoting widespread use of rubberized asphalt

Dal 2020 ECR anche in Italia...

TrapaniOggi: Prima “prova” su una strada di un centro urbano per l’asfalto con polverino da pneumatici fuori uso

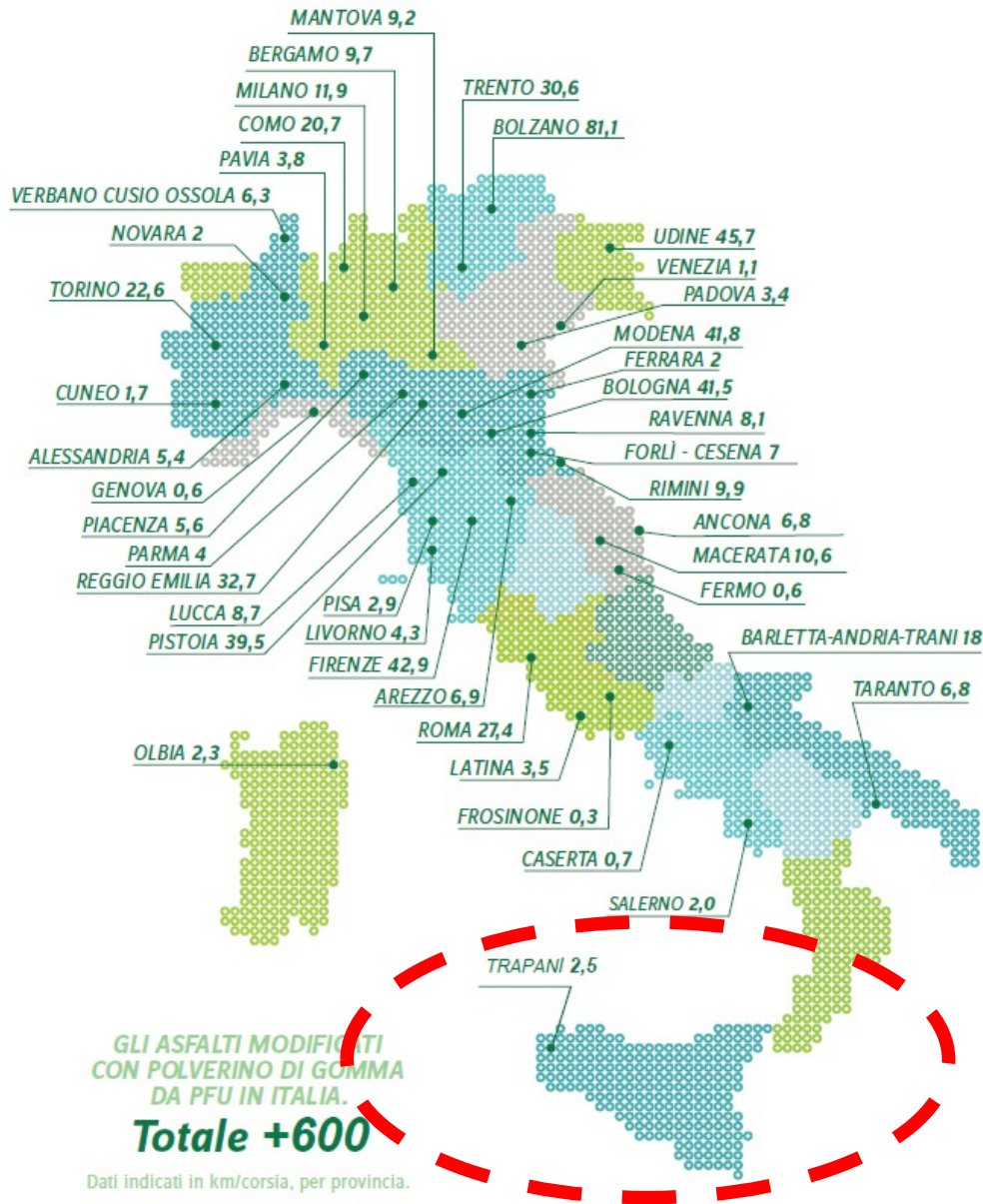


Alcamo – Luglio 2021 (500mt)

«Primo tratto urbano»

- Esperienza con la redazione di specifici bandi per gare d’appalto
- Addetti ai lavori non abituati al controllo di qualità
 - misurazione spessori, temperature, gestione traffico, compattazione
- Nessuna (o quasi) lamentela del vicinato

oting widespread use of rubberized asphalt



Obiettivi raggiunti e prossimi passi

- Castelvetro – Novembre 2021 (2000m)
- Supporto allo sviluppo del business locale di RubLab e SMACOM
- Collaborazioni con impianti, costruttori, consulting
- International Workshop all'interno del RILEM annual meeting Cluster F – Sep/Oct 2022 (Palermo) <http://rilem2022.unipa.it>
- Monitoraggio Castelvetro in corso (anche acustica)
- Prossimo tratto ANAS?

- investigating their recyclability by engineering asphalt mixtures with high content of 50% Reclaimed Rubberized Asphalt Mixtures (RRAM) for wearing courses.



<http://rubberap.unipa.it>

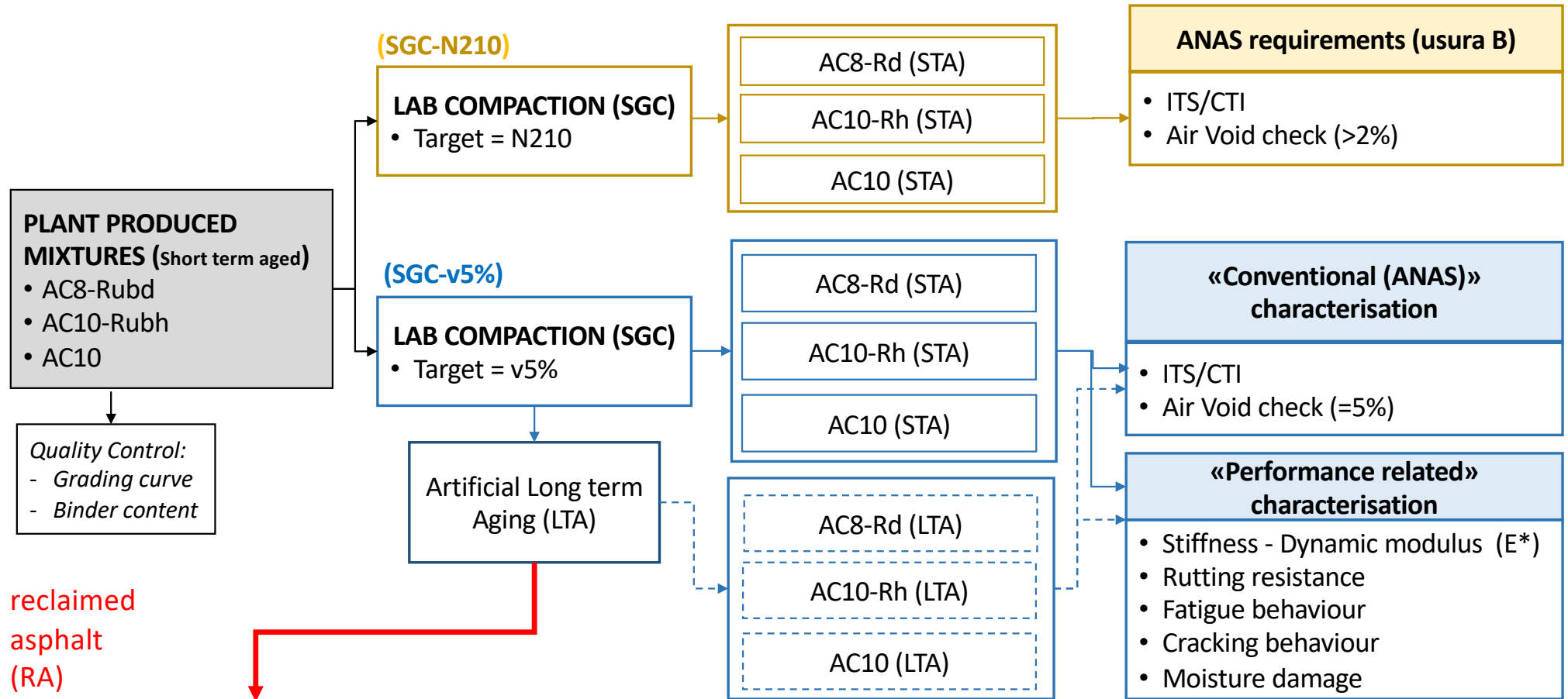
Obiettivi

Investigare la multi-riciclabilità di
asfalti gommati prodotti con
svariate tecnologie

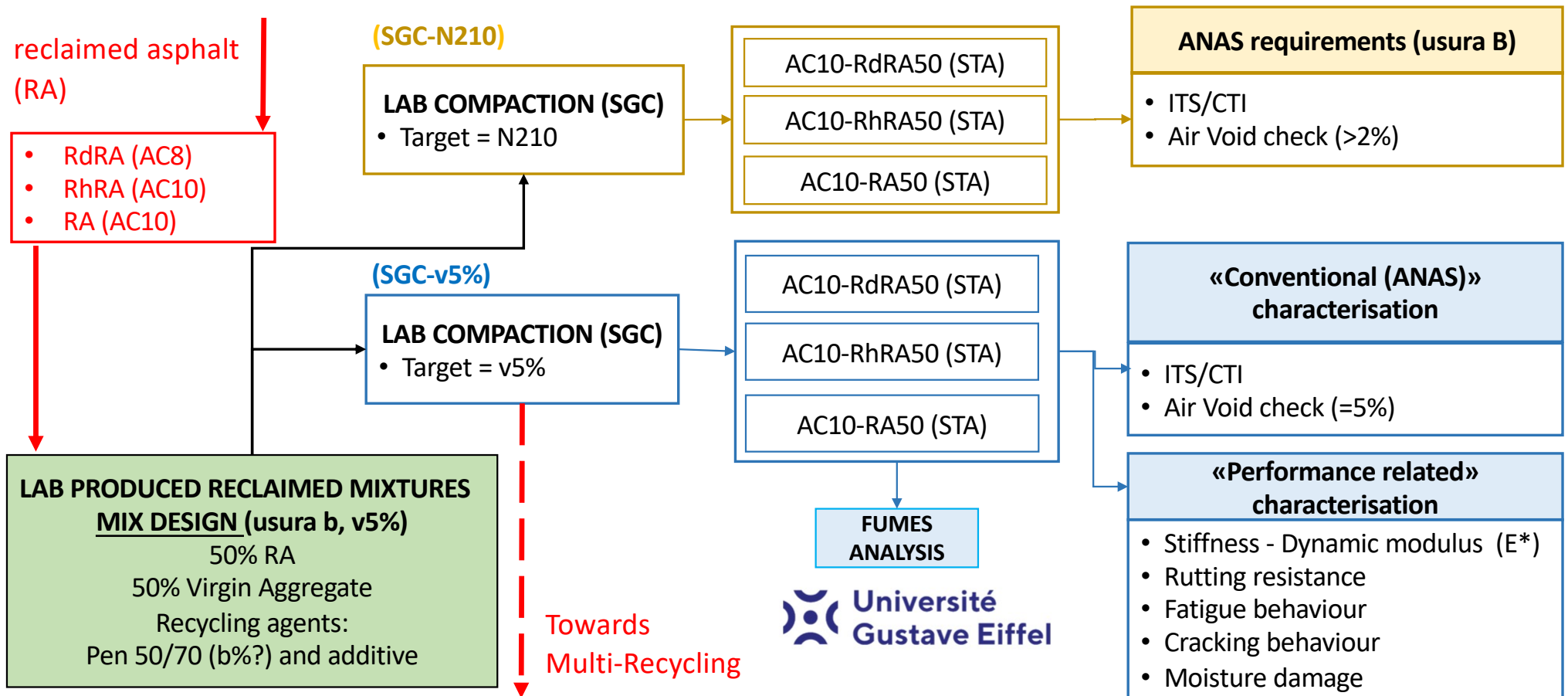
Ingegnerizzare le miscele di
Rub-RAP al fine di raggiungere
prestazioni soddisfacenti

Valutare i rischi ambientali dei
fumi in scala di laboratorio

RUBBERAP – general experimental plan



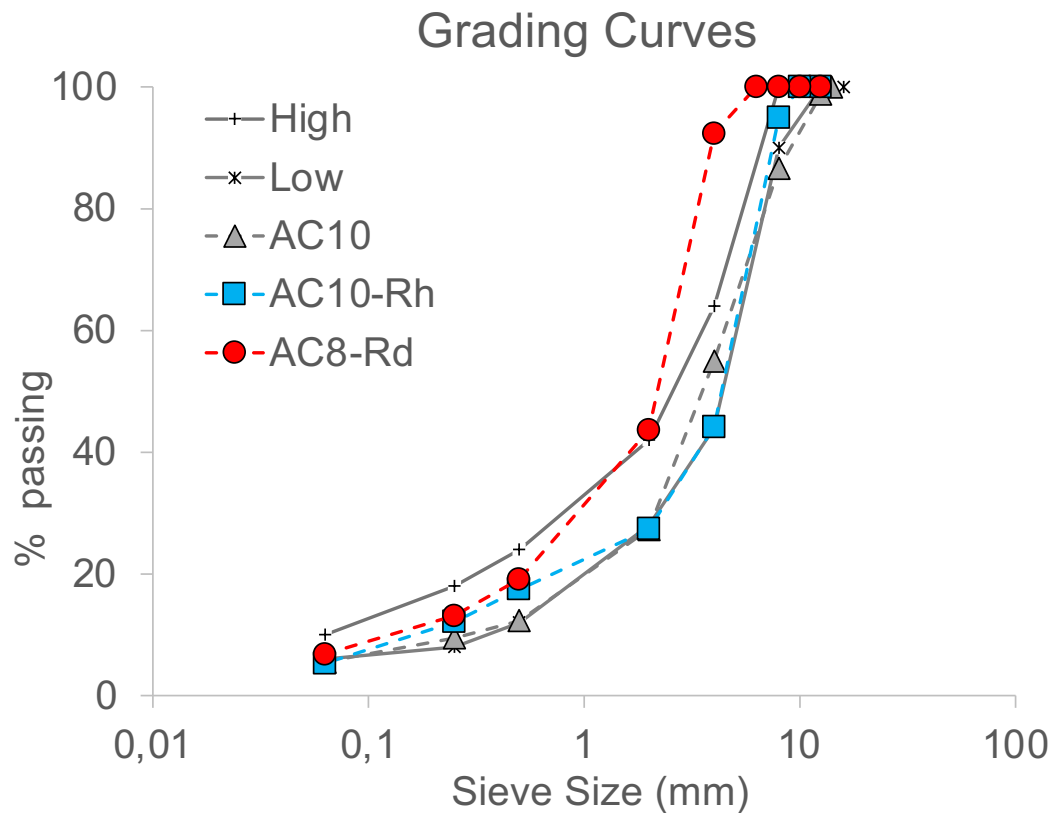
RUBBERAP – general experimental plan



Compliance with ANAS requirements (USURA B)



Quality control – Grading curve



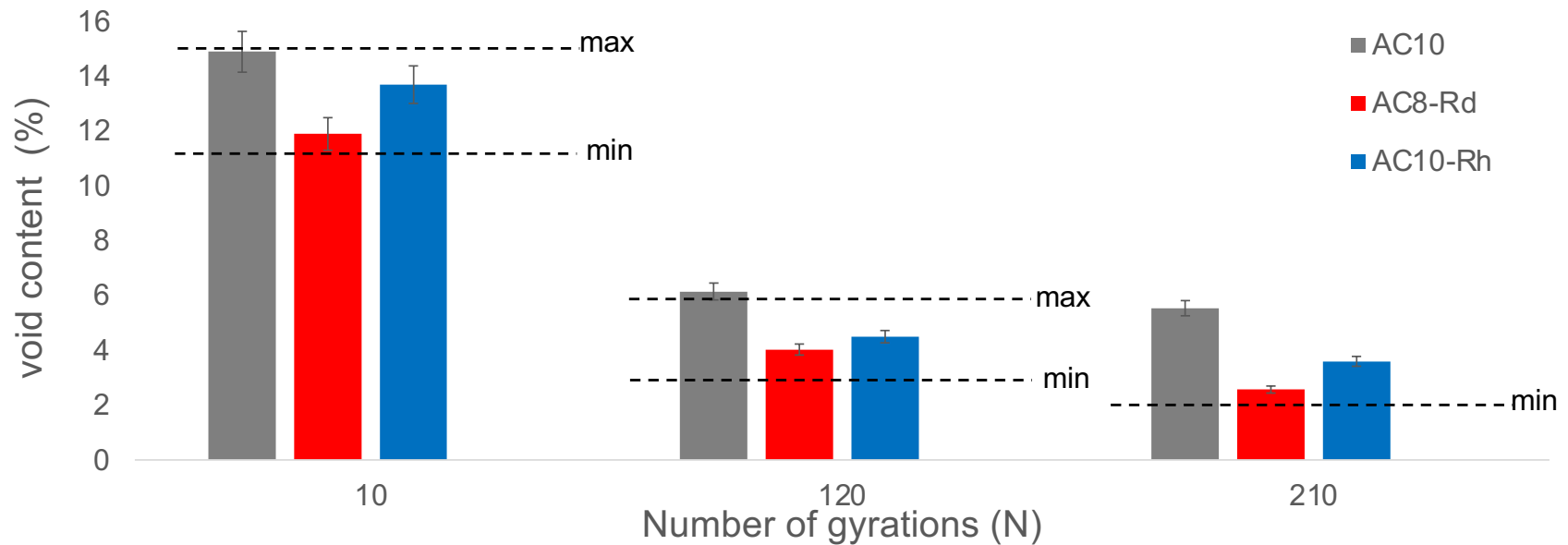
Name	Bitumen type	Bitumen content (%)	Rubber type	Rubber content (%)
AC10	50/70	4.5	-	-
AC8-Rd	50/70	6.2	ECR	0.6
AC10-Rh	PMB	7.0	CRM	0.9

***Fuso di riferimento “strato di usura tipo B”**

- **EN 12697-1:** Soluble binder content
- **EN 933-1:** Determination of particle size distribution
- **EN 1097-6:** Determination of particle density and water absorption

***ANAS - CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO** Norme Tecniche per l’esecuzione del contratto IT.PRL.05.21

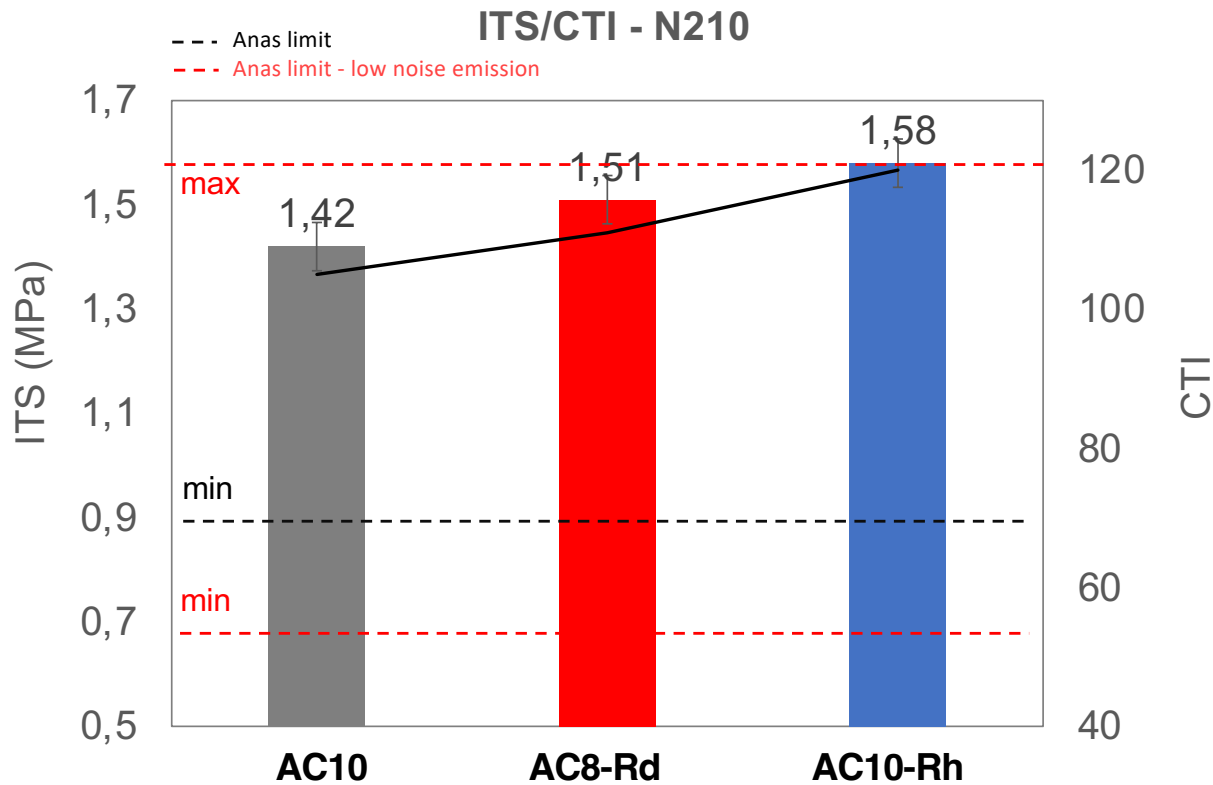
Quality control - Voids check



N	Void %	AC10	AC8-RAM-D	AC10-RAM-H
10	11-15	14.9	11.9	13.7
120	3-6	6.1	4.0	4.5
210	>2	5.5	2.6	3.6

***ANAS - CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO** Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto IT.PRL.05.21

Quality control - ITS/ITC



Compliance with ANAS requirements










ITS, Indirect Tensile Strength - EN 12697-23

ITC Indirect Tensile Coefficient - EN 12697-23

(the dotted lines represent the limits set by ANAS)

Quality control

Summary of results

	Void Check	ITS (N210)	CTI (N210)
AC10	 ?		
AC8-Rd			
AC10-Rh			

3°

2°

1°

- All the mixtures complied with the guidelines, except for the AC10, which slightly exceeded the maximum limit at 120 gyrations.
- The presence of lubricants in AC8-Rd and AC10-Rh contributed to their superior compactability compared to the conventional AC10.

Improving characterisation methodology for alternative paving mixtures for Italian roads

- **Mix design with fix void content (density)**
- Performance-based characterisation
 - ✓ Basic and Advanced levels
 - ✓ Including ageing



Optimising laboratory design for controlling air voids (5%)



Superpave 5 Concept

- Mix Design : 5% air voids
- Field Compaction : 95% Gmm
- Higher design air voids
 - 5% instead of 4%
- No change in asphalt content
- Improve Durability
 - Lower air voids in the field

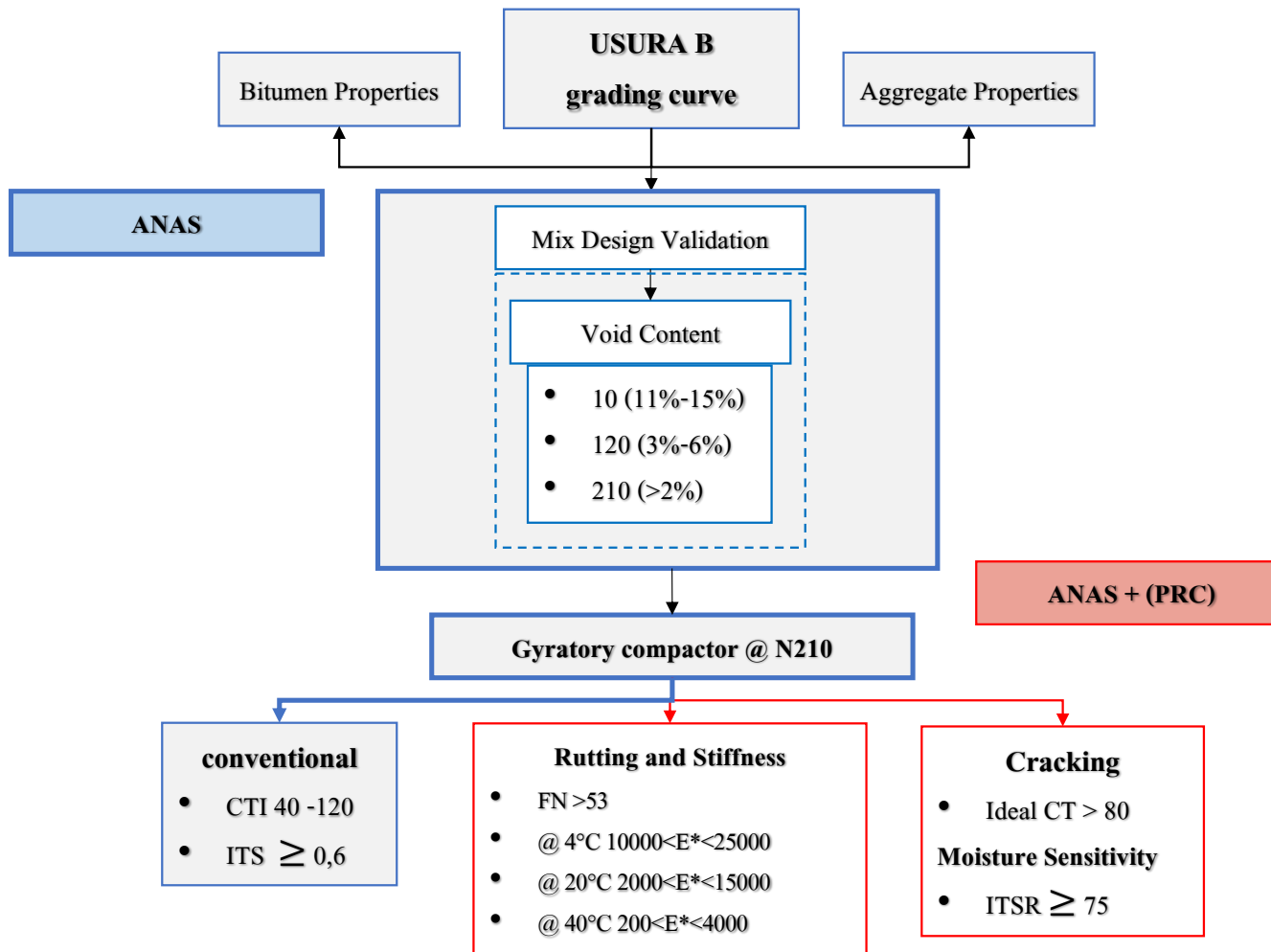
FHWA, 2021

https://www.fhwa.dot.gov/pavement/sustainability/case_studies/hif19083.pdf

Improving characterisation methodology for alternative paving mixtures for Italian roads

- Mix design with fix void content (density)
- **Performance-based characterisation**
 - ✓ **Advanced PRCv5%**





SMARTIlab UNIPA PRC methodology

- Aging: Short Term and Short Term + Long Term
- Compaction with control of air voids
- Performance-related characterisation
 - Basic PRC (minor roads and quality control)
 - Advanced pRC (major roads)

Advanced PRCv5% - STIFFNESS

AASHTO Designation: T 378-17 - Standard Method of Test for Determining the Dynamic Modulus for Asphalt Mixtures Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)

The dynamic modulus is a performance-related property that can be used for mixture evaluation and for characterizing the stiffness of asphalt mixtures for mechanistic-empirical pavement design.

“In the dynamic modulus procedure, a specimen at a specific test temperature is subjected to a controlled **sinusoidal (haversine) compressive stress of various frequencies**. The applied stresses and resulting axial strains are measured as a function of time and used to calculate the dynamic modulus and phase angle.”

- Sample size: **100 mm diameter -150 mm height**
- Temperatures: **4°C, 20°C, 40°C**
- Frequencies: **10Hz, 1 Hz e 0,1Hz**



AMPT configuration for the
Dynamic Modulus test

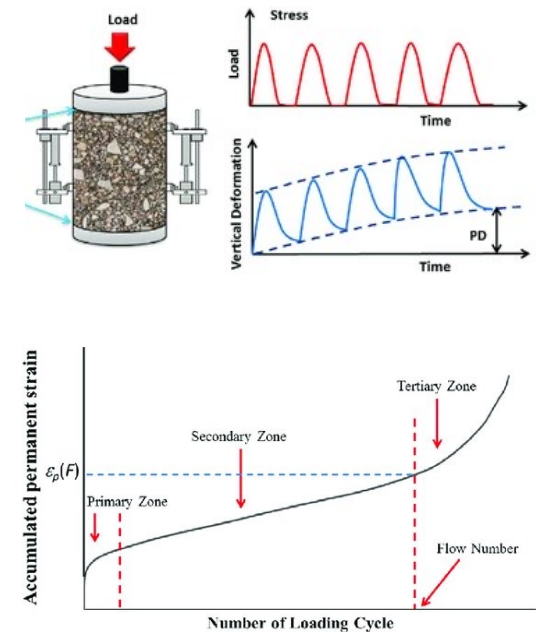
Advanced PRCv5% – RUTTING RESISTANCE

AASHTO Designation: T 378-17 - Standard Method of Test for Determining the Flow Number for Asphalt Mixtures Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)

The flow number is a property related to the resistance of asphalt mixtures to permanent deformation. It can be used to evaluate and design asphalt mixtures with specific resistance to permanent deformation.

“In the flow number procedure, a specimen at a specific test temperature is subjected to a **repeated haversine axial compressive load pulse** of 0.1 s every 1.0 s. The resulting permanent axial strains are measured as a function of the load cycles and numerically differentiated to calculate the flow number. The flow number is defined as the number of load cycles corresponding to the minimum rate of change of permanent axial strain.”

Test Parameter	Value
Sample size	100 mm diameter -150 mm height
Test temperature	55
Repeated axial stress	600 kPa
Contact stress	30 kPa

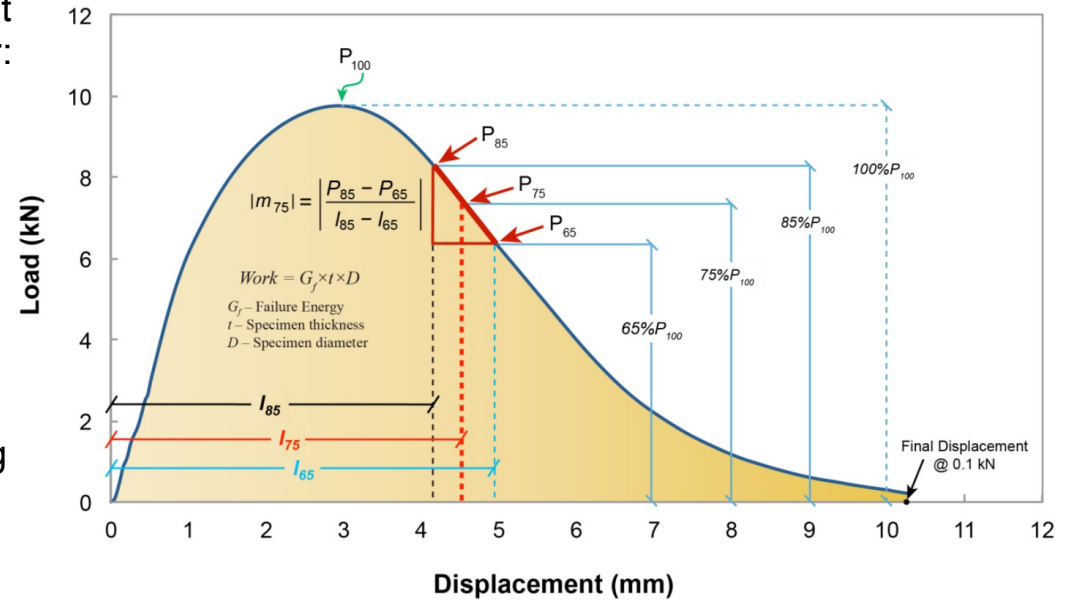


Advanced PRCv5% – CRACKING POTENTIAL

Indirect Tensile Asphalt Cracking Test (IDEAL-CT) (ASTM D8225-19)

The IDEAL-CT (determines cracking resistance of asphalt mixes through a fracture mechanics–based parameter: CTIndex.

- Vertical monotonic load on a cylinder specimen at a constant rate of 50 mm/min. (Similar to ITS). The test is stopped when the load is reduced to 0.1kN.
- Compares well with several established laboratory cracking tests including Texas OT and I-FIT
- Used in many American DOTs
- Has very good correlation with field cracking performance



$$CT_{Index} = \frac{G_f}{|m_{75}|} \times \left(\frac{l_{75}}{D} \right)$$

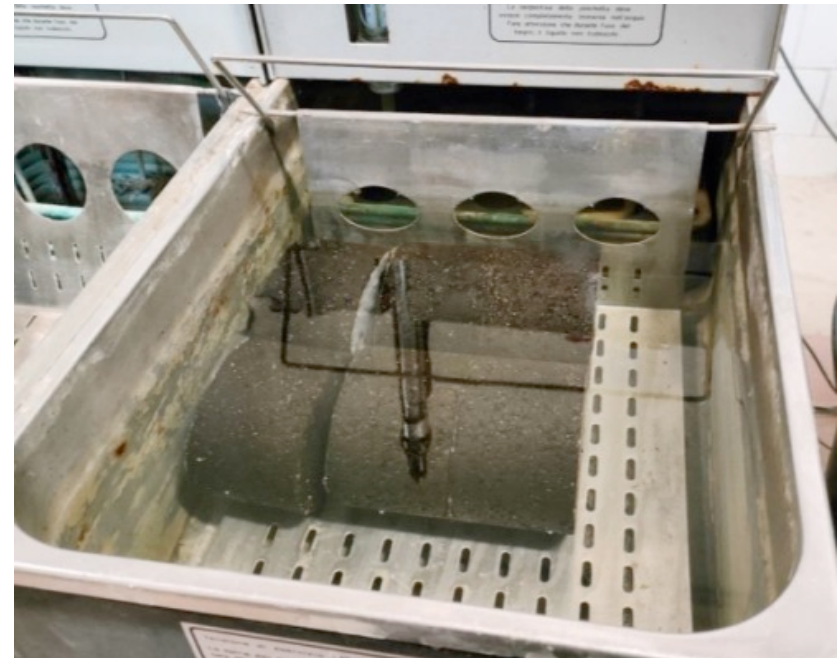
Advanced PRCv5% – MOISTURE DAMAGE

EN 12697-12 Determination of the water sensitivity of bituminous specimens

A set of cylindrical test specimens is divided into two equally sized subsets and conditioned. One subset is maintained dry at room temperature while the other subset is saturated and stored in water at elevated conditioning temperature. After conditioning, the indirect tensile strength of each of the two subsets is determined in accordance with **EN 12697-23** at the specified test temperature.

The ratio of the indirect tensile strength of the **water** conditioned subset compared to that of the **dry** subset is determined and expressed in percent.

$$ITSR = \frac{ITS_w}{ITS_d} * 100$$



Advanced PRCv5%

Summary of results

	Stiffness (E*)	Rutting FN	Cracking CT-index	Moisture ITSR	
AC10	✓ ?	✓ ?	✓	✓	3°
AC8-Rd	✓ +	✓ +	✓ +	✓ +	2°
AC10-Rh	✓ ++	✓ ++	✓ ++	✓ ++	1°

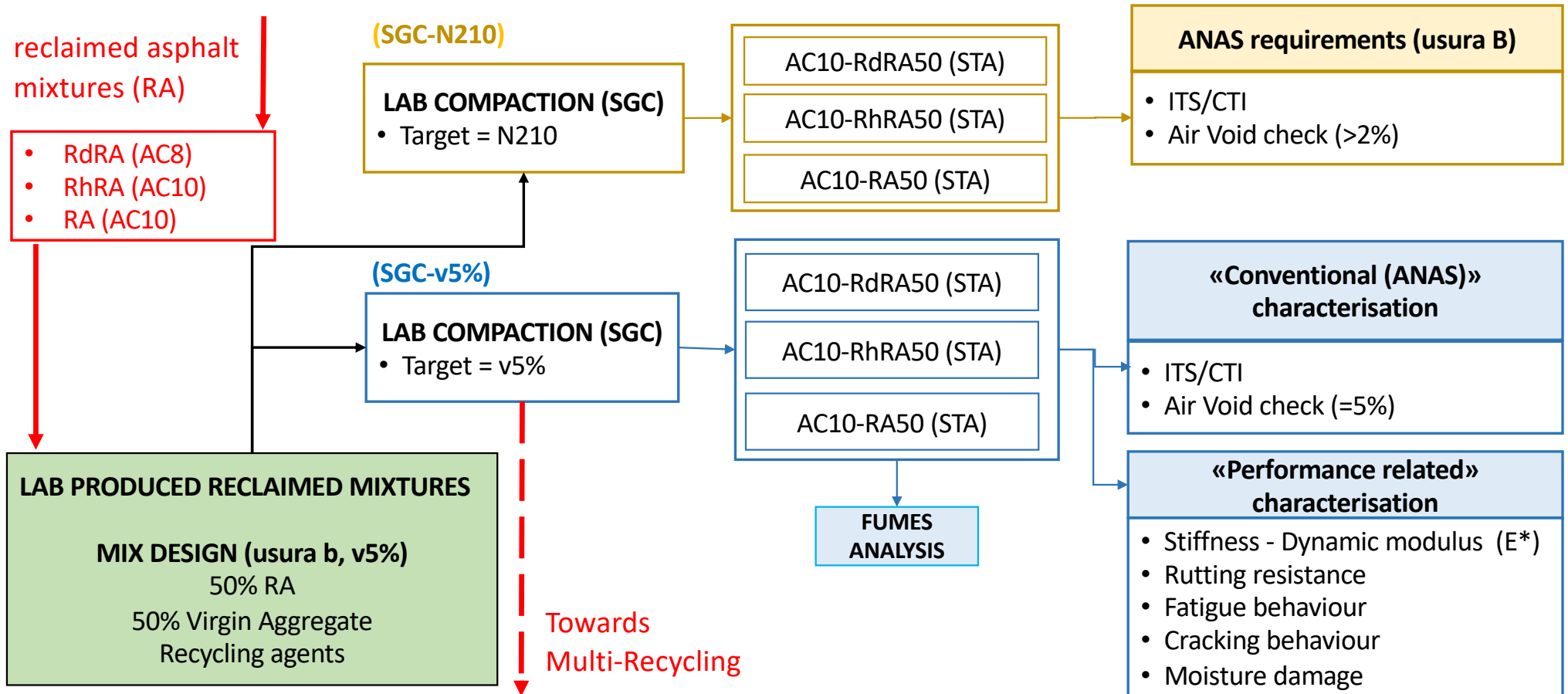
- Advanced PRCv5% confirm the rating of the investigated mixtures, however it fine-tunes characterisation by highlighting differences between parameters linked to damage (monitoring)

Can we efficiently incorporate high-content (50%) rubberised reclaimed within “UsuraB-type” asphalt mixtures

- Mix design
- Compliance with ANAS
- Advanced PRCv5%



RUBBERAP – general experimental plan



Recycling - Mix Design

50% Virgin Aggregates



Pietrisco 1.5
Pietrisco 1
Sabbia
Filler



50% RAP Aggregates



- AC10-RAP
- AC8-RAM-D-RAP
- AC10-RAM-H-RAP



5% Rejuvenator by bw



Iterchimica
Iterlene ACF 2000



x% virgin bitumen



50/70 pen

Recycling - Mix Design

AC10-RdRA50

Mixtures Composition

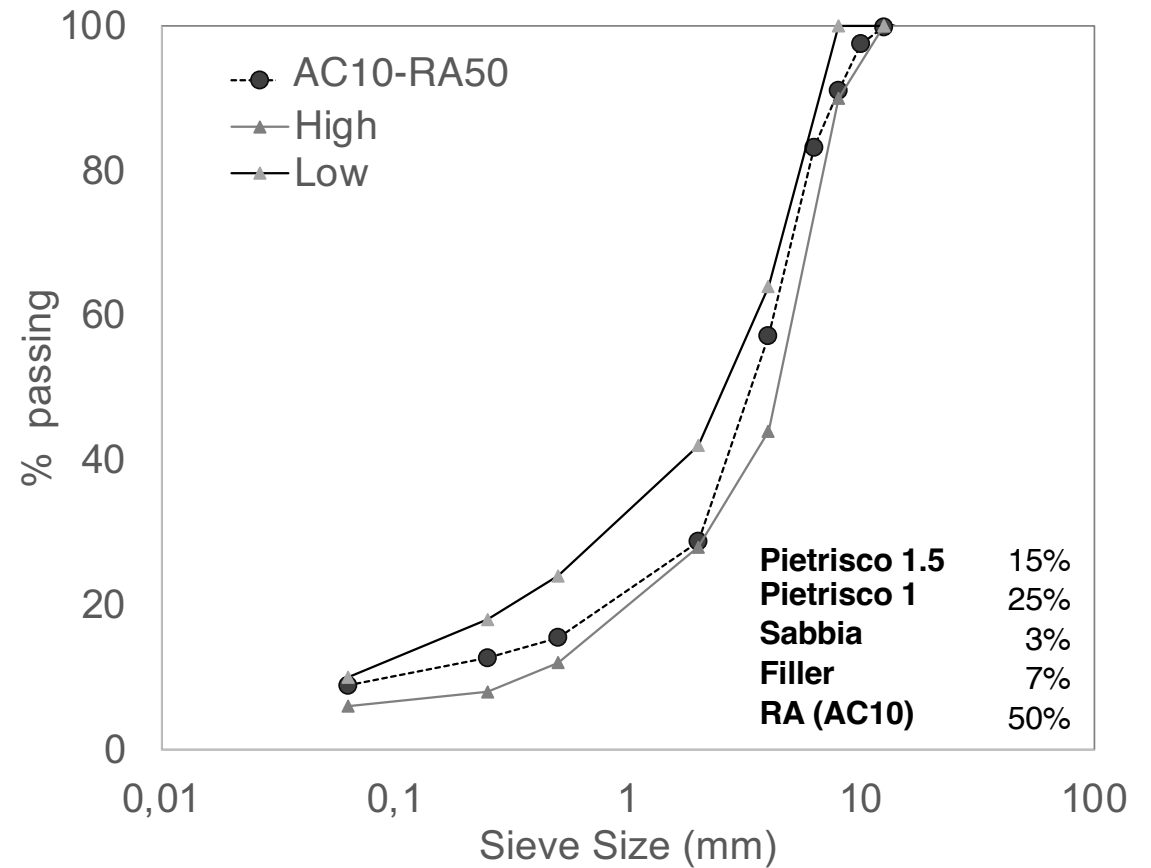
- 50% Virgin aggregates
- 50% RA (AC10)

	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4
Bitumen from RAP (%)		2.15		
Virgin Bitumen	2.35	2.85	3.35	3.95
Total Bitumen	4.5	5	5.5	6.1

Rejuvenator 5% by RAP Bitumen

Anas Requirements

Bitumen content (%) 4.1-6.5



Recycling - Mix Design

AC10-RdRA50

Mixtures Composition

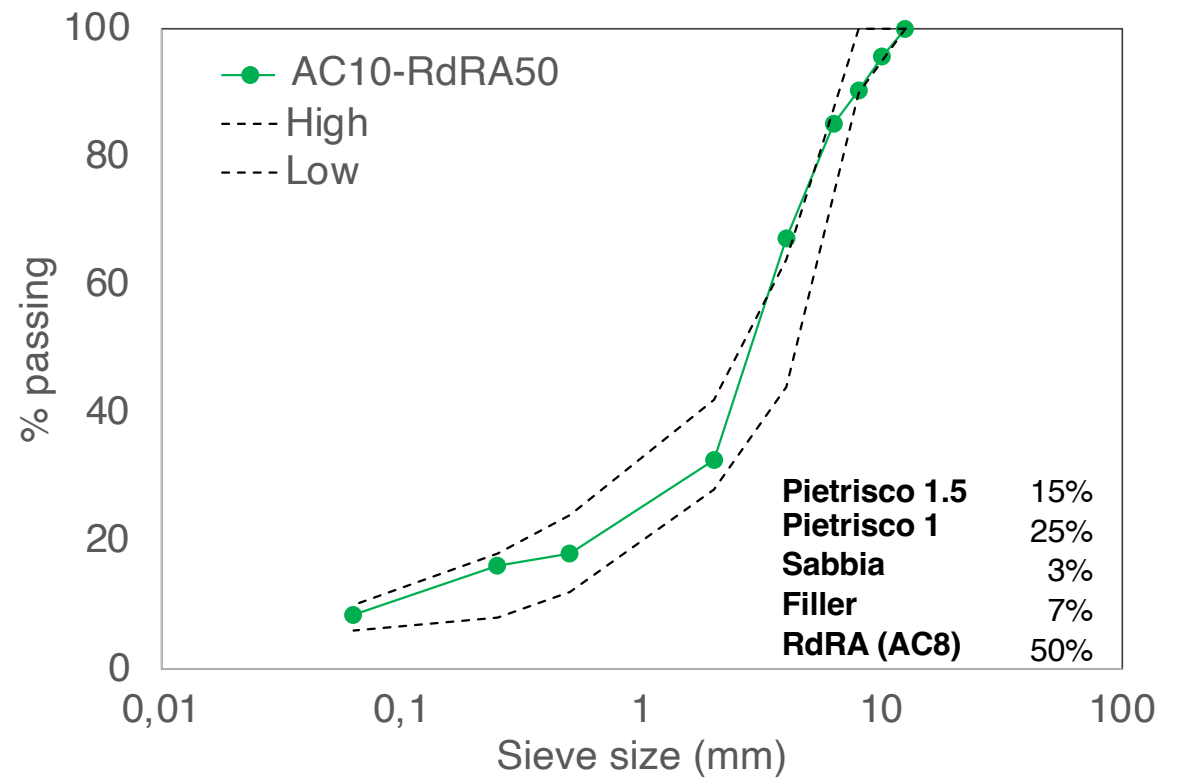
- 50% Virgin aggregates
- 50% RdRA (AC8)

	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4
Bitumen from RAP (%)		2.8		
Virgin Bitumen	1.7	2.2	2.7	3.3
Total Bitumen	4.5	5	5.5	6.1

Rejuvenator 5% by RAP Bitumen

Anas Requirements

Bitumen content (%) 4.1-6.5



Recycling - Mix Design

AC10-RhRA50

Mixtures Composition

- 50% Virgin aggregates
- 50% AC10-RhRA

	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4
Bitumen from RAP (%)			3.5	
Virgin Bitumen	1	1.5	2	2.6
Total Bitumen	4.5	5	5.5	6.1

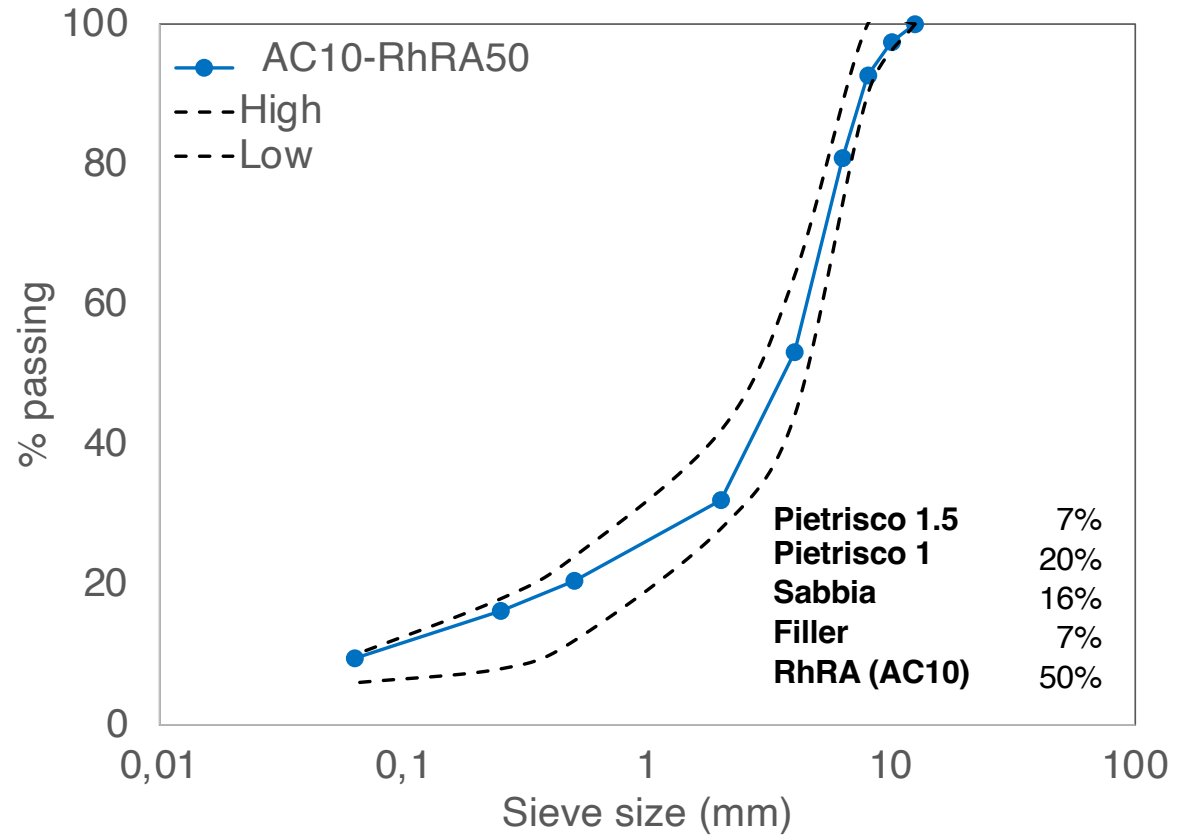
Rejuvenator

5% by RAP Bitumen

Anas Requirements

Bitumen content (%)

4.1-6.5



Compliance with ANAS requirements (USURA B)



Recycling – Italian requirements

Summary of results

	Void Check	ITS (N210)	CTI (N210)
2°	AC10-RA50	+	+
1°	AC10-RdRA50	++	++
1°	AC10-RhRA50	++	++

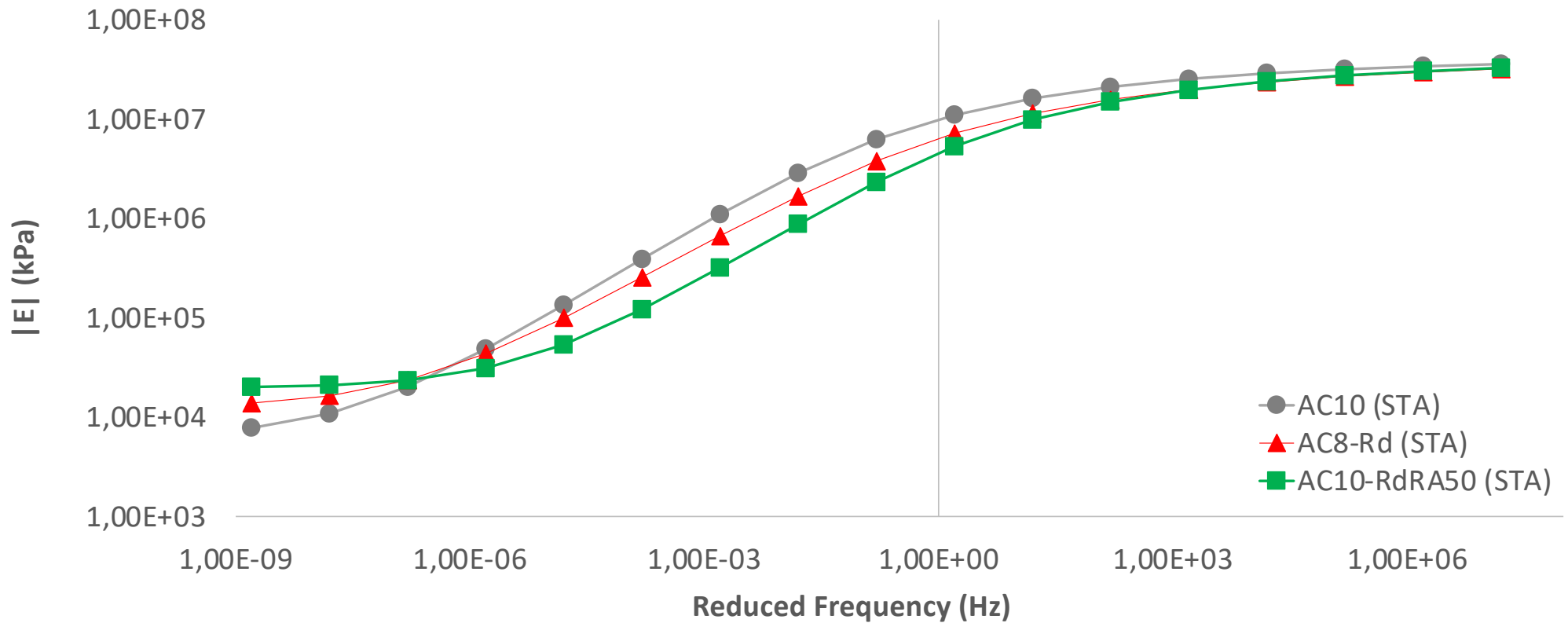
All the mixtures complied to the guidelines.

PRC v5% - AC10-RdRA50

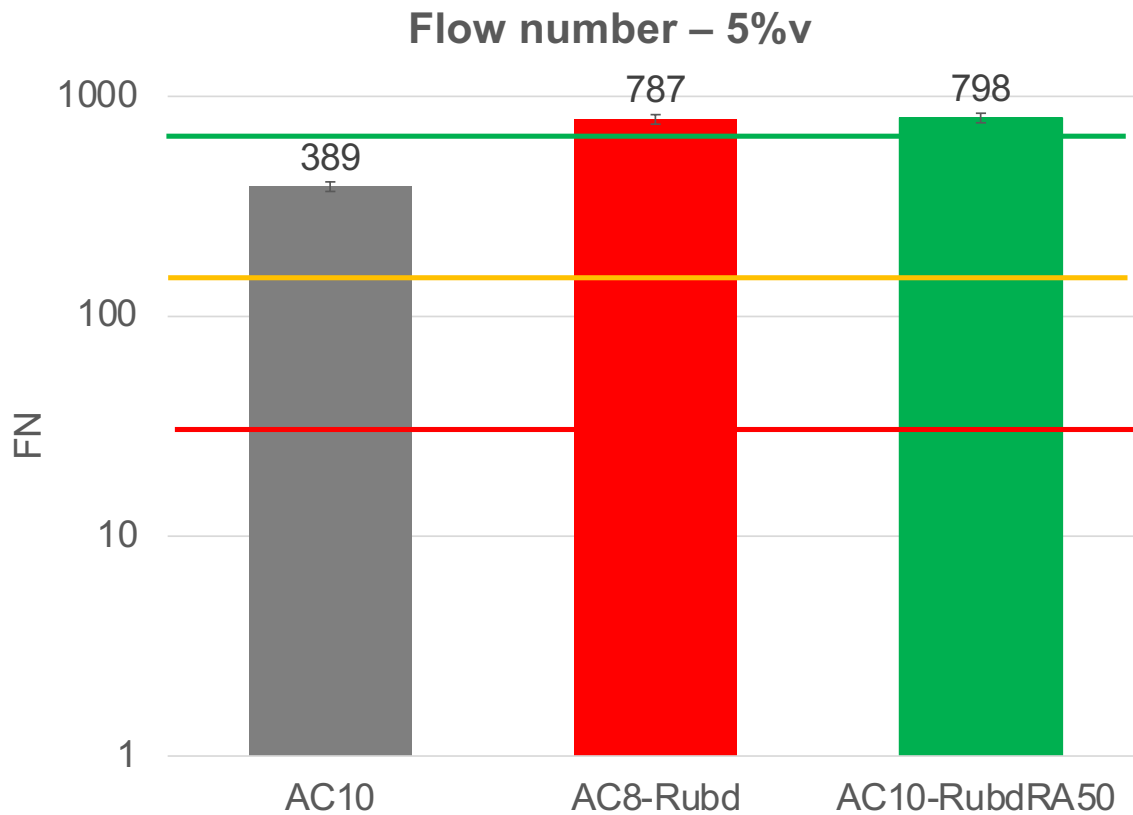


Recycling – Advanced PRCv5%: STIFFNESS

Dynamic Modulus Master Curve (STA)



Recycling – Advanced PRCv5%: RUTTING RESISTANCE

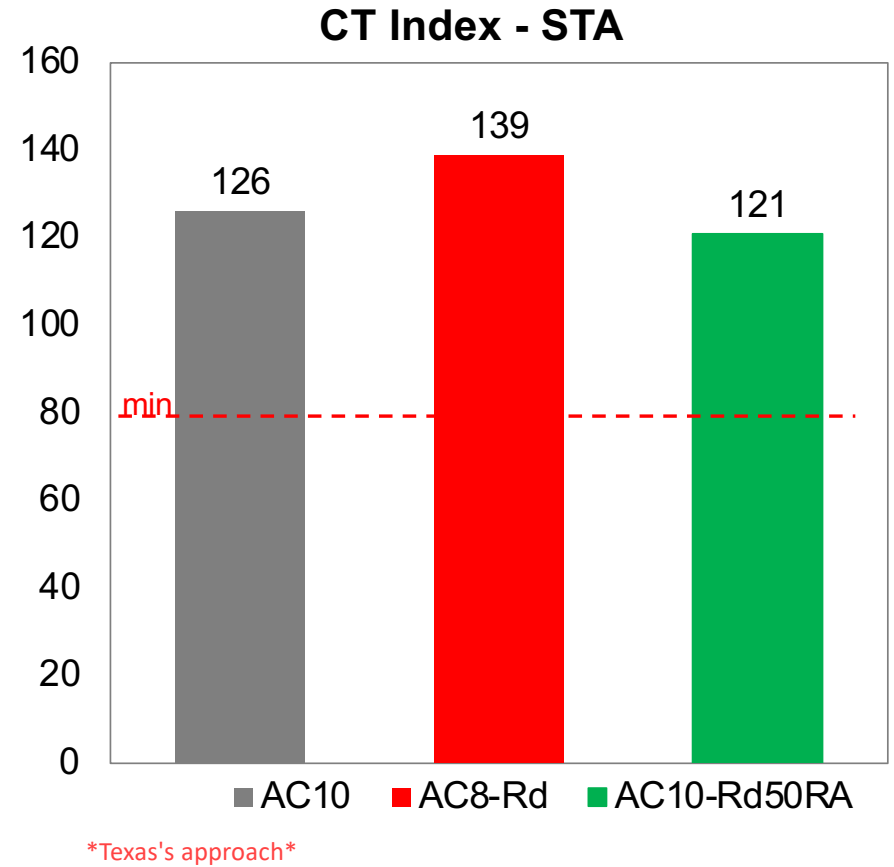
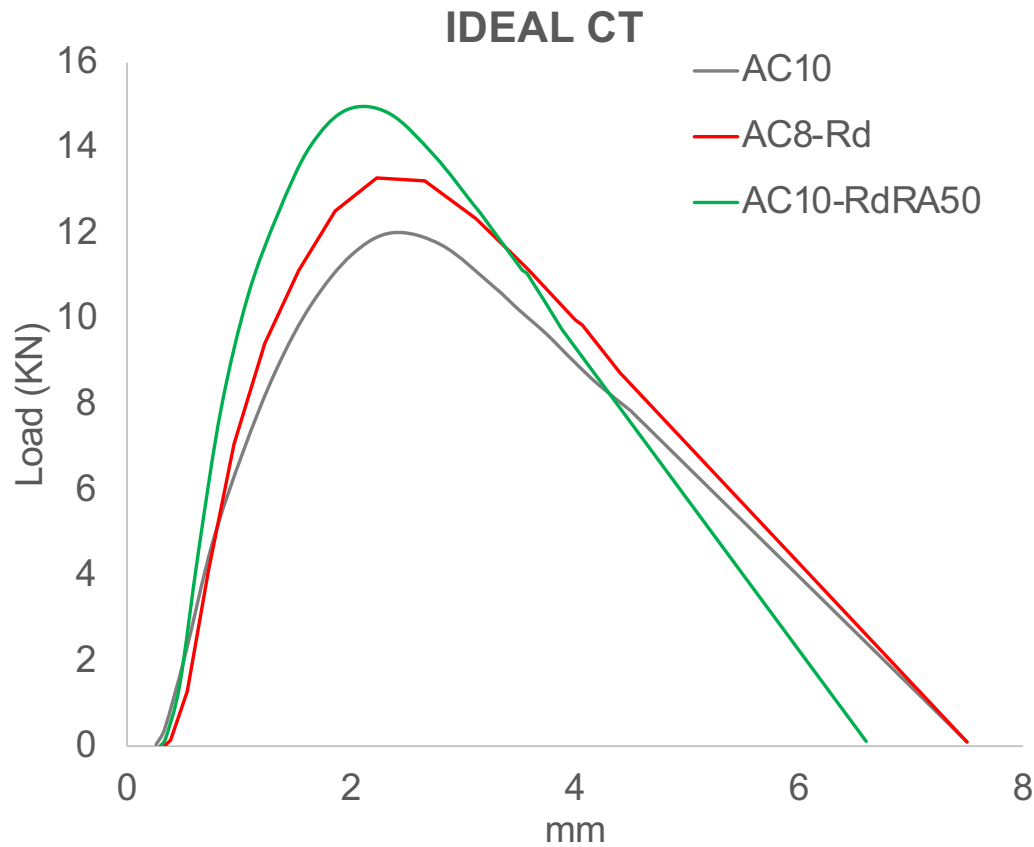


Minimum Average Flow Number Requirements

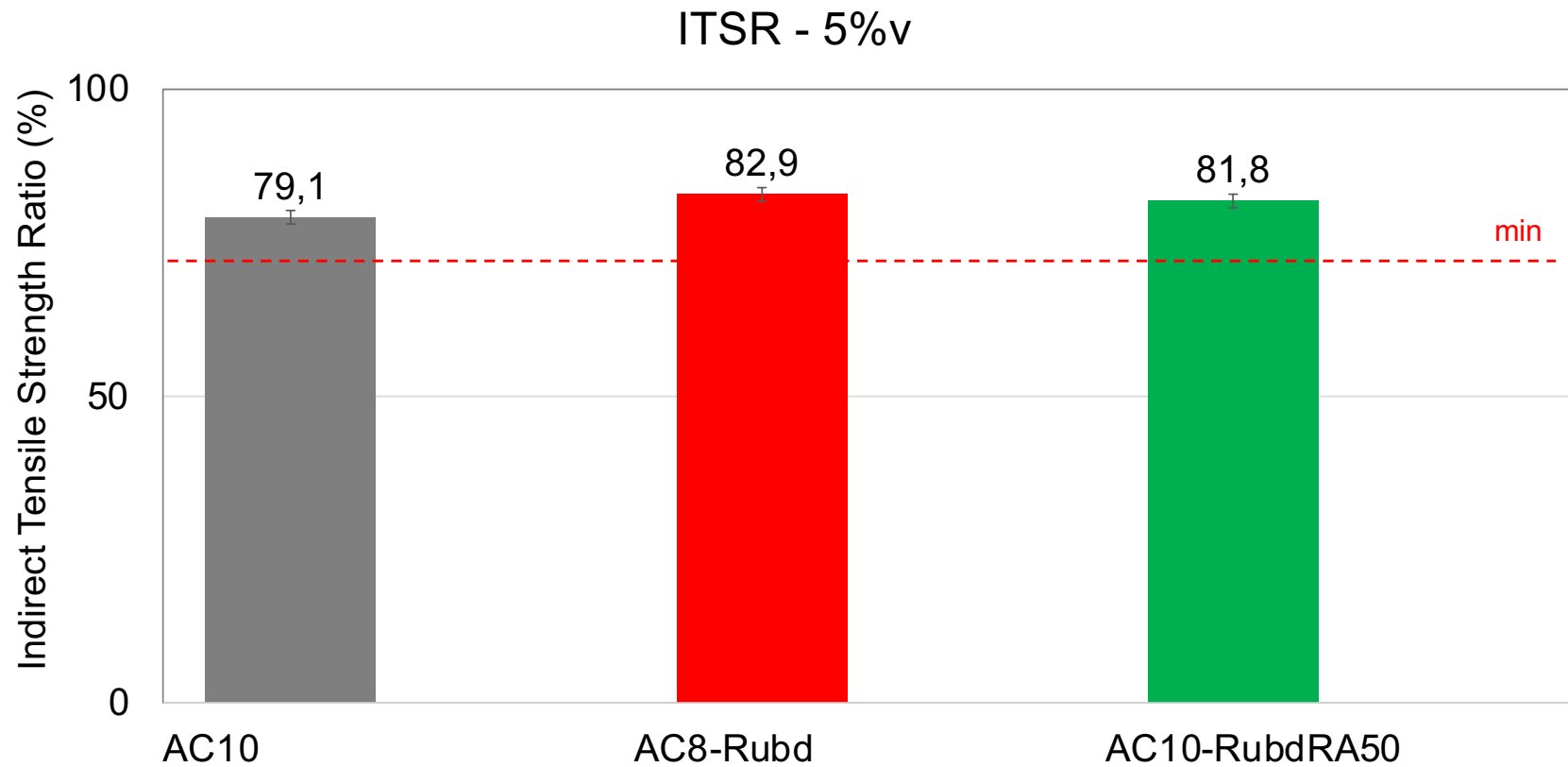
Traffic Level, million ESALs	Minimum Average Flow Number
< 3	-
3 to < 10	50
10 to < 30	190
≥ 30	740

Silvia Milazzo – tesi di Laurea magistrale 2020
 – Università degli Studi di Palermo

Recycling – Advanced PRCv5%: CRACKING POTENTIAL















Recycling – Advanced PRCv5%: MOISTURE DAMAGE



RECYCLING - Advanced PRCv5%

Summary of results

	Stiffness (E*)	Rutting FN	Cracking CT-index	Moisture ITSR	
AC10					3°
AC8-Rd		 +	 +		1°
AC10-RdRA50		 +			2°

- Advanced PRCv5% does NOT confirm the rating of the investigated mixtures, however AC10-RdRA50 is basically comparable to AC8-Rd

CONCLUSIONI

Possiamo ri-ciclare 50% di asfalti gommo in tappetini di usura B?

- **Tecnicamente sembra sia possibile! tuttavia:**

- Lo studio è limitato ad asfalti gommati invecchiati in laboratorio (non facile trovarne per strada)
- Lo studio è limitato ad un asfalto gommato dry. E' in fase di sviluppo lo studio con fresato derivato da asfalto gommato ibrido (quality control ok)
- Non sono state valutate le proprietà funzionali
- Non è stato incluso il ri-uso incorporandoli in altri asfalti gommati (multi-riciclo)
- Siamo in attesa di avere informazioni sulle analisi dei fumi (Università Gustave Eiffel)
- **La maggior parte dei risultati saranno disponibili tramite pubblicazione scientifiche nel 2023 e 2024. Tenetevi in contatti con noi tramite <http://rubberap.unipa.it> o <https://www.researchgate.net/lab/SMARTIlab-UNIPA-Davide-Lo-Presti>**

CONCLUSIONI

Come promuovere l'uso diffuso di queste tecnologie?

- Enti come ECOPNEUS hanno un ruolo chiave. Necessario il dialogo con i gestori di strade
- **SMARTIlab UNIPA methodology** indica come passare a criteri prestazionali, anche con poco sforzo (basic) aiuta a svelare benefici altrimenti non intercettabili da metodi convenzionali
 - *Compattazione basata sul raggiungimento di un certo contenuto dei vuoti (densità), 5%*
 - *Strade poco trafficate (ITS – parametri convenzionali e prestazionali)*
 - *Strade molto trafficate (AMPT – parametri prestazionali dinamici (visco-elasto-plastici con invecchiamento)*
- Necessario inserire gli asfalti gommati come opzioni comuni in capitolati e prezziari

CONCLUSIONI

Possiamo ri-ciclare 50% di asfalti gommo in tappetini di usura B?

BUONE PRASSI per la produzione:

- **Prendetevi cura del Fresato**
 - frazionatelo
 - proteggetelo dall'umidità



SMARTI
lab
Smart solutions for
Sustainable Transport
Infrastructure

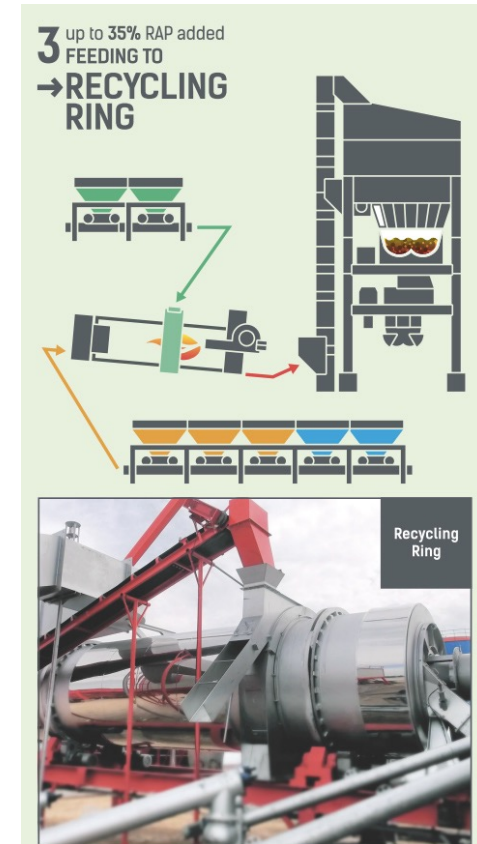
dj dipartimento
di ingegneria
unipa

CONCLUSIONI

Possiamo ri-ciclare 50% di asfalti gommo in tappetini di usura B?

BUONE PRASSI per la produzione:

- **Prendetevi cura del Fresato**
 - frazionatelo
 - proteggetelo dall'umidità
- **Considerate di adattare gli impianti x il riciclo**
 - Anelli per il riciclo (30-40%)
 - Doppio tamburo (fino a 100% RAP)

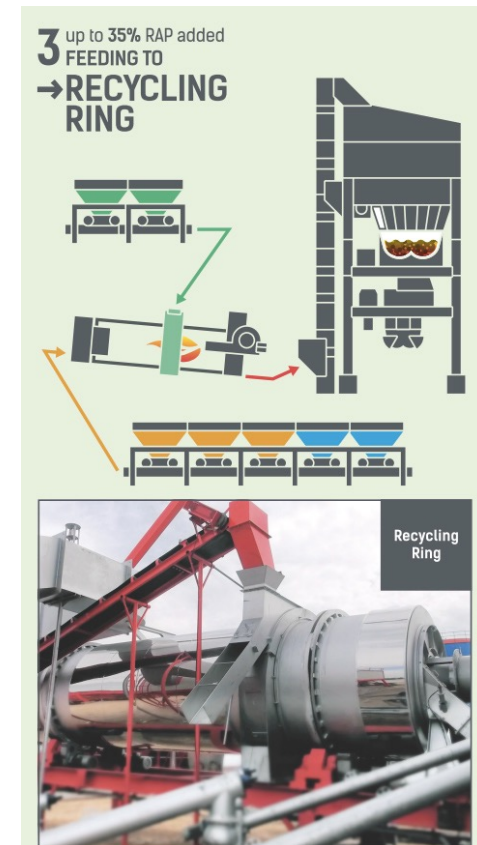


CONCLUSIONI

Possiamo ri-ciclare 50% di asfalti gommo in tappetini di usura B?

BUONE PRASSI per la produzione:

- **Prendetevi cura del Fresato**
 - frazionatelo
 - proteggetelo dall'umidità
- **Considerate di adattare gli impianti x il riciclo**
 - Anelli per il riciclo (30-40%)
 - Doppio tamburo (fino a 100% RAP)
- **Miscelazione a secco (ingegnerizzata)**
 - Feeder del filler
 - ECR permette anche di abbassare le temperature



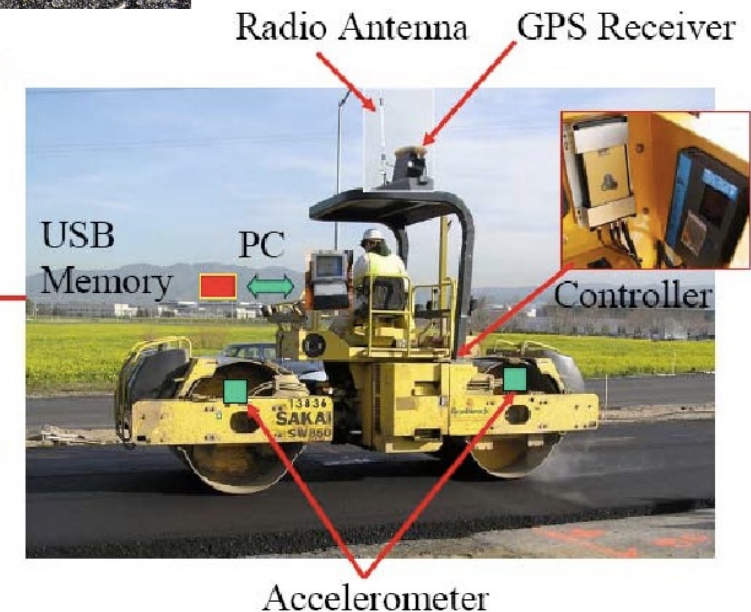
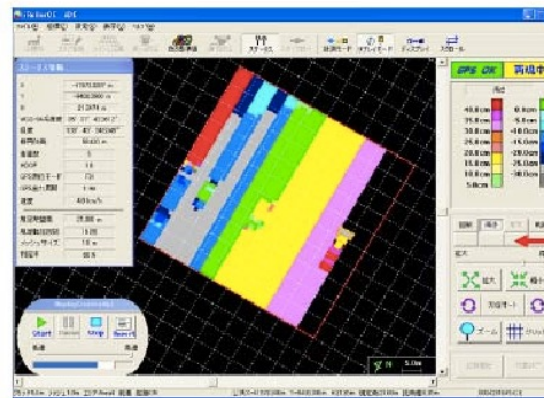
CONCLUSIONI

Possiamo ri-ciclare 50% di asfalti gommo in tappetini di usura B?

BUONE PRASSI per la costruzione:

- Misurazione dei vuoti/densità in sito

- Collegatela al design
- Densitometro nucleare (Car)
- Compattazione intelligente



CONCLUSIONI

Possiamo ri-ciclare 50% di asfalti gommo in tappetini di usura R?

BUONE PRASSI per la costruzione:

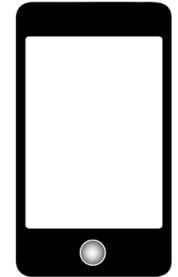
- Misurazione dei vuoti/densità in sito

- Collegatela al design
- Densitometro nucleare (Campi prova)
- Compattazione intelligente

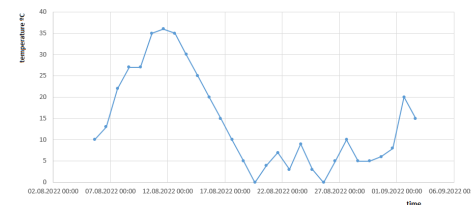
- Misurazione della temperature in sito

- Registrare dati (minore di 140C)
- Sensori incorporati

 Bluetooth®



© www.ClipartsFree.de



GRAZIE della vostra attenzione

davide.lopresti@unipa.it
<http://smartilab.unipa.it>

