FEIS26 · SESSIONE 1 · INFRASTRUTTURE VIARIE SOSTENIBILI

# L'evoluzione delle tecnologie sostenibili per conglomerati bituminosi tipo drenanti



**Ing. Nunzio Viscione**
Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Roma, Chiostro del Sangallo · 16 novembre 2026

*Convegno formativo · Edilizia e infrastrutture viarie: progettare la sostenibilità*

# Il CAM Strade per i drenanti: già obbligo dal 21 dicembre 2024

IL CAM COPRE GIÀ TUTTA LA FILIERA DEL DRENANTE




**PROGETTO**

studio del ciclo di vita nella Relazione di sostenibilità del PFTE

**MATERIALI**

usure chiuse e drenanti; oltre il minimo, prove di laboratorio e in vera grandezza sulla vita utile

**PRODUZIONE**

miscelazione con bitumi modificati o compound polimerici

**POSA**

bitumi modificati: oltre / entro 1 km dai centri abitati

**ESERCIZIO**

durata teorica del rifacimento dell'usura, con metodo di calcolo dichiarato

**OBBLIGO DI LEGGE** è il pavimento, non il soffitto: il punto da cui partire.

*DM 5 agosto 2024 (GU n. 197 del 23/8/2024), in vigore dal 21/12/2024 · il criterio 2.2.3 non si applica ai bitumi modificati con elevato tenore di polimeri*

LA SVOLTA

# Da due anni ce lo diciamo.
# Da decenni sappiamo che tecnicamente si può fare.

## *Andiamo oltre.*



**Anni '70**

riciclaggio a caldo del conglomerato bituminoso

**21 dicembre 2024**

il CAM Strade entra in vigore

**16 novembre 2026**

siamo ancora qui a chiederci come rispettarlo

**→ OLTRE**

numeri alla mano: un drenante PA20 con il 50% di RA

# Quattro strumenti di verifica, un unico oggetto: il bilancio di massa

## UNI/PdR 88:2020

**PRASSI DI RIFERIMENTO UNI**

Requisiti di verifica del contenuto di riciclato, recuperato e sottoprodotto. Certificazione di prodotto da organismo accreditato UNI CEI EN ISO/IEC 17065.

## CP DOC 262

**SCHEMA ICMQ, VER. 2.2**

Conformità del contenuto di riciclato ai valori dichiarati dal produttore. Schema riconosciuto da Accredia, valido per CAM Strade e CAM Edilizia.

## ReMade in Italy®

**CERTIFICAZIONE DI PRODOTTO**

Percentuale di riciclato o sottoprodotto riportata in etichetta. Equivalente ai fini CAM.

## EPD

**UNI EN ISO 14025**

Dichiarazione ambientale di prodotto convalidata, con l'indicazione della percentuale di riciclato.

**LIMITE COMUNE** **tutti certificano QUANTO riciclato c'è. Nessuno certifica PER QUANTO durerà la pavimentazione.**

LA TESI DI QUESTO INTERVENTO

# Un materiale riciclato non rende sostenibile una pavimentazione.

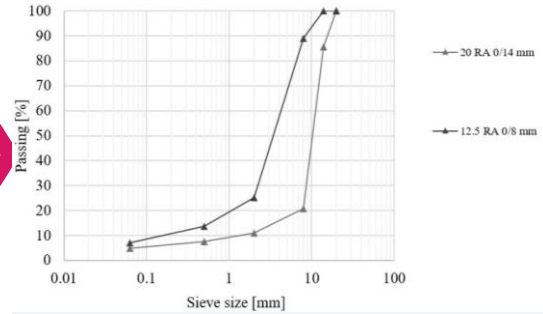
*La rende sostenibile un progetto che la fa durare.*



# Imprese: il fresato non si pesa. Si seleziona, si vaglia, si misura








**50%**

**di RA in un drenante PA20**

**1 · FRESATURA SELETTIVA**

## solo il drenante

strati drenanti di 3–5 anni, extraurbane della Campania: niente binder, niente base, niente miscele diverse

**2 · VAGLIATURA IN DUE PEZZATURE**

## 0/14 e 0/8

20 RA 0/14 e 12.5 RA 0/8, stoccaggio dedicato e coperto: due materie prime, non un cumulo

**3 · CARATTERIZZAZIONE**

## come un aggregato

Los Angeles 13,8 / 15,4% · legante 3,6 / 3,8% · massa volumica 2,76 / 2,75 g/cm³

**4 · ANALISI PRESTAZIONALE**

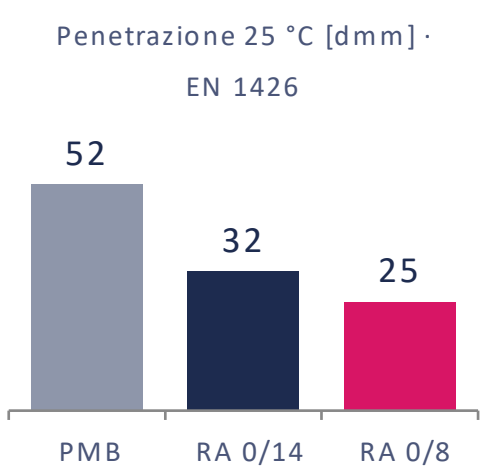
## 50% di RA, verificato

entra in miscela solo dopo la prova: ormaia −46%, fatica pari al vergine, legante estratto a 45 dmm

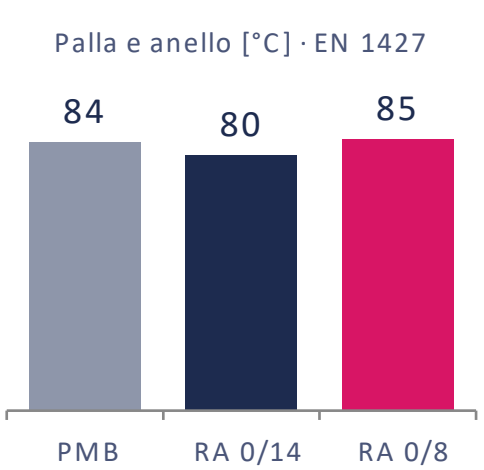
**OLTRE · IMPRESE** **il fresato selezionato e vagliato è una materia prima di progetto, non un rifiuto da smaltire.**

*Caratterizzazione UNI EN 13108-8 · Los Angeles EN 1097-2 · legante EN 12697-1 · massa volumica EN 1097-6*

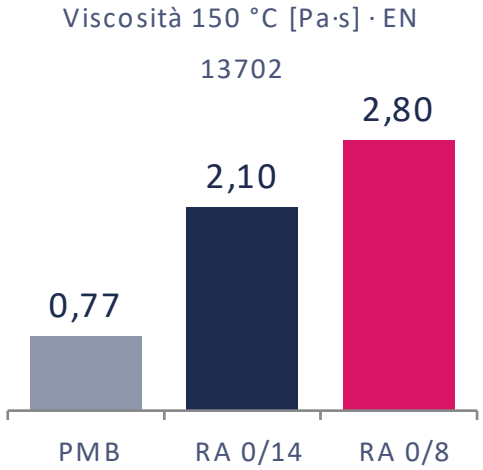
# Analisi del legante: dal produttore al collaudo, si misura a ogni passaggio




**–38% / –52%**
penetrazione rispetto al PMB




**–4 / + 1 °C**
palla e anello rispetto al PMB




**+ 173% / + 264%**
viscosità a 150 °C rispetto al PMB

| PMB di progetto | Valore |
|---|---|
| **Penetrazione 25 °C** | 52 dmm |
| **Palla e anello** | 84 °C |
| **Indice di penetrazione** | 4,96 |
| **Viscosità 60 / 100 °C** | 251 / 9,97 Pa·s |
| **Viscosità 135 / 150 °C** | 1,34 / 0,77 Pa·s |
| **T miscelazione (η = 0,17 Pa·s)** | 186 °C |
| **T compattazione (η = 0,28 Pa·s)** | 172 °C |

**Stesso palla e anello, cause opposte:** nel PMB lo dà il reticolo polimerico (IP 4,96), nel RA l'ossidazione, che porta rigidezza e fragilità.

**PRODUTTORI**
scheda del legante completa: viscosità e temperature equiviscose, non solo pen e R&B

**IMPRESE**
legante del RA misurato a ogni lotto: penetrazione, R&B, viscosità

**LABORATORI**
estrazione e recupero EN 12697-1 / -3 come prova di routine, non di ricerca

**DIREZIONE LAVORI**
accettazione sul legante estratto dalla miscela posata

**OLTRE · TUTTA LA FILIERA** **il legante non si dichiara: si misura dal produttore al collaudo.**

*Legante RA per estrazione EN 12697-1 e recupero EN 12697-3*

# Sui materiali siamo avanti da decenni: la chimica riporta il legante del RA al progetto

SUI MATERIALI
## avanti da decenni

- rigeneranti
- polimeri e compound
- fibre
- additivi tiepidi
- attivanti d'adesione
- polverino di gomma

*... e mille altri*

**50%**
di RA nel PA20

**4,1 → 3,6%**
PMB vergine: –0,5 punti

**0,15%**
ringiovanente sul RA

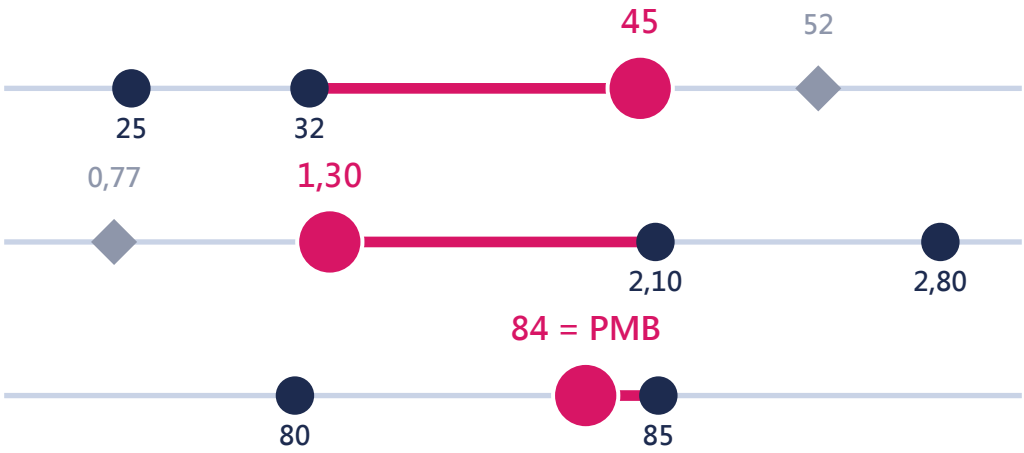
**23,0%**
vuoti: drenante intatto

IL LEGANTE ● RA ossidato → ● estratto PA20_50RA → ◆ PMB di progetto

**Penetrazione 25 °C** dmm
+41 / +80% rispetto al RA

**Viscosità 150 °C** Pa·s
–38 / –54% rispetto al RA

**Palla e anello** °C
+4 / –1 °C: in linea con il PMB




**OLTRE · PRODUTTORI E PROGETTISTI** la chimica c'è da decenni: va progettata e verificata sulla miscela reale.

*Volumetria EN 12697-6/-8, giratoria EN 12697-31 · estrazione EN 12697-1, recupero EN 12697-3 · EN 1426, EN 1427, EN 13702*

# Capitolati: prove per conoscere la miscela, non per applicare penali

I SOLITI TEST

| | |
|---|---|
| **Vuoti** | 23,8 → 23,0 % |
| **ITS a 25 °C** | 0,55 → 0,70 MPa |
| **Cantabro** | 24,7 → 30,8 % |
| **Permeabilità** | 23,8 → 18,6 l/min |

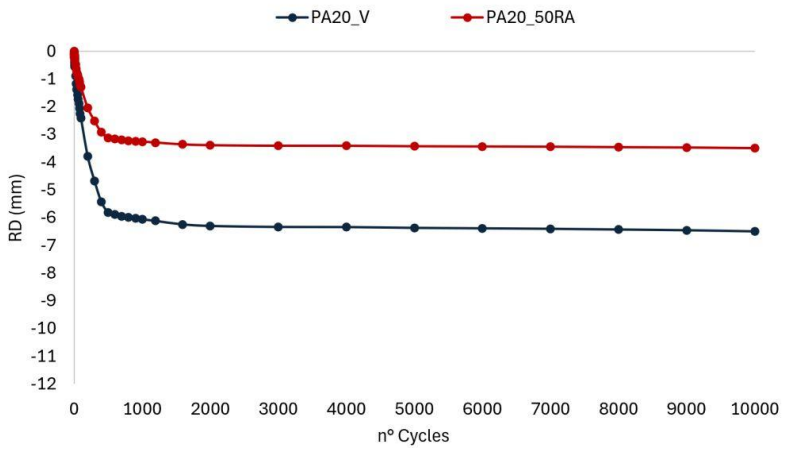
**Entrambe le miscele conformi. Nessuna di queste prove vede la durata.**

**NEL CSA, OLTRE**
**ormaiamento EN 12697-22 · fatica EN 12697-24 · SCB EN 12697-44 · modulo complesso EN 12697-26**

OLTRE · LE PROVE CHE VEDONO LA DURATA

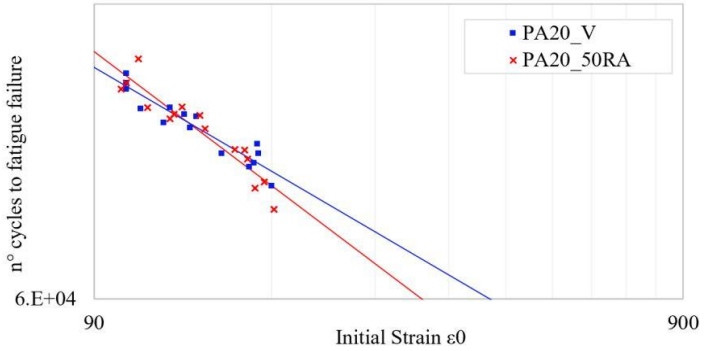
## –46%

ormaia a 10.000 cicli, in acqua a 40 °C (6,5 → 3,5 mm), nessuno stripping




## ≈ pari

fatica a flessione su 4 punti, 20 °C e 10 Hz, fino a 150 με




| | WTS [mm/10³] | post-picco |
|---|---|---|
| **PA20_V** | 0,030 | rif. |
| **PA20_50RA** | **0,023** | **+ 46%** |

**OLTRE · STAZIONI APPALTANTI** **aggiornare i CSA con prove che fanno conoscere la miscela, non che moltiplicano le penali.**

*EN 12697-22 / -23 / -24 Annex D, 18 travetti a 200-300-400 kPa*

IL PUNTO DI SVOLTA

# Fin qui abbiamo parlato di materiale. Da qui parliamo di durata.

*Un materiale riciclato non rende sostenibile una pavimentazione.*
*La rende sostenibile un progetto che la fa durare.*

**MATERIALE**

**50% di RA**

selezionato, vagliato, misurato

›

**PRESTAZIONE**

**ormaia –46%**

fatica pari, legante al progetto

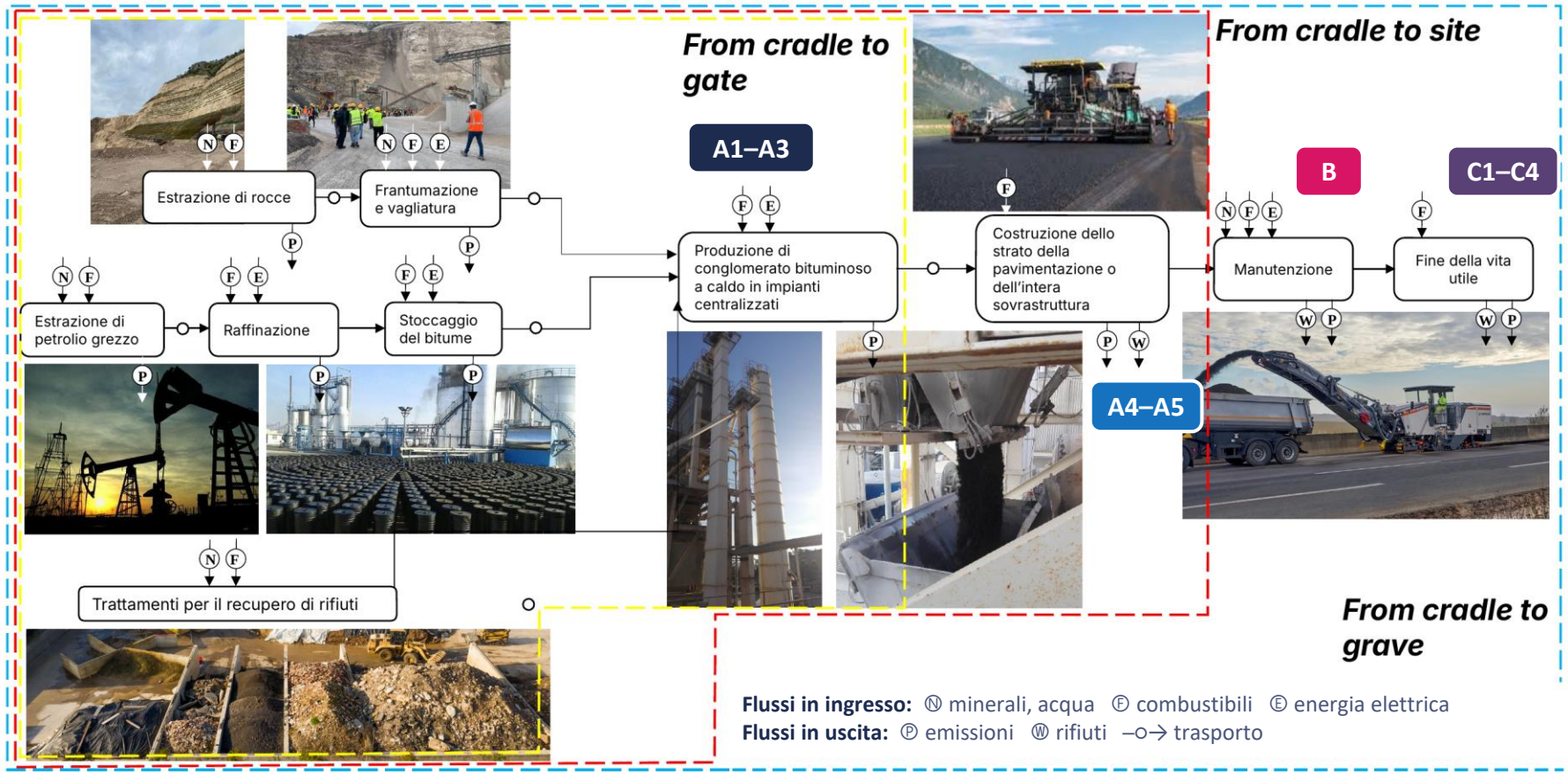
›

**DURATA**

**? anni**

è qui che si decide la sostenibilità

# Analisi del ciclo di vita di una pavimentazione stradale




**A1–A3 Prodotto** *culla → impianto*

A1 materie prime (rocce, bitume, fresato) · A2 trasporto all'impianto · A3 produzione in impianto

**A4–A5 Costruzione** *culla → cantiere*

A4 trasporto della miscela e dei mezzi in cantiere · A5 stesa e compattazione

**B Uso**

**B2 manutenzione: fresatura e rifacimento dello strato. Qui entra la durata**

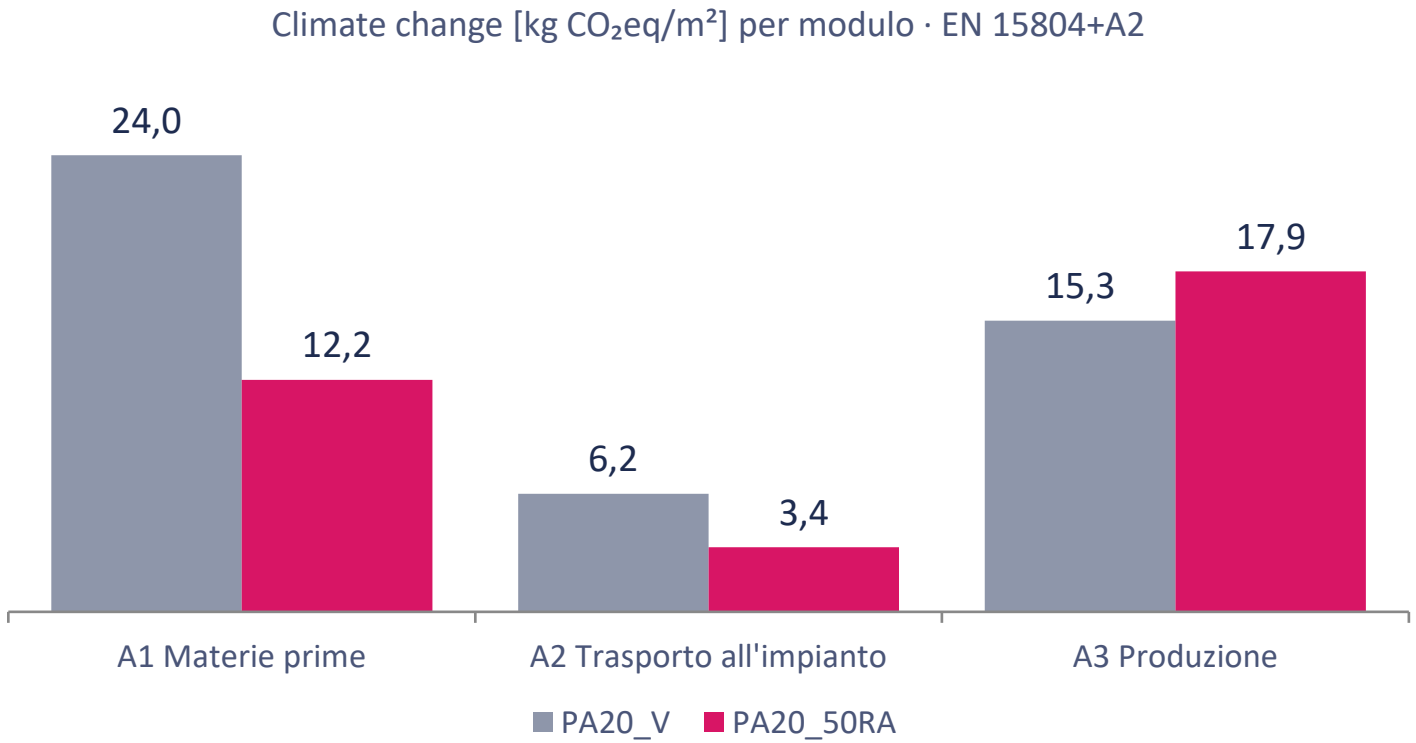
**C1–C4 Fine vita** *culla → fine vita*

C1 fresatura · C2 trasporto · C3 trattamento · C4 smaltimento

**PERCHÉ CONTA** **la durata entra solo nel modulo B: un'analisi dalla culla al cancello non la vede.**

*EN ISO 14040 / 14044 · EN 15804+A2 · indicatore climate change, GWP-total 100 anni [kg $CO_2$eq]*

# Possiamo già farlo: −26% di $CO_2$eq/m² nella fase di prodotto (A1–A3). E possiamo fare di più




**45,5 → 33,5**

kg $CO_2$eq/m² nella fase di prodotto A1–A3: −12,0 kg, −26,4%

**+2,6 kg**

in A3: essiccare e scaldare il RA, vagliarlo e movimentarlo. A3 diventa il modulo più pesante della miscela riciclata

**POSSIAMO FARE DI PIÙ** **il +17% di A3 si recupera in impianto: temperature più basse, RA scaldato senza fiamma, combustibili a basso carbonio.**

**OLTRE · IMPRESE** **−12,0 kg $CO_2$eq/m² già oggi; il +17% di A3 è il margine per fare di più.**

*ecoinvent 3.12, openLCA · RA modellato come end-of-waste (principio chi inquina paga)*

# L'impianto decide: con il 50% di RA, la $CO_2$ della produzione sale del 17%

**PRODUZIONE · MODULO A3**

## +17%

**15,3 → 17,9 kg $CO_2$eq/m²**
unico modulo che cresce

**GIÀ OBBLIGO · CAM 3.1.2**

linee RA adeguate alla %, stoccaggio coperto, combustibili a basso carbonio, fumi e odori



**RICICLAGGIO A CALDO**

### fino al 100% RA

doppio tamburo: il RA ha un circuito di riscaldamento dedicato, separato dal vergine



**GENERATORE DI GAS CALDO**

### RA a 160 °C · TC < 50 mg/m³

riscaldamento indiretto in controcorrente: il legante del RA non vede la fiamma



**BRUCIATORE MULTI-COMBUSTIBILE**

### fino al 100% $H_2$ verde

fino a 4 combustibili anche in miscela, biometano e HVO; installabile su impianti esistenti



**TIEPIDO E DIGITALE**

### ≈ 120 °C con bitume schiumato

solo acqua come additivo; il controllo registra ricette, temperature e consumi per tonnellata

**OLTRE · IMPRESE** **il +17% di A3 si recupera in impianto: nessuna ricetta lo compensa.**

*DM 5/8/2024, criterio 3.1.2 · A3 dall'LCA del caso studio · immagini e dati tecnici di prodotto: Wirtgen Group (Benninghoven)*

# Il cancello non basta: la sostenibilità si misura fino alla tomba

## A1–A3 · PRODOTTO
*culla → cancello*

QUI CI SI FERMA

**−12,0 kg**

materie prime, trasporto, produzione.

**Non sa come il drenante viene steso e compattato, né quanto dura.**

## A4–A5 · TRASPORTO, STESA, COMPATTAZIONE
*cancello → tomba*



STESA

### mappa termica al 100%

temperatura misurata sul 100% della superficie: la segregazione termica di oggi è lo sgranamento di domani



COMPATTAZIONE

### densità in tempo reale

i vuoti del drenante controllati mentre si posa, non dopo con le carote

## B · MANUTENZIONE
*cancello → tomba*



MANUTENZIONE

### solo ciò che serve

fresatura di precisione dello strato da rifare: la data del rifacimento diventa un dato misurato

## C1–C4 · FINE VITA
*cancello → tomba*



FINE VITA

### il RA di domani

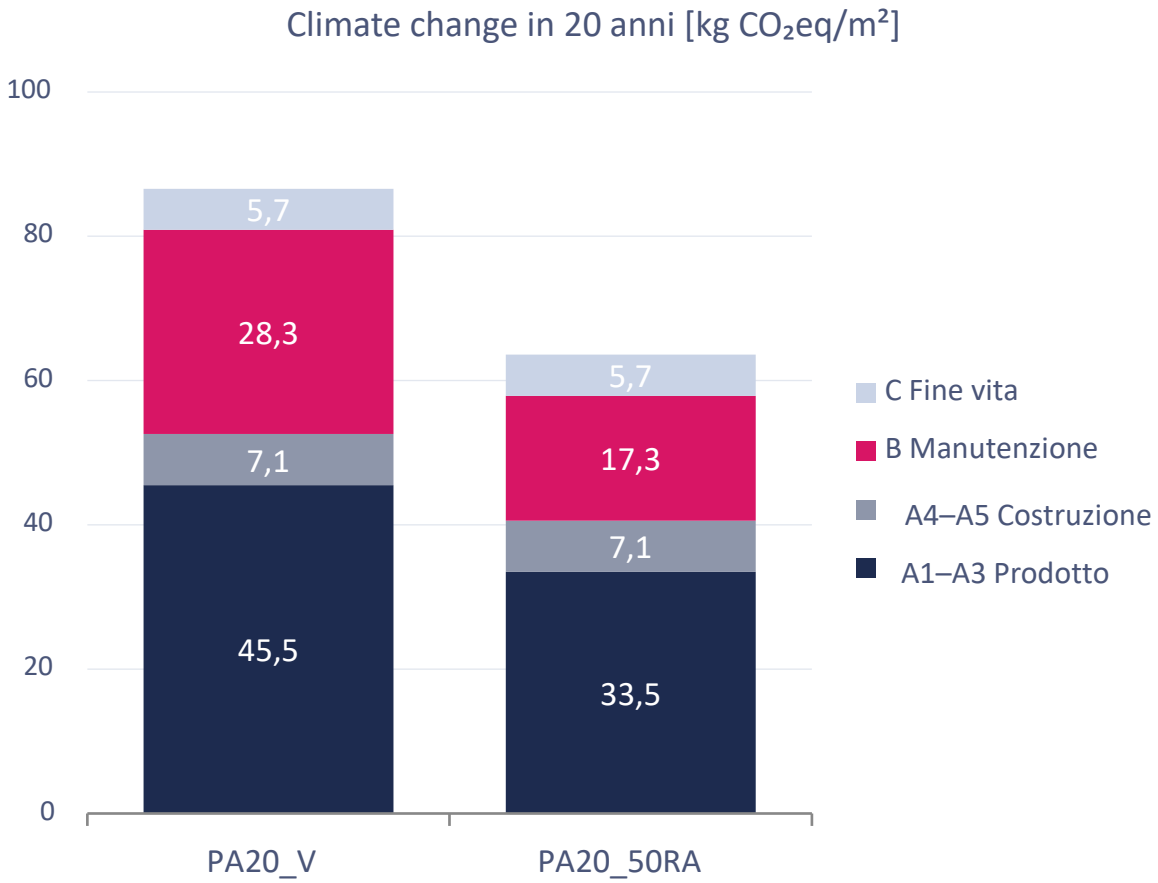
fresatura selettiva e vagliatura: il drenante di oggi torna materia prima

**UNICA BASE DI DATI** stesa + compattazione + manutenzione → la vita utile reale entra nell'LCA: dalla stima alla misura

**OLTRE · TUTTI** fermarsi al cancello è fare metà analisi: la tomba si raggiunge con i dati di cantiere.

*Moduli EN 15804+A2 · immagini e dati tecnici di prodotto: Wirtgen Group (Wirtgen, Kleemann, Vögele, Hamm)*

# Fino alla tomba il risparmio quasi raddoppia: da −12,0 a −22,9 kg $CO_2$eq/m²




## −22,9 kg $CO_2$eq/m²

86,5 → 63,6 in 20 anni: −26,5%

**DA DOVE ARRIVA IL RISPARMIO**

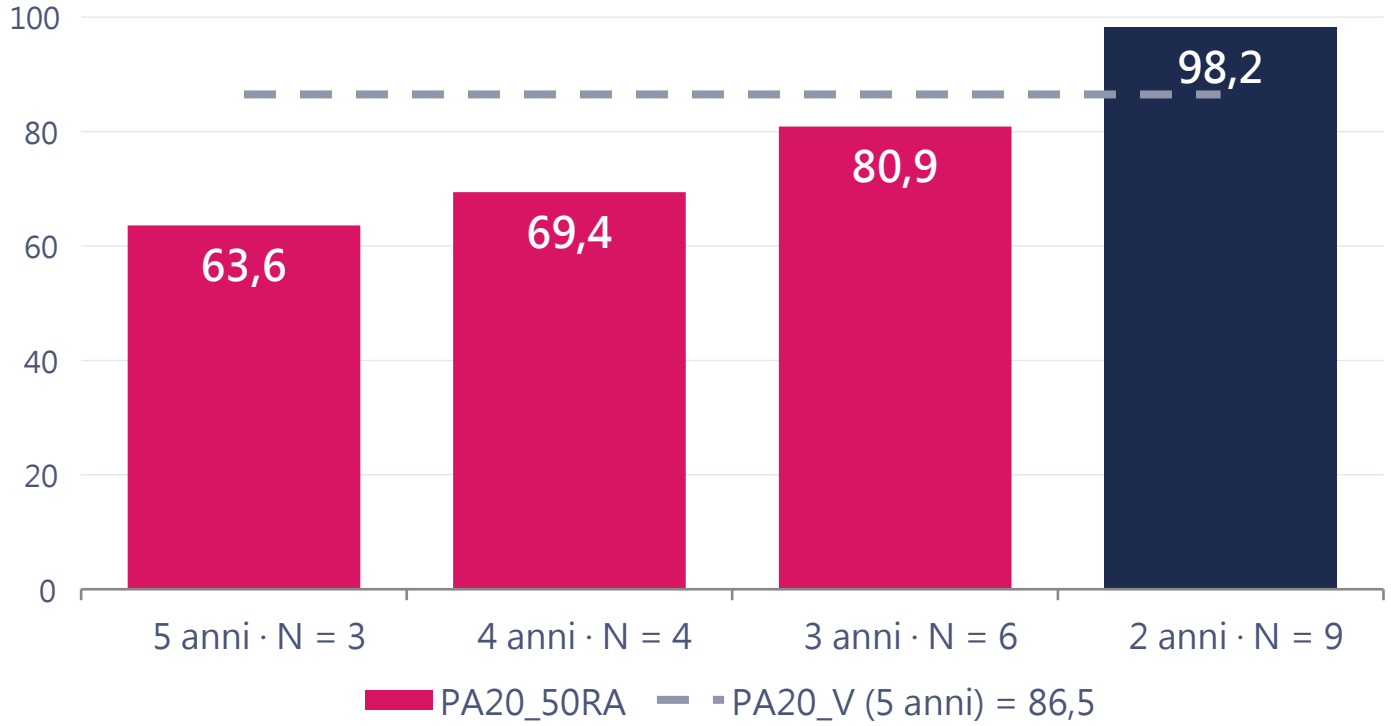
| Prodotto −12,0 | Manutenzione −11,0 |
|---|---|

Ogni rifacimento con la miscela riciclata replica il risparmio della prima stesa. Un'analisi dalla culla al cancello ne vede solo la metà.

**OLTRE · PROGETTISTI** **oltre il cancello c'è l'altra metà: 11,0 kg dalla manutenzione.**

# Il vantaggio esiste solo se dura: vita utile minima 2,9 anni, il 57% del vergine

Climate change di PA20_50RA [kg $CO_2$eq/m²] al variare della sua vita utile (N = interventi in 20 anni)




**−26,5%** 5 anni (come il vergine)

**−19,8%** 4 anni

**−6,5%** 3 anni

**+13,5%** 2 anni: peggio del vergine

SOGLIA DI PAREGGIO

## L* = 2,9 anni

N* = 6 interventi · L* = T / (N* + 1) · ogni intervento +5,8 kg $CO_2$eq/m²

**OLTRE · TUTTI la vita utile di pareggio come requisito di accettazione.**

*Analisi di sensibilità sulla vita utile: N(L) = [T/L] − 1, L* = T/(N* + 1)*

ANDARE OLTRE · NUMERI ALLA MANO

# Il 10% di RA lo rispetta chiunque. La durata no.

## STAZIONI APPALTANTI

**–46%**

l'ormaia che vuoti, ITS e Cantabro non vedono

**Chiedete prestazioni: ormaiamento, fatica, SCB nel CSA. Per conoscere, non per sanzionare.**

## PROGETTISTI

**×1,9**

il risparmio dal cancello alla tomba: –12,0 → –22,9 kg

**Progettate fino alla tomba: metodi razionali, FEM se serve, LCA con la vita utile reale.**

## PRODUTTORI E IMPRESE

**+17%**

la $CO_2$ di produzione da recuperare in impianto

**Investite: fresatura selettiva, vagliatura, impianti di nuova generazione. Il margine è vostro.**

## LABORATORI E DL

**2,9 anni**

la vita utile sotto cui il riciclo emette più del vergine

**Misurate: legante estratto, mappa termica, densità in tempo reale. Collaudate sui dati.**

*Dal 21 dicembre 2024 il CAM è un obbligo.*

***Da oggi, andare oltre è una scelta: la nostra.***

# *Grazie per l'attenzione*


**Ing. Nunzio Viscione**
Gruppo di Ricerca del Laboratorio di Strade Luigi Tocchetti
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Università degli Studi di Napoli Federico II




APPENDICE

# Dettagli del caso studio

*metodo, compattazione, impostazione dell'LCA*



# Il CAM è la chiave: il progetto passa dalla composizione alla prestazione



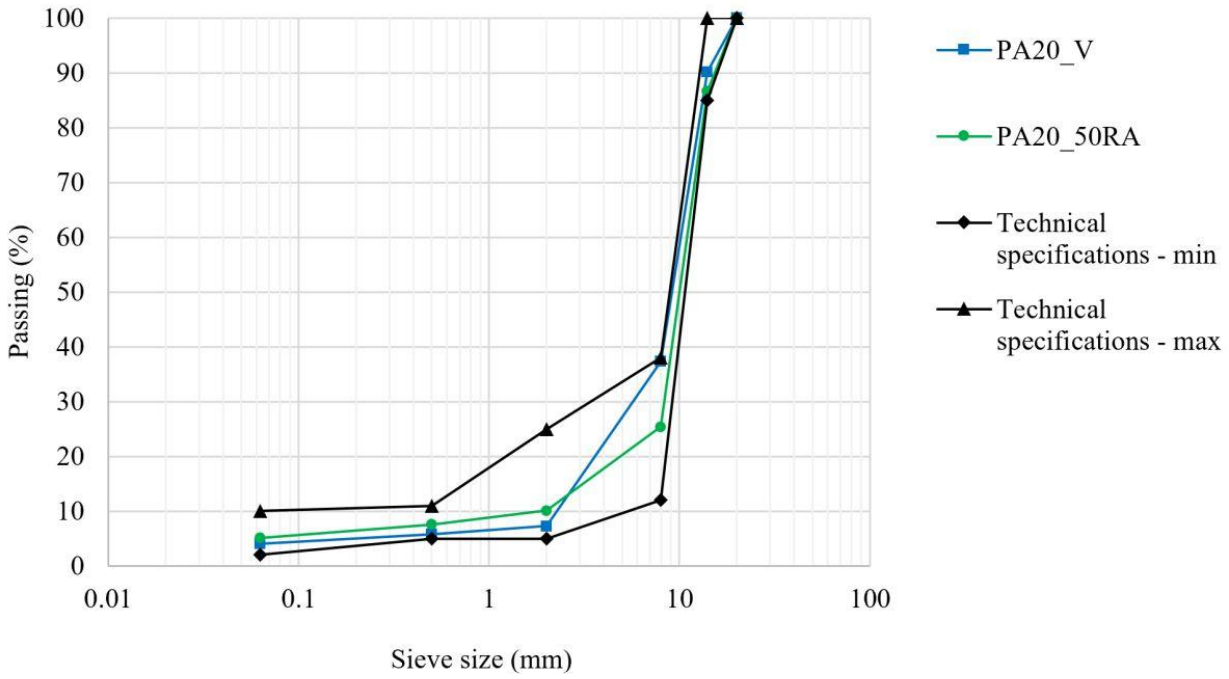

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| fresato e bitume del fresato | scheletro, bitume, ringiovanente | funzione, coesione, ormaie, fatica | impatto di produzione A1–A3 | 20 anni, manutenzioni, soglia di durata |

**Le fasi 3 e 5 non sono richieste dal CAM:** sono quelle che trasformano il riciclato in sostenibilità misurabile.

*Caso studio: PA20 con 50% di fresato (PA20_50RA) contro PA20 vergine (PA20_V)*

**DAL PRESCRITTIVO AL PRESTAZIONALE** **il CAM apre la porta; il metodo di progetto la attraversa.**

# 50% di RA nel fuso EN 13108-7, con il PMB vergine dal 4,1 al 3,6%




| Composizione [%] | PA20_V | PA20_50RA |
|---|---|---|
| Basalto 10/15 · 6/10 · 3/6 | 60 · 18 · 10 | 47 · 0 · 0 |
| Sabbia calcarea 0/4 · filler | 7 · 5 | 0 · 3 |
| 20 RA 0/14 · 12.5 RA 0/8 | 0 · 0 | **40 · 10** |
| Bitume PMB [% miscela] | 4,1 | **3,6** |
| Ringiovanente [% RA] | – | 0,15 |
| Vuoti a Ndes = 50 / Nmax = 130 | 23,8 / 23,1 | 23,0 / 22,1 |

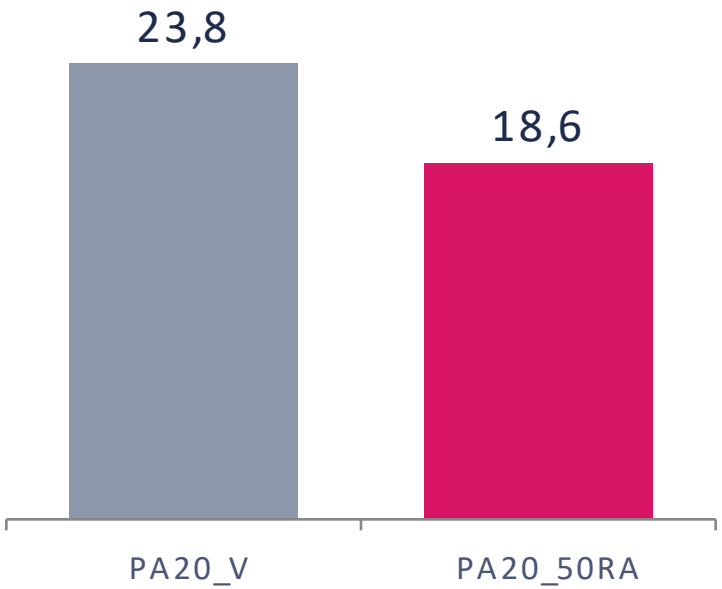
**La frazione 0/8 è limitata al 10%:** più fino e legante più ossidato riducono la connessione dei vuoti.

**OLTRE · PROGETTISTI** **–0,5 punti di PMB si ottengono solo progettando sul legante reale del RA.**

*volumetria EN 12697-6/-8, pressa giratoria EN 12697-31*

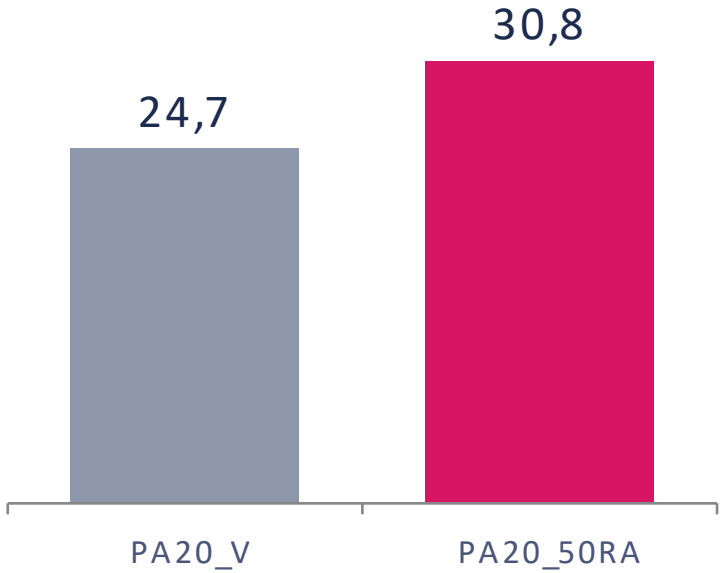
# Funzione drenante conservata; lo sgranamento è il parametro da presidiare

Permeabilità [l/min] · EN 12697-40




± 1,7 / ± 2,9

Perdita Cantabro [%] · EN 12697-17




± 3,4 / ± 5,1 (intervalli parzialmente sovrapposti)

**–22%**

permeabilità, ma sopra il minimo di capitolato: la frazione 0/8 limitata al 10% tiene aperta la rete dei vuoti

**+6,1 punti**

perdita Cantabro: matrice più fragile per la rigenerazione solo parziale del legante del RA

**OLTRE · STAZIONI APPALTANTI** **il 10% di RA lo rispettano entrambe: solo Cantabro e permeabilità mostrano la differenza.**

# Compattazione giratoria e a rullo: 23% di vuoti a 50 giri, anche con il 50% di RA

## METODO DI COMPATTAZIONE

### Pressa giratoria · EN 12697-31

provini Ø 100 mm, 600 kPa, angolo 1,25° · Ndes = 50 giri (fine stesa), Nmax = 130 giri (dopo anni di traffico)

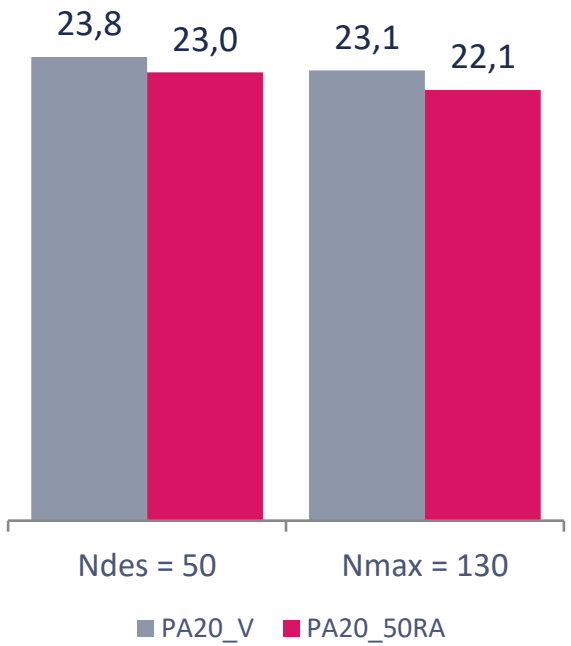
→ **volumetria EN 12697-6/-8, Cantabro, ITS**

### Rullo da laboratorio · EN 12697-33

lastre 300 × 400 × 50 mm, compattazione che riproduce l'addensamento e l'incastro in sito

→ **ormaie, permeabilità, travetti a flessione**

Vuoti [%] · EN 12697-8



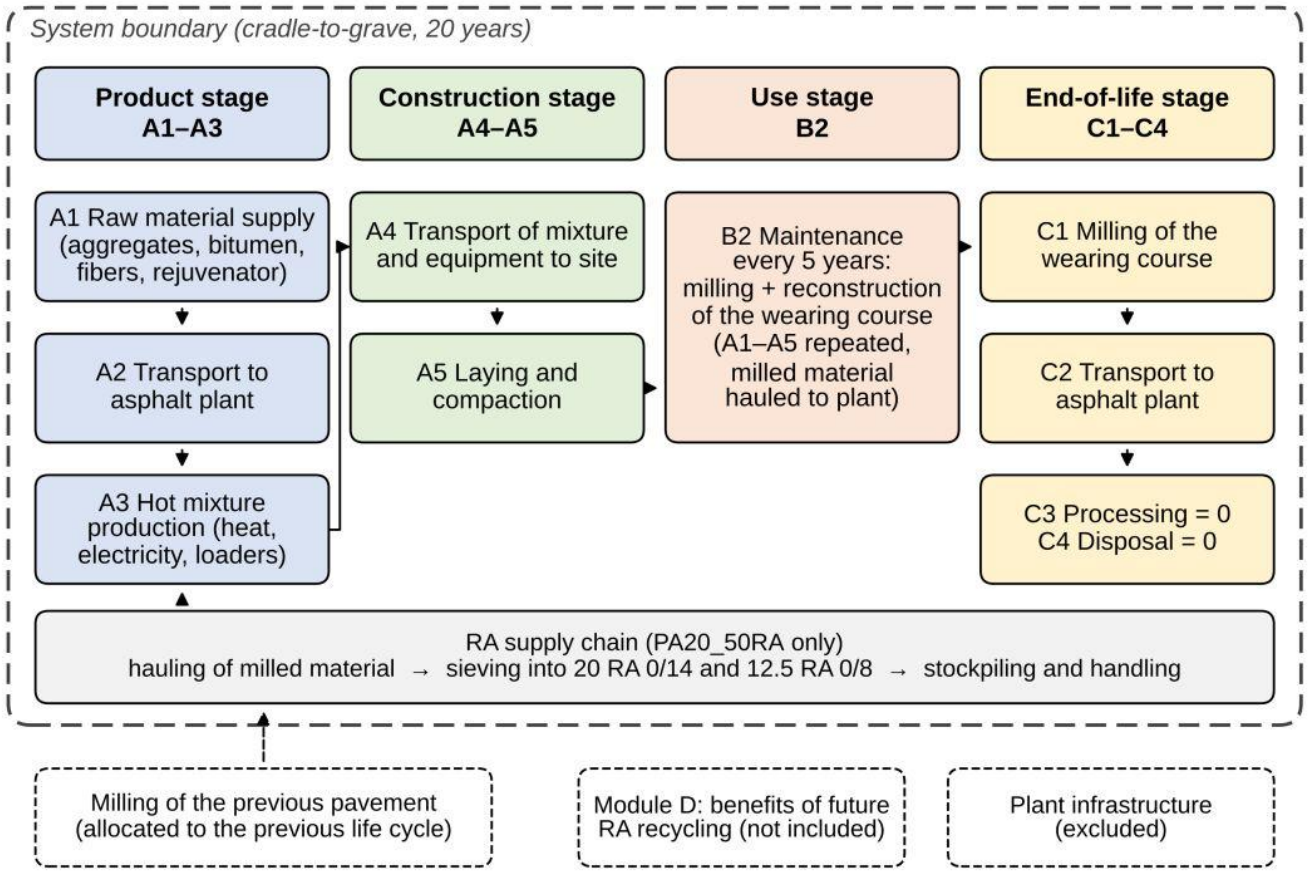

| Miscela | Ci | k |
|---|---|---|
| PA20_V | 0,040 | 0,593 |
| PA20_50RA | 0,042 | 0,585 |

Ci: vuoti iniziali della curva di compattazione · k: pendenza. Valori quasi coincidenti: il RA non cambia la lavorabilità della miscela.

**DATO DI PROGETTO** **–0,8 / –1,0 punti di vuoti: scheletro un po' più denso, sempre nel campo del drenante (18–25%).**

*Volumetria EN 12697-6 / EN 12697-8 · compattazione EN 12697-31 / EN 12697-33*

# Dalla culla alla tomba: 1 m² di drenante in servizio per 20 anni




| Impostazione | |
|---|---|
| **Unità funzionale** | 1 m² di usura drenante, 5 cm |
| **Periodo di analisi** | 20 anni |
| **Manutenzione B2** | **fresatura e rifacimento ogni 5 anni: 3 interventi (anni 5, 10, 15)** |
| **Fine vita C1–C4** | fresatura e trasporto all'impianto, 100% riciclabile |
| **RA** | end-of-waste, nessun carico dalla vita precedente |
| **Esclusi** | modulo D, infrastruttura d'impianto, effetti sul consumo dei veicoli |
| **Metodo** | EN 15804+ A2, GWP-total 100 anni · openLCA, ecoinvent 3.12 |

*EN ISO 14040/14044*