



AMPLIA INFRASTRUCTURES S.p.A.



DICHIARAZIONE AMBIENTALE DI PRODOTTO

Conglomerati bituminosi tiepidi

Base R=30%; Drenante R=25%; Drenante R=35%;
Drenante R=40%; Drenante R=45%

Località Campitelli s.n.c. - 02046

Magliano Sabina (RI), Italy

In conformità alla ISO 14025 e EN 15804+A2:2019

Program Operator	EPDIItaly
Publisher	EPDIItaly

Numero della Dichiarazione	12EPDCBTIEPIDO01
Numero di Registrazione	EPDITALY0618

Data di rilascio	10 / 07 / 2024
Valida fino a	10 / 01 / 2026



INFORMAZIONI GENERALI

EPD OWNER

Nome della società	AMPLIA INFRASTRUCTURES S.p.A.
Sede legale	Via Giulio Vincenzo Bona 95/101 - 00156 Roma (RM) Italia
Contatti per informazioni sull'EPD	Dott. Matteo Domenico Recine, Responsabile Sustainability, Innovation and Lean Transformation e SA8000 matteo.domenico.recine@ampliaspa.it

PROGRAM OPERATOR

EPDIItaly	Via Gaetano De Castillia n° 10 - 20124 Milano, Italy
-----------	--

INFORMAZIONI SULL'EPD

Nome prodotto/i	Conglomerati bituminosi tiepidi
Sito/i	Località Campitelli s.n.c. - 02046 Magliano Sabina (RI), Italy
Descrizione sintetica e informazioni tecniche del prodotto/i	Miscela bituminosa basata su materiali rocciosi naturali e artificiali e bitume, asfalto naturale o sostanze simili come legante
Campo di applicazione del prodotto/i	Conglomerati bituminosi tiepidi
Norme di riferimento del prodotto/i (se presenti)	-
CPC Code (numero) https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ	Gruppo 379 Classe 3794 Sotto-classe 37940

INFORMAZIONI SULLA VERIFICA

PCR (titolo, versione, data di pubblicazione o aggiornamento)	PCR per i prodotti da costruzione: ICMQ-001/15 rev. 3 (02/12/2019) EN 15804:2012+A2:2019
Regolamento EPDIItaly (versione, data di pubblicazione o aggiornamento)	Regolamento del Programma EPDIItaly rev. 6 del 30/10/2023 UNI EN ISO 14025:2010
Project Report LCA	AMPLIA - Report LCA dei conglomerati bituminosi caldi e tiepidi (08/07/2024)
Statement Verifica Indipendente	La revisione della PCR è stata eseguita da ICMQ – info@epditaly.it. Verifica indipendente della dichiarazione e dei dati svolta secondo ISO 14025:2010. <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Esterna Verifica di terza parte eseguita da: ICMQ S.p.A., via Gaetano De Castillia n° 10 - 20124 Milano, Italia. Accreditato da Accredia.
Statement Comparabilità	Dichiarazioni ambientali pubblicate all'interno della stessa categoria di prodotto, ma provenienti da programmi differenti, potrebbero non essere confrontabili. In particolare, EPD di prodotti da costruzione possono non essere confrontabili se non conformi alla EN 15804:2012+A2:2019.
Statement Responsabilità	L'EPD Owner solleva EPDIItaly da qualunque inosservanza della legislazione ambientale. Il titolare

della dichiarazione sarà responsabile per le informazioni e gli elementi di prova giustificativi. EPDIItaly declina ogni responsabilità riguardo alle informazioni, ai dati e ai risultati forniti dall'EPD Owner per la valutazione del ciclo di vita.

ULTERIORI INFORMAZIONI

Supporto tecnico	Capgemini Engineering Via di Torre Spaccata 140 – 00173 Roma
Note	EPD a base dati limitata

LA SOCIETÀ

AMPLIA Infrastructures è uno dei player di riferimento nel panorama delle costruzioni e opera sul territorio nazionale da oltre 50 anni nella costruzione, manutenzione, ripristino e ammodernamento di strade, autostrade, ponti, viadotti, gallerie, aree di servizio.

L'esperienza maturata permette all'azienda di riuscire a soddisfare ogni tipologia di ordine, dal più semplice al più complesso. Il team di AMPLIA Infrastructures affianca e supporta i clienti nei progetti di rifacimento e stesa di conglomerati bituminosi, ed è sempre attivo sul fronte della ricerca e sviluppo, anche collaborando con università e partner tecnici e aggiornato sulle nuove normative e tecnologie.

AMPLIA Infrastructures, in accordo con le politiche di sostenibilità, ha intrapreso uno studio LCA in riferimento a cinque conglomerati bituminosi tiepidi: base con contenuto recuperato pari al 30% (granulato), drenante con contenuto riciclato pari al 25% (basalto da ballast ferroviario), drenante con contenuto recuperato e riciclato pari al 35% (recuperato: 15% granulato e riciclato: 20% basalto da ballast ferroviario), drenante con contenuto recuperato e riciclato pari al 40% (recuperato: 20% granulato e riciclato: 20% basalto da ballast ferroviario) e drenante con contenuto recuperato e riciclato pari al 45% (recuperato: 25% granulato e riciclato: 20% basalto da ballast ferroviario). Queste cinque miscele rispondono alla necessità di servire i clienti in modo mirato e specifico, offrendo loro esattamente il prodotto e il servizio di cui hanno necessità.

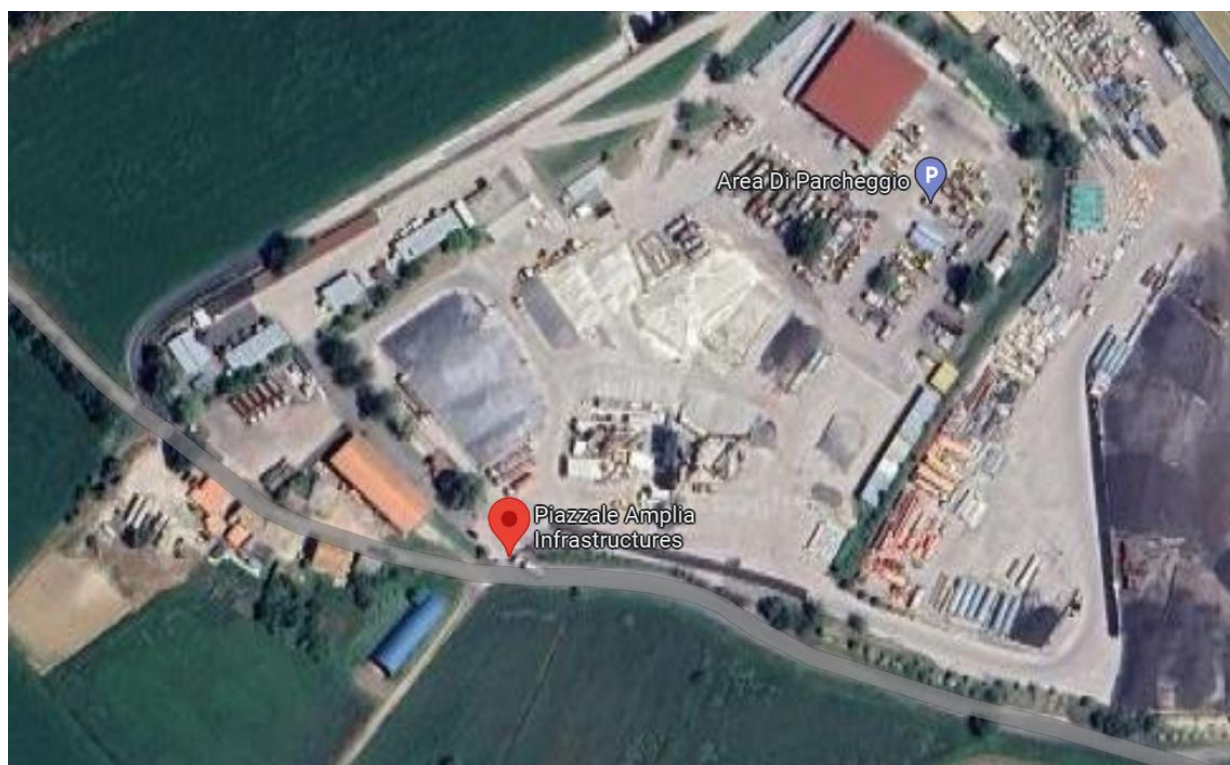


Figura 1: Impianto di Magliano Sabina (RI).

OBIETTIVO E SCOPO DELL'EPD

La presente Dichiarazione Ambientale di Prodotto è relativa a 1 tonnellata (ton) di conglomerato bituminoso tiepido realizzato da AMPLIA Infrastructures S.p.A. nell'impianto di Magliano Sabina (RI).

Le fasi del ciclo di vita incluse nello studio sono schematicamente rappresentate in Tabella 1. L'approccio seguito tiene conto del ciclo di vita dei prodotti analizzati "from cradle to gate with options", ossia includendo i moduli C1-C4 e il modulo D (quindi: da A1 ad A5, da C1 a C4 e D), partendo cioè dalle materie prime (estrazione e trasporto), alla produzione dei conglomerati bituminosi, la distribuzione, la stesa, la fresatura, il trasporto e il trattamento del rifiuto, fino alla fase di potenziali benefici ambientali dal riciclo del rifiuto.

Il software di calcolo adottato nello studio è il SimaPro 9.5, fornito da PRÉ Consultants. La banca dati del presente modello è stata implementata dal database Ecoinvent 3.9.1, che ha fornito tutti i dati relativi alla produzione dei materiali, dei combustibili e dell'energia elettrica, ai trasporti, alla combustione dei combustibili e ai processi di smaltimento del rifiuto.

SOFTWARE: SimaPro 9.5.0.0

DATABASE: Ecoinvent 3.9.1

VALIDITÀ GEOGRAFICA DELL'EPD: Italia

TIPO DI EPD: EPD specifica di prodotto

IL PRODOTTO

Conglomerati bituminosi tiepidi

Il conglomerato bituminoso viene definito dalla norma UNI EN 13108-1 come una "Miscela omogenea tipicamente composta da aggregati fini e grossi, filler e legante bituminoso che è utilizzata nella costruzione di una pavimentazione". Si tratta di un prodotto da costruzione da utilizzare nella realizzazione di pavimentazioni di strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico, tipicamente nei tre strati più superficiali che compongono la sovrastruttura.

I cinque conglomerati bituminosi tiepidi riportati nella presente dichiarazione sono differenti fra loro per composizione materica (fra calcare vergine, basalto vergine o riciclato, granulato, bitume vergine modificato con aggiunta di polimeri, fibre di cellulosa e additivo amminico) e per applicazione, in quanto il conglomerato bituminoso base è steso come strato più profondo e spesso e funge da appoggio strutturale, sopra il quale poggia il drenante con uno strato più sottile e con caratteristiche di maggior permeabilità e porosità affinché possa prevenire il fenomeno dell'acquaplaning e ridurre la rumorosità del traffico dei veicoli.

Ciò che accomuna i cinque conglomerati bituminosi tiepidi è la produzione appunto a tiepido, in quanto gli aggregati (calcare, basalto e granulato) umidi devono essere essiccati tramite calore veicolato da olio combustibile a basso tenore di zolfo (BTZ) e al tempo stesso il bitume modificato mantenuto in temperatura adatta alla lavorazione tramite calore veicolato da GPL. Il consumo di BTZ risulta inferiore nei conglomerati bituminosi tiepidi rispetto agli equivalenti caldi (di circa il 17%), in quanto tali conglomerati bituminosi tiepidi sono prodotti solamente durante il periodo estivo e quindi, grazie alle maggiori temperature, è necessaria una minore essiccazione degli aggregati, perché meno umidi.

I conglomerati bituminosi tiepidi permettono la circolazione in sicurezza dei veicoli urbani o extraurbani, in qualsiasi condizione meteorologica (come pioggia, ghiaccio o neve), tipologia di veicolo (come camion, automobile o motocicletta) o tasso di traffico (come stagionale, regolare, pesante, misto, ad alta o bassa velocità media).

La composizione dei prodotti, che rientrano all'interno della valutazione della presente EPD, al netto dell'umidità, è di seguito riportata.

Materia prima	Unità di misura	Base, R=30%	Drenante, R=25%	Drenante, R=35%	Drenante, R=40%	Drenante, R=45%
Calcare vergine (aggregati calcarei)	ton	0,668	0	0	0	0
Calcare vergine (filler calcareo)	ton	0,010	0,038	0,038	0,029	0,029
Basalto vergine (aggregati basaltici)	ton	0	0,674	0,581	0,544	0,497
Basalto riciclato	ton	0	0,237	0,190	0,191	0,191
Granulato recuperato	ton	0,291	0	0,143	0,191	0,239
Bitume modificato vergine	ton	0,031	0,048	0,045	0,043	0,042
Additivo (ammina)	ton	0,00021	0,00024	0,00025	0,00025	0,00026
Fibre (cellulosa/miste)	ton	0	0,003	0,003	0,003	0,003
TOTALE SECCO	ton	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabella 1: Composizione secca dei conglomerati bituminosi tiepidi.

I consumi che caratterizzano la produzione dei conglomerati bituminosi caldi sono:

- L'olio combustibile a basso tenore di zolfo (BTZ): 7,55 kg/ton aggregato;
- Il GPL: 34,5 kg/ton bitume.

PRODUZIONE

Le materie prime vengono trasportate dal fornitore all'impianto produttivo di Magliano Sabina (RI). Il bitume, tramite l'aggiunta di un polimero e uno stabilizzante e l'uso di energia elettrica, viene modificato per conferirgli maggiori proprietà elastiche e meccaniche e mantenuto caldo tramite GPL.

Gli aggregati (calcare, basalto e granulato), selezionati e pesati in base alla tipologia di conglomerato bituminoso che è necessario produrre, sono poi essiccati e portati a temperatura tramite BTZ e amalgamati con il bitume modificato, le fibre e gli additivi tramite energia elettrica. Il processo di essiccazione produce emissioni in atmosfera. I rifiuti generati nello stabilimento sono trasportati e smaltiti in appositi centri di trattamento.

Di seguito si riporta il diagramma a blocchi della produzione del conglomerato bituminoso tiepido.

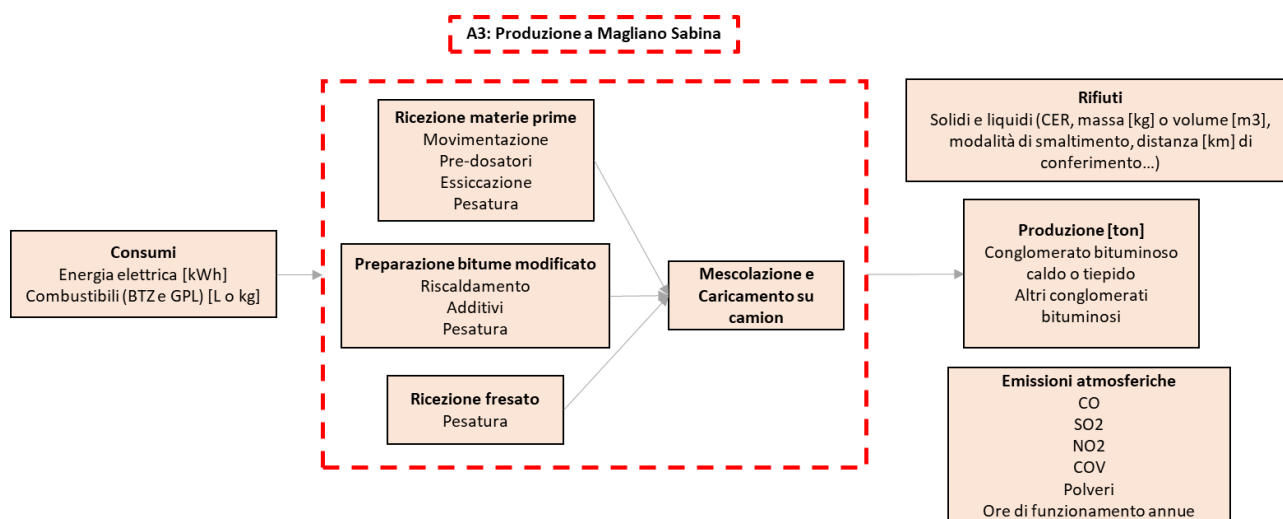


Figura 2: Schema della produzione di un conglomerato bituminoso tiepido prodotto da AMPLIA Infrastructures S.p.A.

Il fattore di emissione per il Global Warming Potential – total dell'energia elettrica consumata corrisponde al mix residuale italiano a media tensione ed è pari a 0,610 kg CO₂ eq./kWh, ottenuto dal dataset Ecoinvent 3.9.1 "Electricity, medium voltage {IT} | electricity, medium voltage, residual mix | Cut-off, U" escludendo le infrastrutture.

UNITÀ DICHIARATA

L'unità dichiarata (UD) per la seguente EPD è pari a 1 tonnellata (ton) di conglomerato bituminoso tiepido, prodotto nello stabilimento di AMPLIA Infrastructures S.p.A. situato a Magliano Sabina (RI), seguendo un approccio "from cradle to gate with options". I dati impiegati per la valutazione dei prodotti sono stati determinati in base ai quantitativi delle materie prime utilizzate dall'azienda per la realizzazione dei prodotti. In base a tale impostazione seguita per la definizione del prodotto analizzato, i dati impiegati sono riportati senza un range di variazione.

PERIODO DI ESAME

I dati primari raccolti nell'ambito del presente studio si riferiscono al periodo incluso fra il 1° Giugno e il 30 Settembre 2023.

La base di dati utilizzata è considerata rappresentativa sulla base dell'analisi di rappresentatività effettuata rispetto ai dati di prodotti di altre miscele realizzate da Amplia Infrastructures negli anni precedenti.

CONFINI DEL SISTEMA

Di seguito si riporta una tabella con l'evidenza delle fasi del ciclo vita considerate e un diagramma a blocchi del ciclo vita del conglomerato bituminoso tiepido.

FASE DI PRODUZIONE			FASE DI COSTRUZIONE		FASE DI UTILIZZO							FASE DI FINE VITA				FASE DI RECUPERO DELLE RISORSE
Estrazione materie prime	Trasporto materie prime dal fornitore	Produzione	Distribuzione	Stesa	Utilizzo	Manutenzione	Riparazione	Sostituzione	Ristrutturazione	Consumo di energia durante l' utilizzo	Consumo di acqua durante l' utilizzo	Smantellamento o fresatura	Trasporto a smaltimento	Trattamento dei rifiuti	Smaltimento dei rifiuti	Potenziale di riciclo, riuso e recupero di energia
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	X	MN D	MN D	MN D	MN D	MN D	MN D	MN D	X	X	X	X	X

Quando un modulo viene considerato nell'analisi nell'ultima riga viene contrassegnato con una "X".

Quando un modulo non è contabilizzato nell'ultima riga è contrassegnato con "MND", cioè non dichiarato.

Quando un modulo non è rilevante per le prestazioni ambientali nell'ultima riga viene contrassegnato con "NR", non rilevante.

Tabella 2: Confini del sistema di "una tonnellata di conglomerato bituminoso tiepido" (da EN 15804+A2).

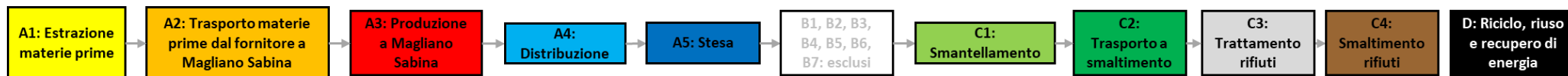


Figura 3: Schema del ciclo vita di un conglomerato bituminoso tiepido.

All'interno del ciclo di vita del conglomerato bituminoso tiepido sono inclusi i seguenti processi:

- A1) Estrazione delle materie prime:
 - Estrazione e trasformazione di materie prime e packaging primario, processi di riciclo di materiali secondari da un precedente sistema di prodotti, ma non compresi quelli che fanno parte dei rifiuti;
 - Generazione di energia elettrica e calore proveniente da risorse energetiche primarie, inclusa la loro estrazione, raffinazione e trasporto.

È stato considerato il packaging primario delle materie prime, mentre è stato escluso il packaging secondario e terziario come riportato nei criteri di cut-off, meglio dettagliati in seguito.

- A2) Trasporto delle materie prime dal fornitore:
 - Trasporto delle materie prime tramite camion e la movimentazione terre tramite pala;
- A3) Produzione:
 - Consumi per l'essiccazione degli aggregati umidi tramite BTZ, mantenimento in temperatura del bitume tramite GPL, modifica del bitume e miscelazione tramite energia elettrica, caricamento sul camion per la distribuzione;
 - Emissioni in atmosfera generate dal processo produttivo;
 - Rifiuti solidi e liquidi generati dal processo produttivo.
- A4) Distribuzione:
 - Trasporto del prodotto tramite camion a 40 km.
- A5) Stesa:
 - Consumo di gasolio per la stesa tramite macchinari.
- C1) Smantellamento o fresatura:
 - Consumo di gasolio per la fresatura tramite macchinari.
- C2) Trasporto a smaltimento:
 - Ritorno della frazione (34%) di rifiuto a Magliano Sabina tramite camion a 40 km;
 - Trasporto della frazione (66%) di rifiuto a riciclo esterno tramite camion a 100 km o a 60 km (se spedito direttamente dal luogo di fresatura).
- C3) Trattamento dei rifiuti:
 - Trattamento della frazione (21%) di rifiuto a recupero interno, che avviene tramite frantumazione e vagliatura meccanica (che consumano gasolio) ed eventuale consumo di BTZ per l'essiccazione del fresato se eccessivamente umido;
 - Trattamento della frazione (79%) di rifiuto a riciclo esterno (ipotizzata solo frantumazione all'interno dei confini del sistema prodotto, tramite dataset).
- C4) Smaltimento dei rifiuti:
 - Poiché il conglomerato bituminoso è recuperato o riciclato interamente nella fase C3, tale fase del ciclo vita non presenta input o output.
- D) Potenziale di riciclo, riuso e recupero di energia

Si considerano inoltre i benefici ambientali derivanti dal riutilizzo del conglomerato bituminoso recuperato, affinché si eviti l'estrazione di aggregati vergini (aggregato calcareo, filler calcareo, basalto e bitume modificato).

CRITERIO DI CUT-OFF

Sono stati esclusi i packaging secondario e terziario delle sole materie prime imballate nel trasporto: i polimeri aggiunti al bitume per la sua modifica e l'additivo amminico al conglomerato. Le altre materie prime (calcare, basalto e bitume) sono fornite sfuse. La decisione di cut-off sul packaging secondario e terziario è dovuta a due fattori: il primo è che tali packaging sono riutilizzati, il secondo è che le masse impiegate delle due materie prime a cui fanno riferimento (i polimeri e l'additivo amminico) sono molto ridotte come massa all'interno di 1 tonnellata di conglomerato bituminoso tiepido.

METODO DI ALLOCAZIONE

In questo studio si è cercato di ripartire i dati in ingresso e in uscita mantenendo il principio di allocazione sulla massa.

Nello specifico l'allocazione sulla massa è stata applicata per i consumi elettrici, di BTZ e GPL, per i rifiuti e le emissioni atmosferiche al camino generati nella produzione.

QUALITÀ DEI DATI

Per questo studio LCA sono stati utilizzati dati primari per le masse delle materie prime che compongono i conglomerati bituminosi caldi in A1, per i processi appartenenti alle fasi del ciclo vita sotto il controllo diretto o indiretto aziendale, quali A2, A3, A4, A5, C1, C2 e C3.

Sono stati invece usati dati secondari per i processi appartenenti alla fase del ciclo vita che non è sotto il controllo diretto o indiretto dell'azienda, quale D, per la quale sono stati scelti dati secondari e dataset che fossero rappresentativi dell'area geografica e della tecnologia, recenti e il più possibile precisi.

Nelle fasi C3 e A3, rispettivamente per il riciclo esterno del conglomerato bituminoso e per lo smaltimento dei rifiuti di produzione, sono state fatte delle ipotesi (dataset).

IMPATTI AMBIENTALI

Le seguenti Tabelle mostrano gli impatti ambientali per i cinque conglomerati bituminosi tiepidi, considerati secondo la metodologia "EN 15804+A2": nella colonna "Totale" sono cumulate le fasi del ciclo vita da A1 a C4, esclusa la fase D.

Gli indicatori addizionali previsti dalla EN15804+A2 sono stati calcolati nel report LCA, ma non sono riportati nella presente EPD.

I risultati delle seguenti categorie d'impatto ambientale devono essere usati con cautela a causa dell'incertezza elevata e dell'esperienza limitata dei rispettivi indicatori:

- Abiotic Depletion Potential for minerals and metals [kg Sb eq.];
- Abiotic Depletion Potential for fossil resources [MJ];
- Water Deprivation Potential [m³ prelevati].

CONGLOMERATO BITUMINOSO TIEPIDO, BASE, R=30%

Risultati per 1 tonnellata (ton) di prodotto

Indicatore di impatto ambientale	U.M.	Modulo upstream	Modulo core		Modulo downstream						TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
Global Warming Potential – total	kg CO ₂ eq.	22,15	7,47	19,73	6,04	1,70	1,50	10,58	0,22	0	69,38	-2,70
Global Warming Potential – fossil	kg CO ₂ eq.	22,02	7,46	19,73	6,04	1,70	1,50	10,57	0,21	0	69,23	-2,69
Global Warming Potential – biogenic	kg CO ₂ eq.	0,128	2,25*10 ⁻³	1,39*10 ⁻³	1,83*10 ⁻³	4,90*10 ⁻⁴	4,33*10 ⁻⁴	3,19*10 ⁻³	1,31*10 ⁻²	0	0,15	-1,45*10 ⁻²
Global Warming Potential – land use and land use change	kg CO ₂ eq.	1,51*10 ⁻³	1,46*10 ⁻⁴	1,25*10 ⁻⁶	1,18*10 ⁻⁴	3,34*10 ⁻⁵	2,95*10 ⁻⁵	2,07*10 ⁻⁴	5,69*10 ⁻⁵	0	2,10*10⁻³	-3,65*10 ⁻⁴
Ozone Depletion Potential	kg CFC11 eq.	6,51*10 ⁻⁷	1,61*10 ⁻⁷	9,49*10 ⁻¹¹	1,31*10 ⁻⁷	3,59*10 ⁻⁸	3,17*10 ⁻⁸	2,28*10 ⁻⁷	4,30*10 ⁻⁹	0	1,24*10⁻⁶	-2,42*10 ⁻⁸
Acidification Potential	mol H ⁺ eq.	0,171	1,67*10 ⁻²	9,42*10 ⁻³	1,17*10 ⁻²	1,45*10 ⁻²	1,28*10 ⁻²	2,05*10 ⁻²	1,33*10 ⁻³	0	0,258	-4,60*10 ⁻²
Eutrophication Potential, fresh water	kg P eq.	1,21*10 ⁻³	5,09*10 ⁻⁵	1,37*10 ⁻⁵	4,12*10 ⁻⁵	1,16*10 ⁻⁵	1,03*10 ⁻⁵	7,21*10 ⁻⁵	1,24*10 ⁻⁵	0	1,42*10⁻³	-5,93*10 ⁻⁵
Eutrophication Potential, marine	kg N eq.	4,10*10 ⁻²	6,13*10 ⁻³	1,38*10 ⁻²	4,05*10 ⁻³	6,80*10 ⁻³	6,01*10 ⁻³	7,09*10 ⁻³	5,18*10 ⁻⁴	0	8,54*10⁻²	-1,54*10 ⁻²
Eutrophication Potential, terrestrial	mol N eq.	0,460	6,42*10 ⁻²	5,48*10 ⁻²	4,20*10 ⁻²	7,39*10 ⁻²	6,53*10 ⁻²	7,35*10 ⁻²	5,64*10 ⁻³	0	0,839	-0,209
Photochemical Ozone Creation Potential	kg NMVOC eq.	0,164	2,76*10 ⁻²	4,33*10 ⁻²	1,99*10 ⁻²	2,10*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	3,48*10 ⁻²	1,78*10 ⁻³	0	0,331	-4,87*10 ⁻²
Abiotic Depletion Potential for minerals and metals	kg Sb eq.	8,89*10 ⁻⁷	2,56*10 ⁻⁷	1,06*10 ⁻⁹	2,08*10 ⁻⁷	5,63*10 ⁻⁸	4,97*10 ⁻⁸	3,63*10 ⁻⁷	5,18*10 ⁻⁹	0	1,83*10⁻⁶	-3,30*10 ⁻⁷
Abiotic Depletion Potential for fossil resources	MJ	1.885	99	0,025	80	22	19	141	3	0	2.249	-336
Water Deprivation Potential	m ³ prelevati	15,18	9,05*10 ⁻²	-0,007	7,35*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	1,65*10 ⁻²	0,129	1,99	0	17,49	-2,01

Tabella 3: Impatti ambientali per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, base, R=30%.

Consumo di energia, risorse, acqua e combustibili	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream						TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D		
PERE – Energia rinnovabile primaria	MJ	6,79	0,26	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	9,50	-2,36	
PERM – Risorse rinnovabili primarie	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PERT – Energia e risorse rinnovabili primarie	MJ	7	0,261	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	9,50	-2,35	
PENRE – Energia non rinnovabile primaria	MJ	591	99	0,025	80	22	19	141	2,89	0	955	-46	
PENRM – Risorse non rinnovabili primarie	MJ	1.294	0	0	0	0	0	0	0	0	1.294	-293	
PENRT – Energia e risorse non rinnovabili primarie	MJ	1.885	99	0,025	80	22	19	141	2,89	0	2.249	-336	
SM – Materiale secondario	kg	291	0	0	0	0	0	0	0	0	291	0	
FW – Consumo netto di acqua dolce	m ³	0,385	4,13*10 ⁻³	-1,66*10 ⁻⁴	3,36*10 ⁻³	8,44*10 ⁻⁴	7,46*10 ⁻⁴	5,88*10 ⁻³	4,47*10 ⁻²	0	0,445	-6,06*10 ⁻²	
RSF – Combustibili secondari rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NRSF – Combustibili secondari non rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabella 4: Indicatori ambientali su energia, risorse, acqua e combustibili per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, base, R=30%.

Generazione di rifiuti, energia e contenuto biogenico	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
HWD - Smaltimento di rifiuti pericolosi	kg	3,04*10 ⁻³	7,10*10 ⁻⁴	0,120	5,76*10 ⁻⁴	1,56*10 ⁻⁴	1,38*10 ⁻⁴	1,01*10 ⁻³	2,08*10 ⁻⁴	0	0,126	-4,40*10 ⁻⁴
NHWD - Smaltimento di rifiuti non pericolosi	kg	8,34*10 ⁻²	4,82*10 ⁻³	1,19*10 ⁻²	3,92*10 ⁻³	9,97*10 ⁻⁴	8,81*10 ⁻⁴	6,85*10 ⁻³	5,41*10 ⁻⁴	0	0,113	-1,81*10 ⁻²
RWD – Smaltimento di rifiuti radioattivi	kg	1,96*10 ⁻⁴	8,51*10 ⁻⁶	1,90*10 ⁻⁸	6,89*10 ⁻⁶	1,93*10 ⁻⁶	1,71*10 ⁻⁶	1,21*10 ⁻⁵	3,12*10 ⁻⁶	0	2,31*10⁻⁴	-5,18*10 ⁻⁶
MFR – Materiale per il riciclo	kg	0	0	2,10*10 ⁻²	0	0	0	0	1.000	0	1.000	0
MER – Materiale per il recupero energetico	kg	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001	0
CRU – Componenti per il riuso	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EEE – Energia elettrica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EET – Energia termica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC prodotto – Contenuto di carbonio biogenico nel prodotto	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC packaging – Contenuto di carbonio biogenico nel packaging	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 5: Indicatori ambientali sui rifiuti generati, l'energia prodotta e il contenuto biogenico di prodotto e packaging per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, base, R=30%.

CONGLOMERATO BITUMINOSO TIEPIDO, DRENANTE, R=25%

Risultati per 1 tonnellata (ton) di prodotto

Indicatore di impatto ambientale	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
Global Warming Potential – total	kg CO ₂ eq.	37,57	11,58	28,05	6,04	1,70	1,50	10,58	0,22	0	97,23	-6,43
Global Warming Potential – fossil	kg CO ₂ eq.	37,15	11,57	28,05	6,04	1,70	1,50	10,57	0,21	0	96,78	-6,25
Global Warming Potential – biogenic	kg CO ₂ eq.	0,416	3,49*10 ⁻³	1,39*10 ⁻³	1,83*10 ⁻³	4,90*10 ⁻⁴	4,33*10 ⁻⁴	3,19*10 ⁻³	1,31*10 ⁻²	0	0,440	-0,183
Global Warming Potential – land use and land use change	kg CO ₂ eq.	8,63*10 ⁻³	2,27*10 ⁻⁴	1,25*10 ⁻⁶	1,18*10 ⁻⁴	3,34*10 ⁻⁵	2,95*10 ⁻⁵	2,07*10 ⁻⁴	5,69*10 ⁻⁵	0	9,31*10⁻³	-4,27*10 ⁻³
Ozone Depletion Potential	kg CFC11 eq.	1,03*10 ⁻⁶	2,50*10 ⁻⁷	9,49*10 ⁻¹¹	1,31*10 ⁻⁷	3,59*10 ⁻⁸	3,17*10 ⁻⁸	2,28*10 ⁻⁷	4,30*10 ⁻⁹	0	1,71*10⁻⁶	-8,31*10 ⁻⁸
Acidification Potential	mol H ⁺ eq.	0,291	2,46*10 ⁻²	9,73*10 ⁻³	1,17*10 ⁻²	1,45*10 ⁻²	1,28*10 ⁻²	2,05*10 ⁻²	1,33*10 ⁻³	0	0,386	-7,21*10 ⁻²
Eutrophication Potential, fresh water	kg P eq.	2,63*10 ⁻³	7,90*10 ⁻⁵	1,37*10 ⁻⁵	4,12*10 ⁻⁵	1,16*10 ⁻⁵	1,03*10 ⁻⁵	7,21*10 ⁻⁵	1,24*10 ⁻⁵	0	2,88*10⁻³	-3,01*10 ⁻⁴
Eutrophication Potential, marine	kg N eq.	7,21*10 ⁻²	8,89*10 ⁻³	1,40*10 ⁻²	4,05*10 ⁻³	6,80*10 ⁻³	6,01*10 ⁻³	7,09*10 ⁻³	5,18*10 ⁻⁴	0	0,119	-2,48*10 ⁻²
Eutrophication Potential, terrestrial	mol N eq.	0,791	9,28*10 ⁻²	5,65*10 ⁻²	4,20*10 ⁻²	7,39*10 ⁻²	6,53*10 ⁻²	7,35*10 ⁻²	5,64*10 ⁻³	0	1,201	-0,314
Photochemical Ozone Creation Potential	kg NMVOC eq.	0,281	4,11*10 ⁻²	4,50*10 ⁻²	1,99*10 ⁻²	2,10*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	3,48*10 ⁻²	1,78*10 ⁻³	0	0,463	-8,16*10 ⁻²
Abiotic Depletion Potential for minerals and metals	kg Sb eq.	5,15*10 ⁻⁴	3,97*10 ⁻⁷	1,06*10 ⁻⁹	2,08*10 ⁻⁷	5,63*10 ⁻⁸	4,97*10 ⁻⁸	3,63*10 ⁻⁷	5,18*10 ⁻⁹	0	5,17*10⁻⁴	-4,94*10 ⁻⁷
Abiotic Depletion Potential for fossil resources	MJ	2.916	154	0,025	80	22	19	141	3	0	3.335	-517
Water Deprivation Potential	m ³ prelevati	21,89	0,140	-0,007	7,35*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	1,65*10 ⁻²	0,129	1,99	0	24,25	-1,57

Tabella 6: Impatti ambientali per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=25%.

Consumo di energia, risorse, acqua e combustibili	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
PERE – Energia rinnovabile primaria	MJ	-6,71	0,40	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	-3,86	-7,05
PERM – Risorse rinnovabili primarie	MJ	25	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0
PERT – Energia e risorse rinnovabili primarie	MJ	19	0,404	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	21,49	-7,05
PENRE – Energia non rinnovabile primaria	MJ	929	154	0,025	80	22	19	141	2,89	0	1.348	-98
PENRM – Risorse non rinnovabili primarie	MJ	1.987	0	0	0	0	0	0	0	0	1.987	-419
PENRT – Energia e risorse non rinnovabili primarie	MJ	2.916	154	0,025	80	22	19	141	2,89	0	3.335	-517
SM – Materiale secondario	kg	237	0	0	0	0	0	0	0	0	237	0
FW – Consumo netto di acqua dolce	m ³	0,547	6,41*10 ⁻³	-1,66*10 ⁻⁴	3,36*10 ⁻³	8,44*10 ⁻⁴	7,46*10 ⁻⁴	5,88*10 ⁻³	4,47*10 ⁻²	0	0,609	-4,27*10 ⁻²
RSF – Combustibili secondari rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRSF – Combustibili secondari non rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 7: Indicatori ambientali su energia, risorse, acqua e combustibili per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=25%.

Generazione di rifiuti, energia e contenuto biogenico	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
HWD - Smaltimento di rifiuti pericolosi	kg	1,15*10 ⁻²	1,10*10 ⁻³	0,120	5,76*10 ⁻⁴	1,56*10 ⁻⁴	1,38*10 ⁻⁴	1,01*10 ⁻³	2,08*10 ⁻⁴	0	0,135	-4,77*10 ⁻³
NHWD - Smaltimento di rifiuti non pericolosi	kg	0,446	7,48*10 ⁻³	1,19*10 ⁻²	3,92*10 ⁻³	9,97*10 ⁻⁴	8,81*10 ⁻⁴	6,85*10 ⁻³	5,41*10 ⁻⁴	0	0,479	-6,01*10 ⁻²
RWD – Smaltimento di rifiuti radioattivi	kg	4,39*10 ⁻⁴	1,32*10 ⁻⁵	1,90*10 ⁻⁸	6,89*10 ⁻⁶	1,93*10 ⁻⁶	1,71*10 ⁻⁶	1,21*10 ⁻⁵	3,12*10 ⁻⁶	0	4,78*10⁻⁴	-5,98*10 ⁻⁵
MFR – Materiale per il riciclo	kg	0	0	2,10*10 ⁻²	0	0	0	0	1.000	0	1.000	0
MER – Materiale per il recupero energetico	kg	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001	0
CRU – Componenti per il riuso	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EEE – Energia elettrica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EET – Energia termica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC prodotto – Contenuto di carbonio biogenico nel prodotto	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC packaging – Contenuto di carbonio biogenico nel packaging	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 8: Indicatori ambientali sui rifiuti generati, l'energia prodotta e il contenuto biogenico di prodotto e packaging per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=25%.

CONGLOMERATO BITUMINOSO TIEPIDO, DRENANTE, R=35%

Risultati per 1 tonnellata (ton) di prodotto

Indicatore di impatto ambientale	U.M.	Modulo upstream	Modulo core		Modulo downstream						TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
Global Warming Potential – total	kg CO ₂ eq.	34,76	10,14	24,31	6,04	1,70	1,50	10,58	0,22	0	89,24	-5,78
Global Warming Potential – fossil	kg CO ₂ eq.	34,37	10,14	24,31	6,04	1,70	1,50	10,57	0,21	0	88,83	-5,62
Global Warming Potential – biogenic	kg CO ₂ eq.	0,380	3,06*10 ⁻³	1,39*10 ⁻³	1,83*10 ⁻³	4,90*10 ⁻⁴	4,33*10 ⁻⁴	3,19*10 ⁻³	1,31*10 ⁻²	0	0,404	-0,158
Global Warming Potential – land use and land use change	kg CO ₂ eq.	7,83*10 ⁻³	1,99*10 ⁻⁴	1,25*10 ⁻⁶	1,18*10 ⁻⁴	3,34*10 ⁻⁵	2,95*10 ⁻⁵	2,07*10 ⁻⁴	5,69*10 ⁻⁵	0	8,47*10⁻³	-3,68*10 ⁻³
Ozone Depletion Potential	kg CFC11 eq.	9,18*10 ⁻⁷	2,19*10 ⁻⁷	9,49*10 ⁻¹¹	1,31*10 ⁻⁷	3,59*10 ⁻⁸	3,17*10 ⁻⁸	2,28*10 ⁻⁷	4,30*10 ⁻⁹	0	1,57*10⁻⁶	-7,19*10 ⁻⁸
Acidification Potential	mol H ⁺ eq.	0,267	2,19*10 ⁻²	9,67*10 ⁻³	1,17*10 ⁻²	1,45*10 ⁻²	1,28*10 ⁻²	2,05*10 ⁻²	1,33*10 ⁻³	0	0,360	-6,46*10 ⁻²
Eutrophication Potential, fresh water	kg P eq.	2,51*10 ⁻³	6,92*10 ⁻⁵	1,37*10 ⁻⁵	4,12*10 ⁻⁵	1,16*10 ⁻⁵	1,03*10 ⁻⁵	7,21*10 ⁻⁵	1,24*10 ⁻⁵	0	2,74*10⁻³	-2,60*10 ⁻⁴
Eutrophication Potential, marine	kg N eq.	6,55*10 ⁻²	7,92*10 ⁻³	1,39*10 ⁻²	4,05*10 ⁻³	6,80*10 ⁻³	6,01*10 ⁻³	7,09*10 ⁻³	5,18*10 ⁻⁴	0	0,112	-2,20*10 ⁻²
Eutrophication Potential, terrestrial	mol N eq.	0,715	8,28*10 ⁻²	5,62*10 ⁻²	4,20*10 ⁻²	7,39*10 ⁻²	6,53*10 ⁻²	7,35*10 ⁻²	5,64*10 ⁻³	0	1,115	-0,278
Photochemical Ozone Creation Potential	kg NMVOC eq.	0,253	3,64*10 ⁻²	4,46*10 ⁻²	1,99*10 ⁻²	2,10*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	3,48*10 ⁻²	1,78*10 ⁻³	0	0,430	-7,26*10 ⁻²
Abiotic Depletion Potential for minerals and metals	kg Sb eq.	4,91*10 ⁻⁴	3,48*10 ⁻⁷	1,06*10 ⁻⁹	2,08*10 ⁻⁷	5,63*10 ⁻⁸	4,97*10 ⁻⁸	3,63*10 ⁻⁷	5,18*10 ⁻⁹	0	4,92*10⁻⁴	-4,30*10 ⁻⁷
Abiotic Depletion Potential for fossil resources	MJ	2.704	135	0,025	80	22	19	141	3	0	3.104	-508
Water Deprivation Potential	m ³ prelevati	20,56	0,123	-0,007	7,35*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	1,65*10 ⁻²	0,129	1,99	0	22,91	-1,40

Tabella 9: Impatti ambientali per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=35%.

Consumo di energia, risorse, acqua e combustibili	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
PERE – Energia rinnovabile primaria	MJ	-7,18	0,35	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	-4,37	-6,11
PERM – Risorse rinnovabili primarie	MJ	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0
PERT – Energia e risorse rinnovabili primarie	MJ	17	0,354	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	19,79	-6,11
PENRE – Energia non rinnovabile primaria	MJ	843	135	0,025	80	22	19	141	2,89	0	1.243	-89
PENRM – Risorse non rinnovabili primarie	MJ	1.862	0	0	0	0	0	0	0	0	1.862	-419
PENRT – Energia e risorse non rinnovabili primarie	MJ	2.704	135	0,025	80	22	19	141	2,89	0	3.104	-508
SM – Materiale secondario	kg	333	0	0	0	0	0	0	0	0	333	0
FW – Consumo netto di acqua dolce	m ³	0,513	5,62*10 ⁻³	-1,66*10 ⁻⁴	3,36*10 ⁻³	8,44*10 ⁻⁴	7,46*10 ⁻⁴	5,88*10 ⁻³	4,47*10 ⁻²	0	0,574	-3,81*10 ⁻²
RSF – Combustibili secondari rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRSF – Combustibili secondari non rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 10: Indicatori ambientali su energia, risorse, acqua e combustibili per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=35%.

Generazione di rifiuti, energia e contenuto biogenico	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
HWD - Smaltimento di rifiuti pericolosi	kg	1,04*10 ⁻²	9,65*10 ⁻⁴	0,120	5,76*10 ⁻⁴	1,56*10 ⁻⁴	1,38*10 ⁻⁴	1,01*10 ⁻³	2,08*10 ⁻⁴	0	0,134	-4,11*10 ⁻³
NHWD - Smaltimento di rifiuti non pericolosi	kg	0,422	6,55*10 ⁻³	1,19*10 ⁻²	3,92*10 ⁻³	9,97*10 ⁻⁴	8,81*10 ⁻⁴	6,85*10 ⁻³	5,41*10 ⁻⁴	0	0,453	-5,20*10 ⁻²
RWD – Smaltimento di rifiuti radioattivi	kg	4,17*10 ⁻⁴	1,16*10 ⁻⁵	1,90*10 ⁻⁸	6,89*10 ⁻⁶	1,93*10 ⁻⁶	1,71*10 ⁻⁶	1,21*10 ⁻⁵	3,12*10 ⁻⁶	0	4,54*10⁻⁴	-5,16*10 ⁻⁵
MFR – Materiale per il riciclo	kg	0	0	2,10*10 ⁻²	0	0	0	0	1.000	0	1.000	0
MER – Materiale per il recupero energetico	kg	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001	0
CRU – Componenti per il riuso	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EEE – Energia elettrica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EET – Energia termica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC prodotto – Contenuto di carbonio biogenico nel prodotto	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC packaging – Contenuto di carbonio biogenico nel packaging	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 11: Indicatori ambientali sui rifiuti generati, l'energia prodotta e il contenuto biogenico di prodotto e packaging per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=35%.

CONGLOMERATO BITUMINOSO TIEPIDO, DRENANTE, R=40%

Risultati per 1 tonnellata (ton) di prodotto

Indicatore di impatto ambientale	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
Global Warming Potential – total	kg CO ₂ eq.	33,74	9,57	23,09	6,04	1,70	1,50	10,58	0,22	0	86,44	-5,34
Global Warming Potential – fossil	kg CO ₂ eq.	33,36	9,56	23,09	6,04	1,70	1,50	10,57	0,21	0	86,04	-5,19
Global Warming Potential – biogenic	kg CO ₂ eq.	0,370	2,89*10 ⁻³	1,39*10 ⁻³	1,83*10 ⁻³	4,90*10 ⁻⁴	4,33*10 ⁻⁴	3,19*10 ⁻³	1,31*10 ⁻²	0	0,393	-0,148
Global Warming Potential – land use and land use change	kg CO ₂ eq.	7,58*10 ⁻³	1,87*10 ⁻⁴	1,25*10 ⁻⁶	1,18*10 ⁻⁴	3,34*10 ⁻⁵	2,95*10 ⁻⁵	2,07*10 ⁻⁴	5,69*10 ⁻⁵	0	8,21*10⁻³	-3,45*10 ⁻³
Ozone Depletion Potential	kg CFC11 eq.	8,84*10 ⁻⁷	2,06*10 ⁻⁷	9,49*10 ⁻¹¹	1,31*10 ⁻⁷	3,59*10 ⁻⁸	3,17*10 ⁻⁸	2,28*10 ⁻⁷	4,30*10 ⁻⁹	0	1,52*10⁻⁶	-6,71*10 ⁻⁸
Acidification Potential	mol H ⁺ eq.	0,258	2,07*10 ⁻²	9,64*10 ⁻³	1,17*10 ⁻²	1,45*10 ⁻²	1,28*10 ⁻²	2,05*10 ⁻²	1,33*10 ⁻³	0	0,349	-5,96*10 ⁻²
Eutrophication Potential, fresh water	kg P eq.	2,49*10 ⁻³	6,53*10 ⁻⁵	1,37*10 ⁻⁵	4,12*10 ⁻⁵	1,16*10 ⁻⁵	1,03*10 ⁻⁵	7,21*10 ⁻⁵	1,24*10 ⁻⁵	0	2,71*10⁻³	-2,43*10 ⁻⁴
Eutrophication Potential, marine	kg N eq.	6,31*10 ⁻²	7,54*10 ⁻³	1,39*10 ⁻²	4,05*10 ⁻³	6,80*10 ⁻³	6,01*10 ⁻³	7,09*10 ⁻³	5,18*10 ⁻⁴	0	0,109	-2,04*10 ⁻²
Eutrophication Potential, terrestrial	mol N eq.	0,687	7,88*10 ⁻²	5,61*10 ⁻²	4,20*10 ⁻²	7,39*10 ⁻²	6,53*10 ⁻²	7,35*10 ⁻²	5,64*10 ⁻³	0	1,082	-0,258
Photochemical Ozone Creation Potential	kg NMVOC eq.	0,244	3,45*10 ⁻²	4,45*10 ⁻²	1,99*10 ⁻²	2,10*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	3,48*10 ⁻²	1,78*10 ⁻³	0	0,419	-6,71*10 ⁻²
Abiotic Depletion Potential for minerals and metals	kg Sb eq.	4,91*10 ⁻⁴	3,28*10 ⁻⁷	1,06*10 ⁻⁹	2,08*10 ⁻⁷	5,63*10 ⁻⁸	4,97*10 ⁻⁸	3,63*10 ⁻⁷	5,18*10 ⁻⁹	0	4,92*10⁻⁴	-3,99*10 ⁻⁷
Abiotic Depletion Potential for fossil resources	MJ	2.607	127	0,025	80	22	19	141	3	0	3.000	-459
Water Deprivation Potential	m ³ prelevati	19,89	0,116	-0,007	7,35*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	1,65*10 ⁻²	0,129	1,99	0	22,23	-1,29

Tabella 12: Impatti ambientali per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=40%.

Consumo di energia, risorse, acqua e combustibili	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
PERE – Energia rinnovabile primaria	MJ	-7,60	0,33	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	-4,82	-5,70
PERM – Risorse rinnovabili primarie	MJ	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0
PERT – Energia e risorse rinnovabili primarie	MJ	17	0,334	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	19,35	-5,70
PENRE – Energia non rinnovabile primaria	MJ	812	127	0,025	80	22	19	141	2,89	0	1.205	-82
PENRM – Risorse non rinnovabili primarie	MJ	1.795	0	0	0	0	0	0	0	0	1.795	-377
PENRT – Energia e risorse non rinnovabili primarie	MJ	2.607	127	0,025	80	22	19	141	2,89	0	3.000	-459
SM – Materiale secondario	kg	382	0	0	0	0	0	0	0	0	382	0
FW – Consumo netto di acqua dolce	m ³	0,497	5,30*10 ⁻³	-1,66*10 ⁻⁴	3,36*10 ⁻³	8,44*10 ⁻⁴	7,46*10 ⁻⁴	5,88*10 ⁻³	4,47*10 ⁻²	0	0,558	-3,50*10 ⁻²
RSF – Combustibili secondari rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRSF – Combustibili secondari non rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 13: Indicatori ambientali su energia, risorse, acqua e combustibili per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=40%.

Generazione di rifiuti, energia e contenuto biogenico	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
HWD - Smaltimento di rifiuti pericolosi	kg	1,00*10 ⁻²	9,10*10 ⁻⁴	0,120	5,76*10 ⁻⁴	1,56*10 ⁻⁴	1,38*10 ⁻⁴	1,01*10 ⁻³	2,08*10 ⁻⁴	0	0,133	-3,85*10 ⁻³
NHWD - Smaltimento di rifiuti non pericolosi	kg	0,418	6,18*10 ⁻³	1,19*10 ⁻²	3,92*10 ⁻³	9,97*10 ⁻⁴	8,81*10 ⁻⁴	6,85*10 ⁻³	5,41*10 ⁻⁴	0	0,449	-4,86*10 ⁻²
RWD – Smaltimento di rifiuti radioattivi	kg	4,12*10 ⁻⁴	1,09*10 ⁻⁵	1,90*10 ⁻⁸	6,89*10 ⁻⁶	1,93*10 ⁻⁶	1,71*10 ⁻⁶	1,21*10 ⁻⁵	3,12*10 ⁻⁶	0	4,48*10⁻⁴	-4,82*10 ⁻⁵
MFR – Materiale per il riciclo	kg	0	0	2,10*10 ⁻²	0	0	0	0	1.000	0	1.000	0
MER – Materiale per il recupero energetico	kg	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001	0
CRU – Componenti per il riuso	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EEE – Energia elettrica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EET – Energia termica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC prodotto – Contenuto di carbonio biogenico nel prodotto	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC packaging – Contenuto di carbonio biogenico nel packaging	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 14: Indicatori ambientali sui rifiuti generati, l'energia prodotta e il contenuto biogenico di prodotto e packaging per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=40%.

CONGLOMERATO BITUMINOSO TIEPIDO, DRENANTE, R=45%

Risultati per 1 tonnellata (ton) di prodotto

Indicatore di impatto ambientale	U.M.	Modulo upstream	Modulo core		Modulo downstream						TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
Global Warming Potential – total	kg CO ₂ eq.	32,88	9,04	21,82	6,04	1,70	1,50	10,58	0,22	0	83,78	-5,02
Global Warming Potential – fossil	kg CO ₂ eq.	32,51	9,04	21,82	6,04	1,70	1,50	10,57	0,21	0	83,39	-4,88
Global Warming Potential – biogenic	kg CO ₂ eq.	0,357	2,73*10 ⁻³	1,39*10 ⁻³	1,83*10 ⁻³	4,90*10 ⁻⁴	4,33*10 ⁻⁴	3,19*10 ⁻³	1,31*10 ⁻²	0	0,380	-0,135
Global Warming Potential – land use and land use change	kg CO ₂ eq.	7,27*10 ⁻³	1,77*10 ⁻⁴	1,25*10 ⁻⁶	1,18*10 ⁻⁴	3,34*10 ⁻⁵	2,95*10 ⁻⁵	2,07*10 ⁻⁴	5,69*10 ⁻⁵	0	7,90*10⁻³	-3,15*10 ⁻³
Ozone Depletion Potential	kg CFC11 eq.	8,50*10 ⁻⁷	1,95*10 ⁻⁷	9,49*10 ⁻¹¹	1,31*10 ⁻⁷	3,59*10 ⁻⁸	3,17*10 ⁻⁸	2,28*10 ⁻⁷	4,30*10 ⁻⁹	0	1,48*10⁻⁶	-6,15*10 ⁻⁸
Acidification Potential	mol H ⁺ eq.	0,250	1,97*10 ⁻²	9,62*10 ⁻³	1,17*10 ⁻²	1,45*10 ⁻²	1,28*10 ⁻²	2,05*10 ⁻²	1,33*10 ⁻³	0	0,340	-5,59*10 ⁻²
Eutrophication Potential, fresh water	kg P eq.	2,47*10 ⁻³	6,17*10 ⁻⁵	1,37*10 ⁻⁵	4,12*10 ⁻⁵	1,16*10 ⁻⁵	1,03*10 ⁻⁵	7,21*10 ⁻⁵	1,24*10 ⁻⁵	0	2,69*10⁻³	-2,23*10 ⁻⁴
Eutrophication Potential, marine	kg N eq.	6,09*10 ⁻²	7,18*10 ⁻³	1,39*10 ⁻²	4,05*10 ⁻³	6,80*10 ⁻³	6,01*10 ⁻³	7,09*10 ⁻³	5,18*10 ⁻⁴	0	0,107	-1,90*10 ⁻²
Eutrophication Potential, terrestrial	mol N eq.	0,660	7,51*10 ⁻²	5,59*10 ⁻²	4,20*10 ⁻²	7,39*10 ⁻²	6,53*10 ⁻²	7,35*10 ⁻²	5,64*10 ⁻³	0	1,052	-0,240
Photochemical Ozone Creation Potential	kg NMVOC eq.	0,234	3,28*10 ⁻²	4,44*10 ⁻²	1,99*10 ⁻²	2,10*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	3,48*10 ⁻²	1,78*10 ⁻³	0	0,408	-6,27*10 ⁻²
Abiotic Depletion Potential for minerals and metals	kg Sb eq.	4,93*10 ⁻⁴	3,10*10 ⁻⁷	1,06*10 ⁻⁹	2,08*10 ⁻⁷	5,63*10 ⁻⁸	4,97*10 ⁻⁸	3,63*10 ⁻⁷	5,18*10 ⁻⁹	0	4,94*10⁻⁴	-3,67*10 ⁻⁷
Abiotic Depletion Potential for fossil resources	MJ	2.538	120	0,025	80	22	19	141	3	0	2.923	-455
Water Deprivation Potential	m ³ prelevati	19,47	0,110	-0,007	7,35*10 ⁻²	1,86*10 ⁻²	1,65*10 ⁻²	0,129	1,99	0	21,80	-1,20

Tabella 15: Impatti ambientali per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=45%.

Consumo di energia, risorse, acqua e combustibili	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
PERE – Energia rinnovabile primaria	MJ	-8,17	0,32	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	-5,40	-5,22
PERM – Risorse rinnovabili primarie	MJ	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0
PERT – Energia e risorse rinnovabili primarie	MJ	16	0,316	1,91*10 ⁻³	0,211	5,80*10 ⁻²	5,13*10 ⁻²	0,370	1,75	0	18,85	-5,22
PENRE – Energia non rinnovabile primaria	MJ	785	120	0,025	80	22	19	141	2,89	0	1.170	-78
PENRM – Risorse non rinnovabili primarie	MJ	1.753	0	0	0	0	0	0	0	0	1.753	-377
PENRT – Energia e risorse non rinnovabili primarie	MJ	2.538	120	0,025	80	22	19	141	2,89	0	2.923	-455
SM – Materiale secondario	kg	430	0	0	0	0	0	0	0	0	430	0
FW – Consumo netto di acqua dolce	m ³	0,487	5,00*10 ⁻³	-1,66*10 ⁻⁴	3,36*10 ⁻³	8,44*10 ⁻⁴	7,46*10 ⁻⁴	5,88*10 ⁻³	4,47*10 ⁻²	0	0,547	-3,27*10 ⁻²
RSF – Combustibili secondari rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRSF – Combustibili secondari non rinnovabili	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 16: Indicatori ambientali su energia, risorse, acqua e combustibili per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=45%.

Generazione di rifiuti, energia e contenuto biogenico	U.M.	Modulo upstream	Modulo core			Modulo downstream					TOTALE	Modulo D
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4		D
HWD - Smaltimento di rifiuti pericolosi	kg	9,63*10 ⁻³	8,60*10 ⁻⁴	0,120	5,76*10 ⁻⁴	1,56*10 ⁻⁴	1,38*10 ⁻⁴	1,01*10 ⁻³	2,08*10 ⁻⁴	0	0,133	-3,52*10 ⁻³
NHWD - Smaltimento di rifiuti non pericolosi	kg	0,414	5,84*10 ⁻³	1,19*10 ⁻²	3,92*10 ⁻³	9,97*10 ⁻⁴	8,81*10 ⁻⁴	6,85*10 ⁻³	5,41*10 ⁻⁴	0	0,445	-4,45*10 ⁻²
RWD – Smaltimento di rifiuti radioattivi	kg	4,08*10 ⁻⁴	1,03*10 ⁻⁵	1,90*10 ⁻⁸	6,89*10 ⁻⁶	1,93*10 ⁻⁶	1,71*10 ⁻⁶	1,21*10 ⁻⁵	3,12*10 ⁻⁶	0	4,44*10⁻⁴	-4,41*10 ⁻⁵
MFR – Materiale per il riciclo	kg	0	0	2,10*10 ⁻²	0	0	0	0	1.000	0	1.000	0
MER – Materiale per il recupero energetico	kg	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0,001	0
CRU – Componenti per il riuso	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EEE – Energia elettrica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EET – Energia termica esportata	MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC prodotto – Contenuto di carbonio biogenico nel prodotto	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCC packaging – Contenuto di carbonio biogenico nel packaging	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 17: Indicatori ambientali sui rifiuti generati, l'energia prodotta e il contenuto biogenico di prodotto e packaging per 1 ton di conglomerato bituminoso tiepido, drenante, R=45%.

INFORMAZIONI AMBIENTALI AGGIUNTIVE

CONTENUTO DI RICICLATO

In questo capitolo si riportano le informazioni ambientali aggiuntive relative al contenuto riciclato stimato sulla massa secca del conglomerato bituminoso.

Il periodo di riferimento di raccolta dati dei cinque conglomerati bituminosi tiepidi analizzati è compreso fra il 1° Giugno e il 30 Settembre 2023.

Il metodo di calcolo del contenuto riciclato, riportato nella tabella seguente, è coerente con il “Regolamento particolare per la certificazione di prodotto relativa a prodotti per le costruzioni con percentuale dichiarata di materiale riciclato/recuperato/sottoprodotto” (CP DOC 262 rev. 2.2 del 14/8/2023, redatto da ICMQ).

Coefficiente	Unità di misura	Base, R=30%	Drenante, R=25%	Drenante, R=35%	Drenante, R=40%	Drenante, R=45%
Contenuto riciclato pre consumer	%	0	0	0	0	0
Contenuto riciclato post consumer (<i>basalto da ballast ferroviario</i>)	%	0	23,7	19,0	19,1	19,1
Contenuto recuperato (<i>granulato</i>)	%	29,1	0	14,3	19,1	23,9
Contenuto sottoprodotto	%	0	0	0	0	0
TOTALE	%	29,1	23,7	33,3	38,2	43,0

Tabella 18: Coefficienti di contenuto riciclato per 1 ton di ciascun conglomerato bituminoso analizzato.

CONTENUTO DI CARBONIO BIOGENICO

Secondo la EN 15804:2012+A2:2019 se la massa dei materiali contenenti carbonio biogenico è inferiore al 5% della massa del prodotto, la dichiarazione di contenuto di carbonio biogenico può essere omessa. Nel presente studio il contenuto di carbonio biogenico del prodotto finito è inferiore al 5% della massa del prodotto stesso, per cui viene omesso.

Secondo la EN 15804:2012+A2:2019 se la massa degli imballaggi contenenti carbonio biogenico è inferiore al 5% della massa dell'imballaggio, la dichiarazione di contenuto di carbonio biogenico può essere omessa. Nel presente studio il contenuto di carbonio biogenico dell'imballaggio è inferiore al 5% della massa del prodotto, per cui viene omesso.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELLO STUDIO LCA

Per quanto riguarda l'analisi degli impatti ambientali, relativamente al “Global Warming Potential – total” lo studio mostra che l'impatto climatico maggiore è dovuto alla fase di A1 Estrazione delle materie prime (38% in media), seguita dalla fase A3 Produzione (27% in media).

Tra le materie prime (fase A1), l'impatto climatico maggiore è dato dall'impiego del bitume vergine modificato (48% della fase A1 in media).

Fra i consumi di produzione (fase A3), l'impatto climatico maggiore è dato dall'impiego del BTZ (82% della fase A3 in media).

Confrontando i cicli vita dei cinque conglomerati bituminosi tiepidi analizzati, rispetto all'unità funzionale, per il “Global Warming Potential – total”, si osserva come il base, R=30% risulta a minor emissione di GHG (69,38 kg CO₂ eq.) e come, all'aumentare del contenuto recuperato fra i drenanti (dal 25% al 45%), l'emissione di gas climalteranti diminuisca di circa 13,5 kg CO₂ eq. (il 13,8%).

GLOSSARIO

Global Warming Potential – total = Potenziale di riscaldamento globale, totale;

Global Warming Potential – fossil = Potenziale di riscaldamento globale, combustibili fossili;

Global Warming Potential – biogenic = Potenziale di riscaldamento globale, biogenico;

Global Warming Potential – land use and land use change = Potenziale di riscaldamento globale, uso del suolo e cambiamento dell'uso del suolo;

Ozone Depletion Potential = Potenziale di esaurimento dell'ozono stratosferico;

Acidification Potential = Potenziale di acidificazione, superamento cumulativo;

Eutrophication Potential, fresh water = Potenziale di eutrofizzazione, frazione di nutrienti che raggiungono il compartimento finale dell'acqua dolce;

Eutrophication Potential, marine = Potenziale di eutrofizzazione, frazione di nutrienti che raggiungono il compartimento finale dell'acqua marina;

Eutrophication Potential, terrestrial = Potenziale di eutrofizzazione, frazione di nutrienti che raggiungono il compartimento finale del terreno;

Photochemical Ozone Creation Potential = Potenziale di formazione dell'ozono troposferico;

Abiotic Depletion Potential for minerals and metals = Potenziale di esaurimento abiotico per le risorse minerarie e metalliche;

Abiotic Depletion Potential for fossil resources = Potenziale di esaurimento abiotico per le risorse fossili;

Water Deprivation Potential = Potenziale di privazione dell'acqua (utilizzatore), consumo d'acqua ponderato in base alla privazione.

PERE = Uso di energia primaria rinnovabile escluse le risorse energetiche primarie rinnovabili usate come materie prime;

PERM = Uso di risorse energetiche primarie rinnovabili come materie prime;

PERT = Uso totale delle risorse energetiche primarie rinnovabili;

PENRE = Uso delle risorse energetiche primarie non rinnovabili escluse le risorse energetiche primarie non rinnovabili usate come materie prime;

PENRM = Uso di risorse energetiche primarie non rinnovabili come materie prime;

PENRT = Uso totale delle risorse energetiche primarie non rinnovabili;

SM = Uso di materie secondarie;

FW = Uso dell'acqua dolce.

HWD = Rifiuti pericolosi smaltiti;

NHWD = Rifiuti non pericolosi smaltiti;

RWD = Rifiuti radioattivi smaltiti;

MFR = Materiali per il riciclaggio;

MER = Materiali per il recupero energetico.

RIFERIMENTI

1. Regolamento del Programma EPDIItaly rev. 6 del 30/10/2023.
2. Regolamento particolare per la certificazione di prodotto relativa a prodotti per le costruzioni con percentuale dichiarata di materiale riciclato/recuperato/sottoprodotto (CP DOC 262 rev. 2.2 del 14/8/2023, ICMQ).
3. PCR per i prodotti da costruzione: ICMQ-001/15 rev. 3 (02/12/2019).
4. ISO 14020:2022 Environmental labels and declarations — General principles.
5. UNI EN ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures.
6. ISO 14040:2006/Amd 1:2020 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.
7. ISO 14044:2006/Amd 2:2020 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines.
8. EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021 Sustainability of construction works — Environmental Product Declarations — Core rules for the product category of construction products.
9. AMPLIA - Report LCA dei conglomerati bituminosi caldi e tiepidi (08/07/2024).
10. EPD a base dati limitata, secondo l'Annex 5 al Regolamento del Programma EPDIItaly rev. 6.0 del 30/10/2023.