



Gestione Transfrontaliera del trasporto dei rifiuti inerti e degli inerti intermodale (Ge.T.R.I.)

Life Cycle Assessment (LCA)

Sintesi divulgativa non-tecnica

Sommario

Inquadramento del contesto: la filiera transfrontaliera del trasporto di inerti	2
Gli obiettivi dello studio: un nuovo modello di trasporto degli inerti basato sull'intermodalità gomma-ferro.	2
L'impatto ambientale dell'attuale sistema.....	4
Descrizione dello scenario base e dei possibili scenari alternativi	6
Scenario base.....	6
Scenario misto ferro-gomma.....	7
Scenario "treno-servizio"	8
Confronto tra gli scenari studiati.....	9
Indicatori di prestazione ambientale.....	10
Monetizzazione degli impatti ambientali	11
Possibili variazioni sugli scenari: alcune ipotesi	12
Scenario base - Miglioramento della classe ambientale del parco circolante	12
Scenario misto ferro/gomma – Aumento della frazione di energia da fonti rinnovabili	13
Variazione della tipologia di materiale trasportato	14
Conclusioni	15

Inquadramento del contesto: la filiera transfrontaliera del trasporto di inerti

Le strade delle province di Como e Varese vedono transitare annualmente significative quantità di materiale inerte da e per il confine con la Svizzera.

Il flusso di materiali tra i due paesi è stato ¹, nel 2018, pari a 1,8 milioni di tonnellate, di cui 1,2 milioni di inerti vergini (sabbia e ghiaia) esportati dall'Italia alla Svizzera e circa 600 mila di rifiuti inerti (terre e rocce da scavo, rifiuti da costruzione e demolizione) dalla Svizzera all'Italia.

Flussi di materiali	Quantità (2018)
INERTI VERGINI verso Svizzera	1.245.207 t
RIFIUTI INERTI verso Italia	576.268 t

Tale volume di materiali genera un traffico stimato intorno ai 120.000 veicoli/anno (fonte: LIUC), con conseguenti impatti sull'ambiente e sulla salute associati all'inquinamento generato ed al consumo energetico dei processi di trasporto.

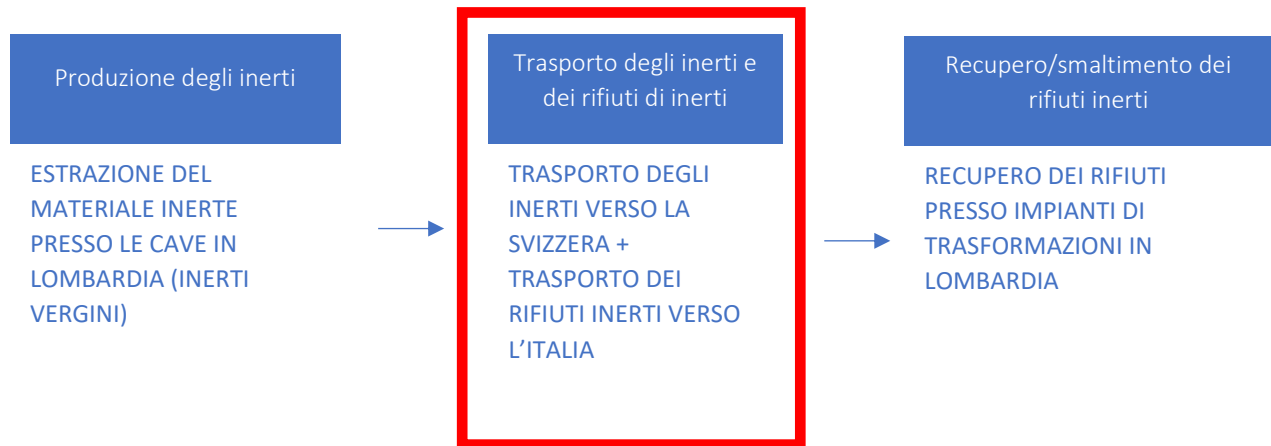
Gli obiettivi dello studio: un nuovo modello di trasporto degli inerti basato sull'intermodalità gomma-ferro

Tramite la metodologia dell'analisi del ciclo di vita (LCA, Life Cycle Assessment), è stato realizzato uno studio comparativo tra differenti scenari, finalizzato a valutare la fattibilità di un **sistema complessivo di trasporto degli inerti basato sull'intermodalità gomma-ferro** rispetto allo scenario attuale di riferimento, in cui tutto il materiale viene trasportato su strada.

Perché utilizzare la metodologia LCA?

- Perché la metodologia LCA permette di considerare gli impatti complessivi sull'ambiente dell'intera filiera, quantificando separatamente l'impatto ambientale delle fasi di trasporto, produzione del materiale inerte (estrazione in cava) e trattamento del rifiuto di inerti presso gli impianti di recupero
- Perché la metodologia LCA, evidenziando i processi che maggiormente contribuiscono all'impatto ambientale (*hot spots*), facilita l'individuazione degli interventi di miglioramento
- Perché la metodologia LCA, utilizzata in modo comparativo, permette di confrontare in modo efficace gli impatti ambientali di scenari riferiti ad uno stesso sistema (in questo caso la filiera di trasporto degli inerti)

¹ LIUC su dati forniti dall'Agenzia delle dogane della Svizzera



Filiera degli inerti considerata nell'analisi LCA. Nel riquadro in rosso i processi di trasporto considerati nella comparazione tra scenari.

L'impatto ambientale dell'attuale sistema

Estrazione e lavorazione degli inerti vergini da cava

Il materiale estratto e non sottoposto ad alcuna lavorazione viene detto *mistone naturale*. Dalla lavorazione del mistone si ottengono gli aggregati naturali (sabbie, ghiaie, pietrischi). Per il calcolo degli impatti ambientali di questa fase della filiera è stato fatto riferimento ai dati di consumo energetico ed acqua utilizzati nello studio di Rigamonti et al. di analisi LCA dell'attività estrattiva in regione Lombardia, limitatamente alle provincie di Como e Varese.

Trasporto degli inerti vergini e dei rifiuti inerti

Il calcolo degli impatti ambientali della fase di trasporto ha richiesto di definire le caratteristiche dei processi di trasporto, analizzando le caratteristiche delle tratte percorse, dei mezzi utilizzati per il trasporto su gomma e delle modalità di trasporto adottate dai trasportatori.

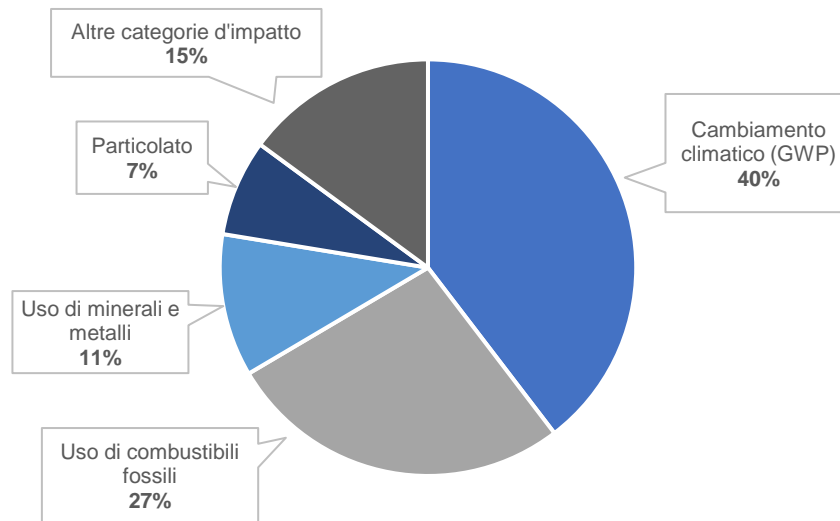
Per la determinazione delle tratte percorse è stata svolta un'analisi territoriale finalizzata a definire delle tratte rappresentative, tenendo conto della localizzazione degli impianti di partenza e destinazione e dei flussi di materiale in partenza/arrivo per ogni impianto. E' stata inoltre valutata la distanza degli impianti dagli scali ferroviari esistenti, introducendo elementi di fattibilità tecnica ed economica che hanno portato ad escludere dai punti caratteristici per la definizione delle tratte quelli più distanti dalla linea ferroviaria. L'analisi ha portato a definire una distanza rappresentativa di **55 km** per i flussi di materiale in direzione Italia-Svizzera e **50 km** per quelli in direzione Svizzera-Italia.

Recupero e smaltimento dei rifiuti inerti

I rifiuti inerti sono recuperati presso impianti siti in regione Lombardia, alimentati a energia elettrica o a gasolio in funzione della tecnologia. Essi producono aggregati riciclati e altri rifiuti inerti e scarti non recuperabili che vengono smaltiti in apposite discariche. Anche per il calcolo degli impatti ambientali di questa fase della filiera è stato fatto prevalentemente riferimento ai dati di consumo energetico ed acqua utilizzati nello studio di Rigamonti et al. di analisi LCA dell'attività estrattiva in regione Lombardia.

Lo studio LCA ha evidenziato che **più dell'80% degli impatti ambientali complessivi** ricade nelle categorie del cambiamento climatico (40%), uso di combustibili fossili (27%), uso di minerali e metalli (11%) ed emissioni di particolato (7,5%).

Scenario base - Pesatura



Guardando a queste principali categorie di impatto, **il 60% dell'impatto complessivo è attribuibile alla fase di trasporto**, su cui si è concentrato il confronto tra i possibili scenari.

Le emissioni di CO₂ della filiera considerata sono pari a 12.800 t CO₂/anno, di cui **6.835 t attribuite alla fase di trasporto**.

Descrizione dello scenario base e dei possibili scenari alternativi

La parte comparativa dello studio LCA ha considerato tre diversi possibili scenari, operando un confronto tra differenti sistemi e processi di trasporto a parità di massa trasportata. Le considerazioni successive fanno riferimento solo alle principali quattro categorie di impatto individuate.

SCENARIO BASE: Scenario attuale, con trasporto interamente su gomma

SCENARIO MISTO FERRO-GOMMA: Scenario con trasporto basato su sistema logistico intermodale integrato ferro-gomma. Il trasporto avviene su gomma fino a punti di carico-scarico (scali) dedicati alla movimentazione di inerti, per proseguire tramite ferrovia

SCENARIO «TRENO-SERVIZIO»: Scenario con trasporto su gomma fino a punti di carico-scarico esistenti, con successivo utilizzo di treni merci integrati con carri dedicati al trasporto di inerti

Scenario base

Nello scenario attuale, oltre alla distanza percorsa, l'impatto ambientale è dipendente dalla classe ambientale dei mezzi impiegati e dal livello di ottimizzazione dei carichi e della logistica.

Si riportano di seguito le principali informazioni utilizzate nella caratterizzazione dello scenario.

Tratte di riferimento (da elaborazioni GIS)	
Italia - Svizzera	55 km
Svizzera - Italia	50 km

Tipologia veicolo	Peso lordo	Carico max
Rigido (>32 t)	35,5 t	20 t

Trasporto	Fattore di carico medio	Ritorni a vuoto
Inerti vergini	85%	5%
Rifiuti inerti	75%	10%

Classe ambientale	Percentuale (%)
Precedente a Euro III	12,7
Euro III	16,8
Euro IV	3,5
Euro V	31,9
Euro VI	35,1

Scenario misto ferro-gomma

In questo scenario, la tratta su gomma è limitata al raggiungimento dei punti di carico e scarico, tra i quali gli inerti vengono trasportati tramite ferrovia con treni dedicati. I terminal considerati sono quelli di Saronno sul lato italiano e di Lugano-Veduggio sul lato Svizzero, per un totale di 29 km sul territorio italiano e 36 km sul territorio svizzero.

Questo scenario determina una **lunghezza complessiva della tratta percorsa superiore** rispetto al solo trasporto su gomma, dovuta al vincolo rappresentato dalla localizzazione dei terminal.

Oltre alle informazioni che caratterizzano lo scenario attuale vanno pertanto considerate anche quelle relative al trasporto ferroviario, tra cui il consumo di energia elettrica per la movimentazione dei mezzi.

Tratte di riferimento (trasporto misto gomma-ferro)	
Totale	104 km
Di cui su gomma	39 km
Di cui su ferro	65 km

Consumo di energia elettrica medio per il trasporto su treno	
Wh/t*km	27,8



Rete ferroviaria transfrontaliera considerata nello scenario ferro-gomma

Scenario “treno-servizio”

In questo scenario, gli inerti vengono caricati su carri aggiunti a treni merci che trasportano altre merci, contribuendo all’ottimizzazione del numero di treni in circolazione sulle tratte interessate dal trasporto degli inerti. Considerando in questo caso un peso specifico inferiore del materiale trasportato, trattandosi di merci miste, al trasporto su rotaia è associato in questo caso un consumo energetico specifico superiore. Le distanze percorse, in assenza di dati puntuali sui punti di carico-scarico intermodale utilizzabili, sono mantenute pari a quelle utilizzate per lo scenario misto ferro-gomma.

Lo scenario “treno-servizio” si colloca pertanto dal punto di vista ambientale in una posizione intermedia tra i due precedenti.

Tratte di riferimento (trasporto misto gomma-ferro)	
Totale	104 km
Di cui su gomma	39 km
Di cui su ferro	65 km

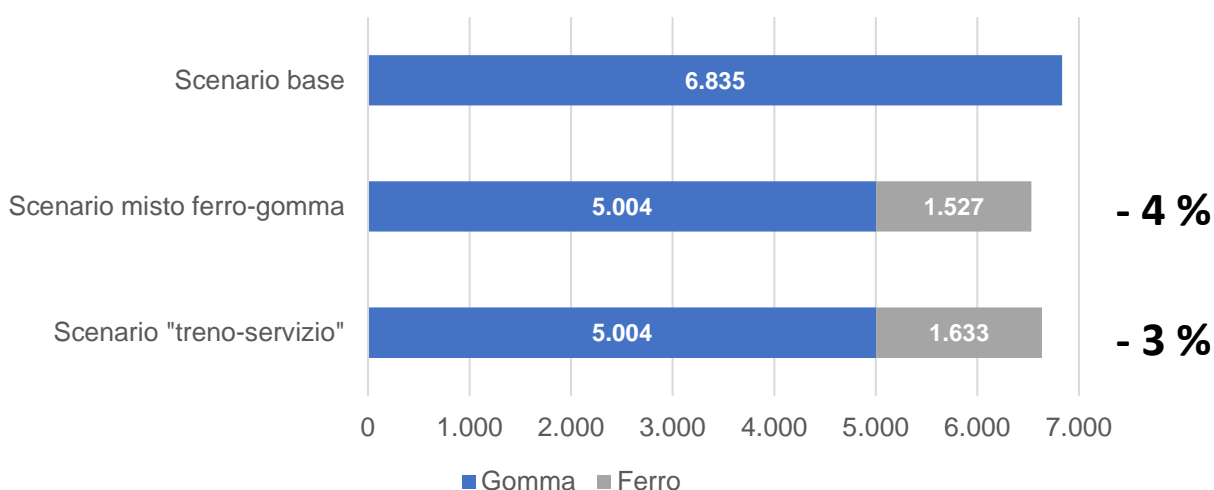
Consumo di energia elettrica medio per il trasporto su treno	
Wh/t*km	32,2

Confronto tra gli scenari studiati





Analizzando la categoria degli impatti sul cambiamento climatico (GWP), il confronto tra gli scenari mostra una riduzione contenuta degli impatti ambientali, dal momento che la migliore prestazione ambientale del trasporto su ferro è compensata da un aumento della distanza totale percorsa negli scenari alternativi. La distanza totale percorsa è pari infatti a circa il doppio della distanza percorsa nello scenario che prevede il solo trasporto su gomma.

Considerazioni analoghe possono essere applicate anche alle altre tre categorie di impatto principali individuate.

Confronto tra scenari Cambiamento climatico (GWP) [t CO_{2eq}]



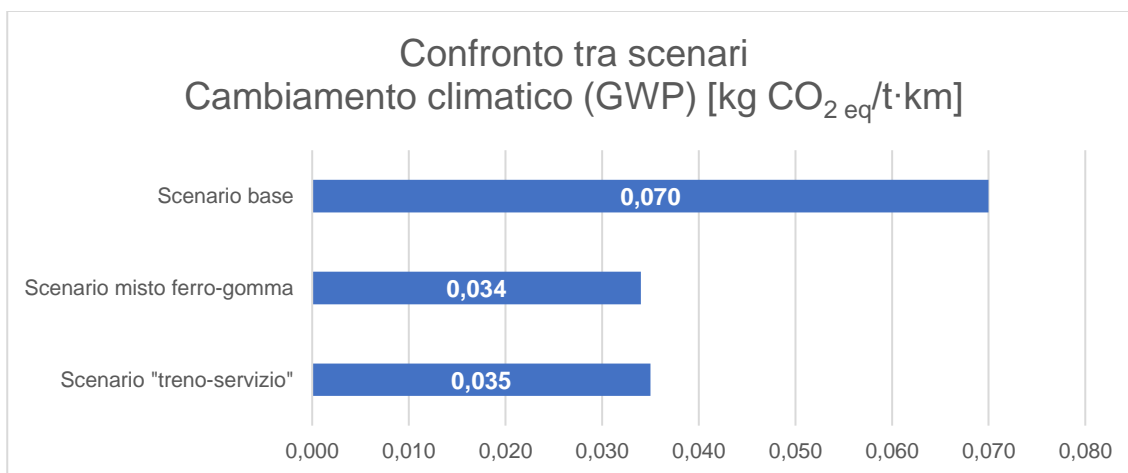
In termini più intuitivi, il risparmio di CO₂ che si otterrebbe realizzando lo scenario ferro-gomma per il trasporto di inerti lungo il confine Italia-Svizzera (273 tonnellate) corrisponderebbe all'incirca a:

Settore	Azione/Comportamento	Fonte
	CO ₂ annua prodotta da 157 auto di media cilindrata (15,000 km/anno)	Fattori di emissione ISPRA per autoveicoli
	CO ₂ prodotta per illuminare 2730 abitazioni/anno	Elaborazione Environment Park, considerando le tipologie di lampade più diffuse
	CO ₂ prodotta per riscaldare 182 abitazioni/anno	Elaborazioni Environment Park su dati di consumo medio di gas naturale e fattori di emissione IPCC
	CO ₂ prodotta per alimentare le utenze elettriche di 248 abitazioni/anno	Elaborazione Environment Park su dati ENEA e fattori di emissione MIX elettrico italiano

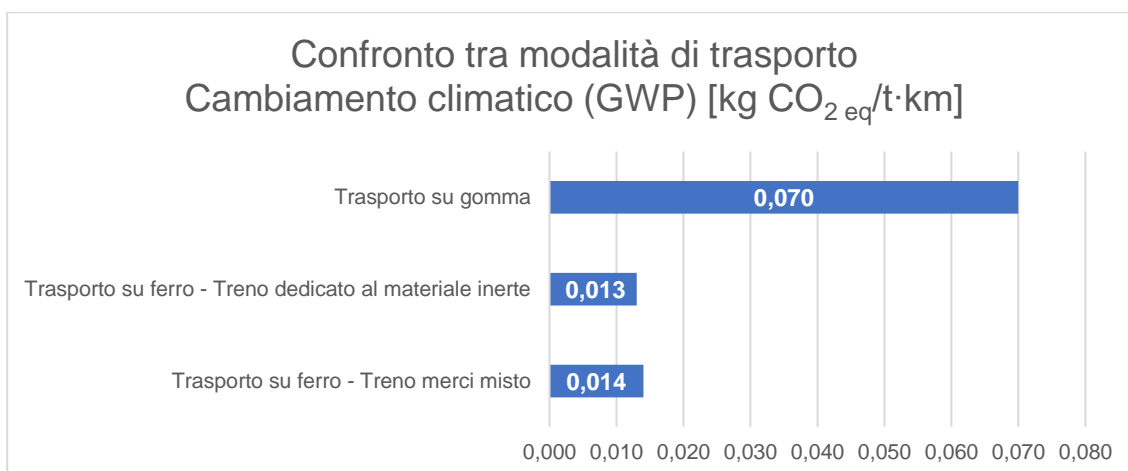
Indicatori di prestazione ambientale

Oltre all'analisi complessiva degli impatti ambientali per gli scenari considerati, a completamento delle valutazioni possono essere utilmente analizzati alcuni indicatori in grado di rappresentare la prestazione ambientale degli scenari e delle diverse modalità di trasporto a parità di distanza percorsa e massa trasportata.

Considerando anche qui il GWP, si nota come l'impatto espresso in $\text{CO}_2/\text{t}\cdot\text{km}$ per gli scenari alternativi sia inferiore di circa il 50% rispetto allo scenario base.



La differenza è ancora maggiore se consideriamo la prestazione ambientale della singola modalità di trasporto, che nel caso del trasporto ferroviario è minore di oltre l'80% rispetto al trasporto su gomma.



Monetizzazione degli impatti ambientali

Ad integrazione dei risultati dell'analisi LCA, è stata fatta una valutazione economica delle esternalità ambientali, ossia dei costi complessivi per la collettività associati agli impatti analizzati.

Prendendo a riferimento le indicazioni fornite dalla Commissione Europea (*Handbook on the external costs of transports*), è possibile "monetizzare" in 100 €/t CO₂ il costo delle emissioni di gas serra associate al trasporto, ottenendo i seguenti risultati.

	Scenario base	Scenario misto ferro-gomma	Scenario "treno-servizio"
Euro	683.000,54	653.000,15	663.000,66
cEuro/t*km	0,70	0,34	0,35

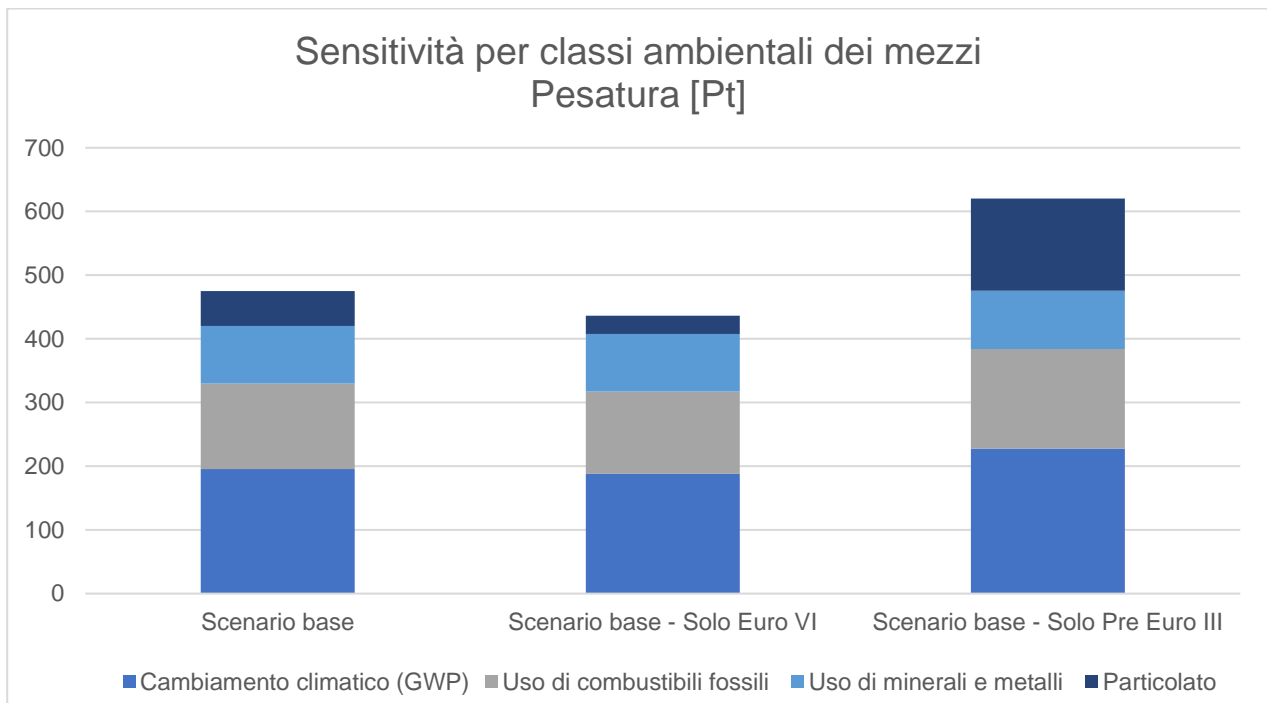
	Trasporto su gomma	Trasporto su ferro (treno dedicato)	Trasporto su ferro (treno merci misto)
cEuro/t*km	0,70	0,13	0,14

Possibili variazioni sugli scenari: alcune ipotesi

Senza variare i confini dello studio, è stato verificato come varierebbero gli impatti ambientali dei singoli scenari al variare di alcuni parametri, oggetto di possibili interventi di miglioramento ambientale della filiera di trasporto considerata.

Scenario base - Miglioramento della classe ambientale del parco circolante

In questo scenario si assume che il parco circolante per il trasporto degli inerti sia composto al 100% da mezzi di classe Euro VI, in un'ipotesi fortemente migliorativa.

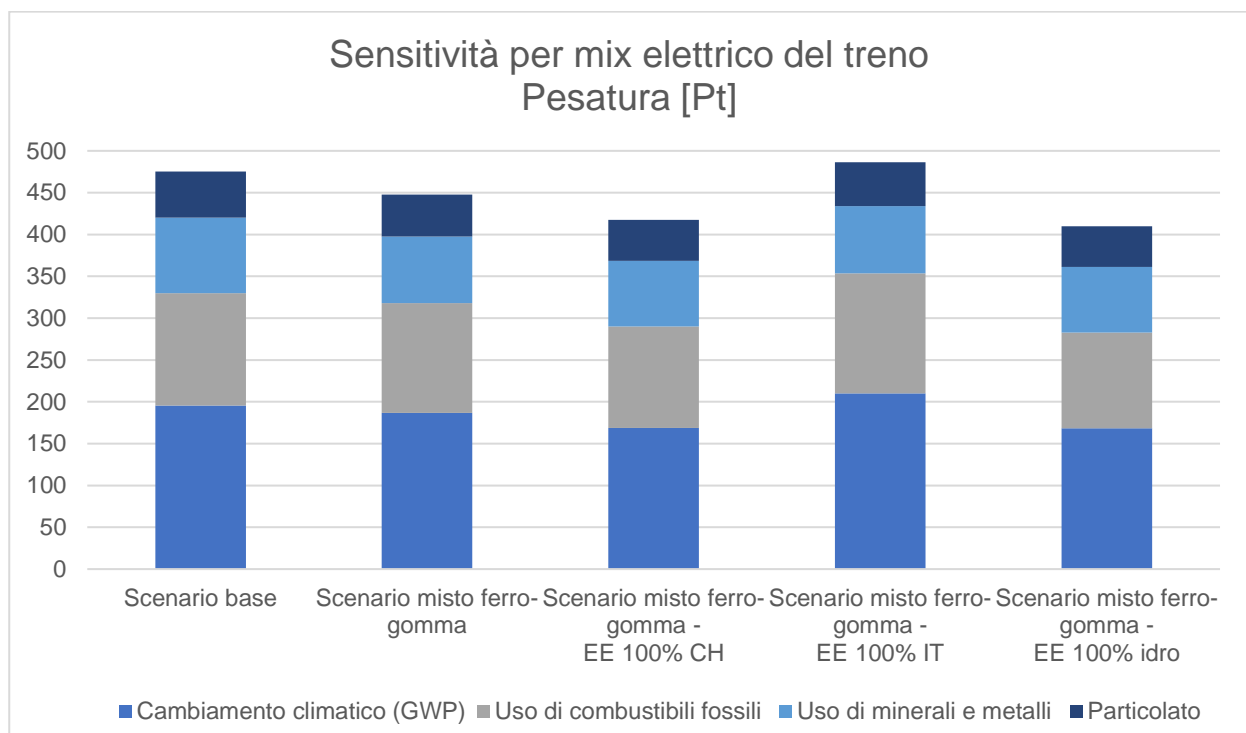


L'utilizzo di soli mezzi di classe EuroVI porterebbe ad una **riduzione dell'8%** dell'impatto ambientale rispetto allo scenario attuale, legato principalmente alla riduzione del particolato.

Scenario misto ferro/gomma – Aumento della frazione di energia da fonti rinnovabili

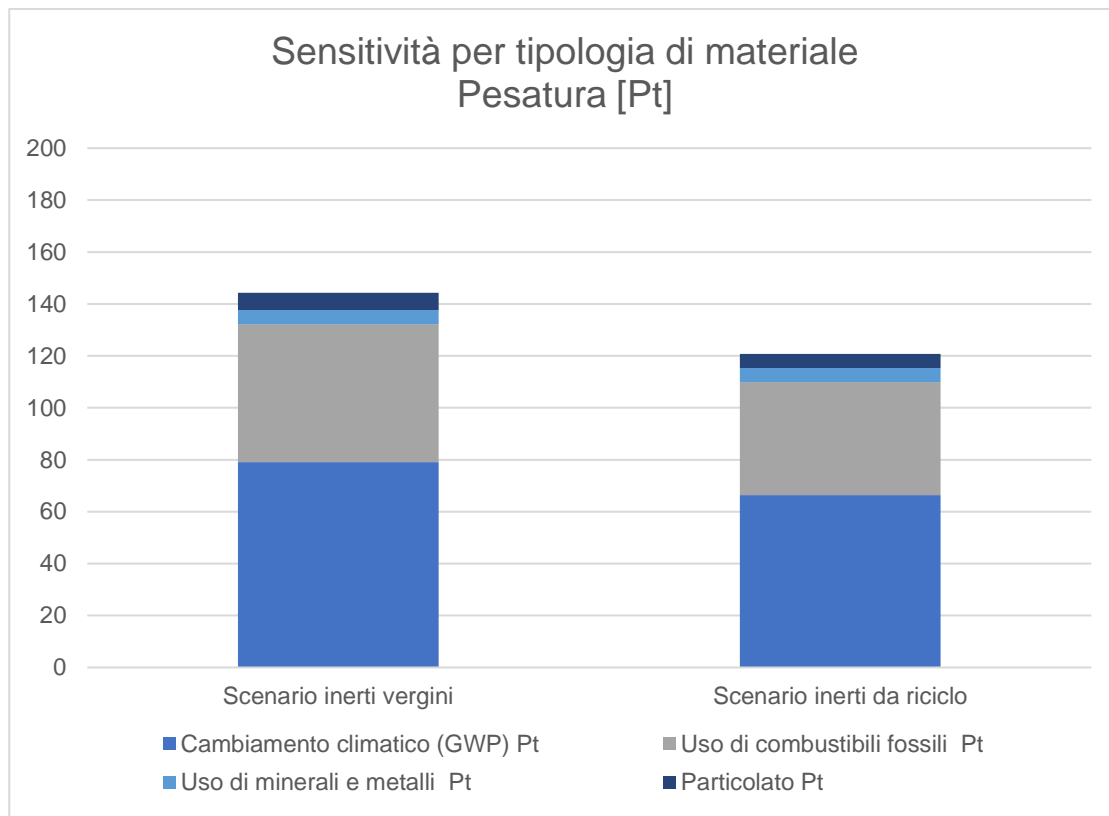
L'utilizzo di energia prodotta al 100% da fonti rinnovabili (idroelettrico) per lo scenario rappresenta un parametro in grado di ridurre l'impatto ambientale del 14% rispetto allo scenario base e del 9% rispetto allo scenario misto ferro-gomma.

L'energia prodotta in Italia, utilizzata come fonte di energia per la tratta percorsa sul territorio italiano, nonostante i miglioramenti registrati negli ultimi anni deriva per una quota ancora significativa da fonti fossili. Un suo utilizzo esclusivo, come si nota dal grafico, porterebbe ad un aumento addirittura del 2% degli impatti rispetto allo scenario di trasporto attuale.



Variazione della tipologia di materiale trasportato

In questa ipotesi si assume che il materiale inerte destinato alla Svizzera sia costituito da aggregati riciclati, con un'area di provenienza più ampia rispetto alle sole province di Como e Varese. Questo scenario, sostitutivo rispetto al processo di produzione di inerti vergini considerato, porterebbe ad una riduzione degli impatti ambientali considerati pari al 16% nella fase di produzione inerti (*fase upstream*).



Conclusioni

Lo studio ha evidenziato che, nell'attuale filiera dei materiali inerti prodotti e transitanti fra l'area del Canton Ticino e le province lombarde confinanti, il trasporto su gomma incide in modo significativo, con un impatto pari al 60% circa del totale.

Lo studio comparativo, che ha previsto il confronto dei processi di trasporto tra lo scenario attuale e due scenari alternativi, mostra un miglioramento della prestazione ambientale del 3-4% per quanto riguarda l'impatto sul cambiamento climatico (GWP).

Tuttavia, se si considerano gli impatti espressi in t*km per unità trasportata, gli scenari alternativi mostrano un netto miglioramento rispetto allo scenario base (-50%), grazie al netto vantaggio ambientale del trasporto su ferro rispetto al trasporto su gomma (-80% per unità di trasporto).

Analoghi risultati si ottengono valutando le esternalità ambientali, quantificate in 0,7 c€/t*km nello scenario base e 0,34-0,35 c€/t*km negli scenari alternativi.

E' possibile concludere che il sistema di trasporto intermodale, nell'ipotesi considerata nello studio, offre certamente dei vantaggi ambientali rispetto a quello interamente su gomma, nonostante i vincoli territoriali e di fattibilità rispetto alla localizzazione degli scali ferroviari finiscano con il determinare distanze significativamente maggiori per gli scenari alternativi rispetto a quello attuale.

Tali vantaggi ambientali sarebbero maggiori ampliando la geografia del sistema e le distanze di trasporto considerate (ossia la lunghezza della filiera considerata), al netto di altre considerazioni di carattere tecnico, sociale ed economico che dovranno comunque essere valutate.