



**Politecnico
di Torino**

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

In: Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale:

**Analisi comparativa degli strumenti per il calcolo delle
emissioni di gas serra nel settore del trasporto merci.
Applicazione a casi studio reali.**

Relatori:

Prof. Claudia Caballini;
Dott. Xavier Lluh

Candidato:

Carlo Mantovani

Ottobre 2022

Abstract

Le emissioni di gas serra, in particolare di anidride carbonica, sono in costante aumento dai tempi della rivoluzione industriale. Il settore dei trasporti è responsabile di circa il 30% delle emissioni globali, e la quasi totalità di esse è dovuta all'utilizzo di combustibili fossili.

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è quello di analizzare e comparare differenti metodologie di calcolo degli impatti in termini di CO₂ equivalente derivanti dalle attività di trasporto merce. Gli strumenti analizzati consentono alle aziende private o agli enti pubblici di avere una visione chiara, oggettiva e quantitativa dell'impatto che le loro attività di trasporto hanno sull'ambiente, il che rappresenta un prerequisito imprescindibile per poterne ridurre l'impatto.

Inoltre, queste metodologie permettono anche di analizzare i potenziali effetti in termini di CO₂ equivalente di nuovi progetti o normative. La diffusione, di questi strumenti, porterebbe un cambiamento radicale nel modo in cui molte aziende valutano nuovi investimenti. Molte volte, infatti, viene valutato il mero aspetto economico/finanziario di un progetto, trascurando la componente di impatto ambientale, che diventa così una esternalità negativa che va a gravare sulla collettività.

Nella presente tesi, dopo aver fornito un inquadramento del settore dei trasporti, ponendo particolare enfasi sull'impatto ambientale di tale settore, sono stati analizzati e comparati gli strumenti di calcolo ad oggi disponibili per valutare la produzione di CO₂ delle attività di trasporto, analizzandone le caratteristiche, i punti di forza e di debolezza, nonché le problematiche che possono essere riscontrate durante il calcolo delle emissioni inquinanti.

Dopo aver analizzato, e confrontato, il funzionamento di alcuni degli strumenti di calcolo delle emissioni di gas serra disponibili ad oggi, lo studio continua con un'analisi comparata dei diversi strumenti considerando tre diversi casi studio riguardanti l'utilizzo di diverse modalità di trasporto tra la medesima origine e medesima destinazione. Con questa analisi è stato possibile evidenziare alcuni dei punti di divergenza tra gli strumenti e la metodologia GLEC, di conseguenza è emersa la necessità di allineare i risultati ottenuti dai diversi strumenti, e quelli raggiunti seguendo la metodologia GLEC, metodologia alla base della nuova normativa europea.

Attualmente, infatti gli strumenti analizzati non riportano valori, di emissioni totali espresse in CO₂ equivalente, equiparabili a quelli calcolati con la metodologia GLEC. In conclusione, viene consigliato di misurare le emissioni di gas serra seguendo la metodologia GLEC e usando, dove necessario, parametri aggiornati di calcolo. Questi strumenti, una volta allineato il processo di calcolo delle emissioni, saranno risorse che faciliteranno il calcolo delle emissioni di gas serra generate, automatizzando la procedura di calcolo e l'aggiornamento dei parametri di calcolo a seguito di eventuali nuovi studi in materia.

INDICE

I. Incipit

1. Il settore dei trasporti e le esternalità generate
 - 1.1 Le esternalità del settore dei trasporti
 - 1.2 Il trasporto delle merci
 - 1.3 Il trasporto dei passeggeri
2. Impatto ambientale delle diverse modalità di trasporto merci
 - 2.1 Trasporto aereo
 - 2.2 Trasporto per vie navigabili interne
 - 2.3 Trasporto su rotaia
 - 2.4 Trasporto stradale
 - 2.5 Trasporto marittimo
 - 2.6 Terminali logistici
3. Il calcolo delle emissioni
 - 3.1 Le policy
 - 3.1.1 EAN 16258 – 2012
 - 3.1.2 ISO 14000
 - 3.1.2.1 ISO 14064 – 2006
 - 3.2 Difficoltà di calcolo
 - 3.2.1 Carburante usato/Nuovi carburanti
 - 3.2.2 Allocazione delle emissioni
4. Strumenti per il calcolo delle emissioni e loro confronto
 - 4.1 Gli strumenti analizzati
 - 4.1.1 GLEC

- 4.1.2 GreenRouter
- 4.1.3 EcoTransIT World
- 4.1.4 TK'Blue Agency
- 4.1.5 Clean Cargo
- 4.1.6 Port Links
- 4.1.7 Strumenti GHG Protocols

4.2 I parametri di confronto

- 5 Applicazione degli strumenti ad alcuni casi studio
 - 5.1 Primo caso – Trasporto massivo con cassa mobile
 - 5.2 Secondo caso – Trasporto massivo con container
 - 5.3 Terzo caso – Trasporto groupage
- 6 Risultati dell'applicazione degli strumenti ai casi studio
 - 6.1 Analisi del primo caso studio
 - 6.2 Analisi del secondo caso studio
 - 6.3 Analisi del terzo caso studio
 - 6.4 Analisi delle differenze con la metodologia GLEC
 - 6.4.1 GreenRouter
 - 6.4.2 EcoTransIT World
 - 6.4.3 TK'Blue Agency
- 7 Conclusioni

Bibliografia e Sitografia

Ringraziamenti

1. Il settore dei trasporti e le esternalità generate

In questo primo capitolo verrà descritto il settore dei trasporti, i suoi volumi e tendenze, e il suo impatto sulla popolazione mondiale. All'interno del capitolo 3.1, verranno invece introdotte le normative attualmente vigenti che regolano questo settore.

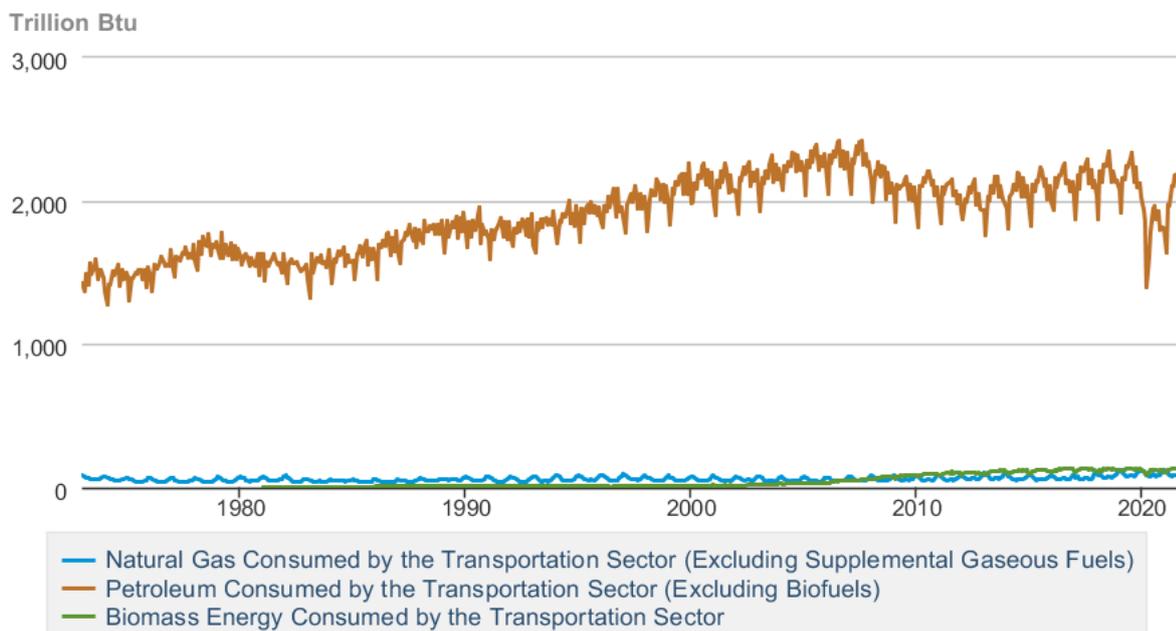
Il settore dei trasporti include diversi sotto-settori, ognuno caratterizzato da proprie caratteristiche e *tendenze*. Queste caratteristiche includono, ma non si limitano a: il mezzo di trasporto, distanze, tempistiche e costo.

La domanda di trasporto è in continua crescita; le cause principali possono essere ricondotte alla crescita della popolazione, ai fenomeni di globalizzazione e di delocalizzazione della produzione, oltre che alla riduzione dei costi di trasporto con veicoli più efficienti ad un prezzo sempre minore. Per alcune realtà, in anni più recenti, si è assistito al fenomeno opposto, fenomeno comunemente chiamato di *reshoring*, fenomeno che vede le aziende riportare gli impianti produttivi vicini alla loro sede storica.

Il settore dei trasporti è suddiviso in due macro-settori: il trasporto merci e il trasporto passeggeri. L'aumento della popolazione ha un impatto diretto su questa seconda componente, componente che viene aggravata dall'aumento dei livelli di congestione delle città. Le persone sono sempre più concentrate nei centri cittadini, questo incremento della densità di popolazione ha effetti, oltre che sulla qualità di vita, sui tempi di percorrenza e sull'efficienza dei trasporti. Un livello maggiore di congestione comporta un maggior numero di fermate e ripartenze che, a loro volta, causano consumi maggiori per i veicoli coinvolti.

In aggiunta, i siti produttivi sono di dimensioni maggiori per essere in grado di soddisfare la sempre maggiore richiesta. Per questo motivo vengono localizzati al di fuori dei siti urbani, andando così ad incrementare le distanze che devono essere percorse giornalmente.

Table 2.5 Transportation Sector Energy Consumption



 Source: U.S. Energy Information Administration

Figura 1.1: Incremento del consumo energetico a livello globale del settore dei trasporti.

Fonte: [15].

Negli ultimi anni si è assistito ad un aumento, più o meno costante del consumo energetico del settore dei trasporti (Figura 1.1). Negli ultimi anni in solo due periodi si è assistito ad un decremento dei consumi; il primo in corrispondenza della crisi mondiale del 2008, il secondo durante la pandemia globale del 2020.

La situazione diventa più grave se viene presa in considerazione la tipologia di carburanti impiegata maggiormente all'interno del settore dei trasporti. Nel 2018, circa il 25% dell'energia mondiale è stata utilizzata per soddisfare la domanda di trasporto mondiale. Di questa il 97% proveniva da fonti fossili, in particolar modo dal petrolio, [2S] (Figura 1.2)

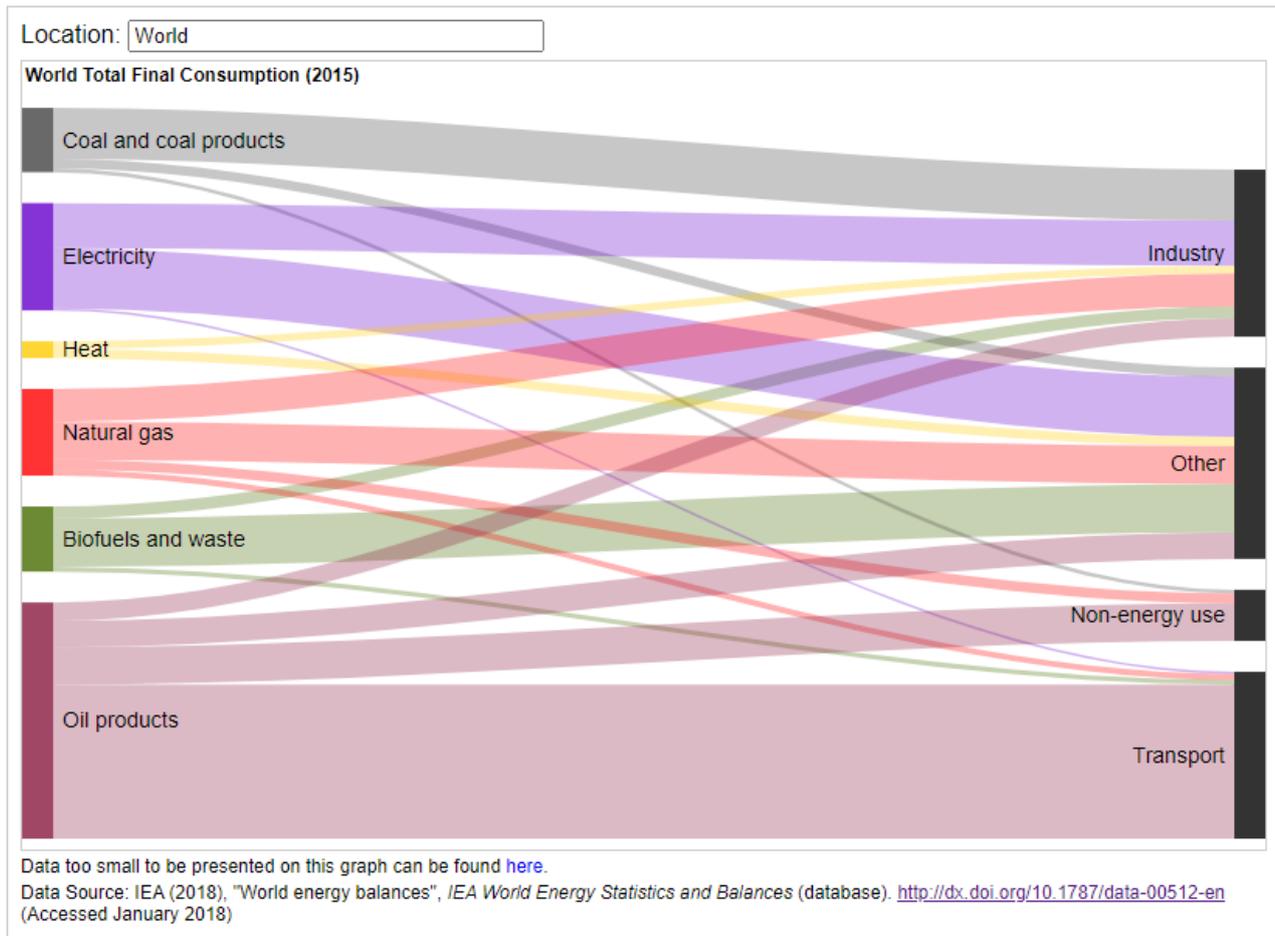


Figura 1.2: Fonti energetiche dei diversi settori.

Fonte: [2S]

Il settore dei trasporti è uno dei meno diversificati per quanto riguarda la fonte energetica impiegata. Per questo motivo si tratta di un settore caratterizzato da molte pressioni e sforzi, con l'obiettivo di ridurre la dipendenza del settore dal petrolio e altri combustibili fossili. Negli ultimi anni, la diffusione dei veicoli elettrici ed ibridi, ha portato ad una riduzione, di circa il 5% di questa percentuale.

1.1 Le esternalità del settore dei trasporti

Lo scopo della presente tesi è quello di comparare alcuni degli strumenti per il calcolo delle emissioni di gas serra attualmente presenti sul mercato. Questi strumenti, oltre che tra di loro, sono confrontati anche con la metodologia GLEC, metodologia che ricopre un ruolo centrale nella nuova normativa europea sul tema del calcolo delle emissioni di gas serra del settore dei trasporti. Le emissioni di gas serra sono tra le esternalità principali di questo settore e poterle quantificare correttamente è un requisito fondamentale per poter procedere con una loro riduzione.

Con esternalità si intendono gli effetti, positivi o negativi, che vanno a gravare su soggetti non coinvolti durante il consumo, o produzione, di un bene o servizio senza che venga imposto loro uno sconto o sovrapprezzo, [3S].

Le emissioni di gas serra di cui si parla all'interno di questa tesi rappresentano un ottimo esempio di esternalità negativa. Gli effetti negativi dei componenti chimici che vengono rilasciati nell'atmosfera, non vengono presi in considerazione durante la definizione del costo del servizio offerto. Dall'altra parte un esempio di esternalità positiva è la riduzione di emissioni locali a seguito dell'utilizzo/acquisto di auto elettriche per un servizio di car sharing. Questi veicoli hanno un impatto locale minore ma chi ha acquistato/noleggiato queste auto non riceve un compenso o sconto.

Le principali esternalità negative generate dal settore dei trasporti sono:

- l'inquinamento ambientale dell'aria, acqua e suolo. Più specificatamente dovuto alle emissioni di gas serra, polveri sottili, versamenti nei mari, fiumi o terreni;
- l'aumento di congestione dovuto alla presenza di altri veicoli;
- incidenti, che possono variare dal semplice danneggiamento di proprietà privata o pubblica, ad incidenti mortali;
- inquinamento sonoro e visivo;

Prima di analizzare gli effetti dei gas serra sull'ecosistema del pianeta e sulla salute delle persone, verrà fornita una breve descrizione dei principali gas [4S, 5S, 6S]:

- anidride carbonica (CO₂);
- metano (CH₄);
- ossido di diazoto (N₂O);
- altri gas naturali come l'ozono (O₃) e il vapore acqueo (H₂O);
- gas di natura industriale come l'esfluoruro di zolfo (SF₆) o il trifluoruro di azoto (NF₃);

Il principale gas serra, responsabile di circa tre quarti delle emissioni totali, è l'anidride carbonica (CO₂). Tale gas permane nella nostra atmosfera tra i trecento e mille anni. Attualmente, la concentrazione di questo gas è di circa 412 parte per milione (ppm), valore che è aumentato considerevolmente rispetto ai circa 280 ppm registrati all'inizio della rivoluzione industriale. Questo incremento è dovuto principalmente ad attività umane, in particolar modo a seguito della combustione di carburanti fossili, come carbone e petrolio (Figura 1.3).

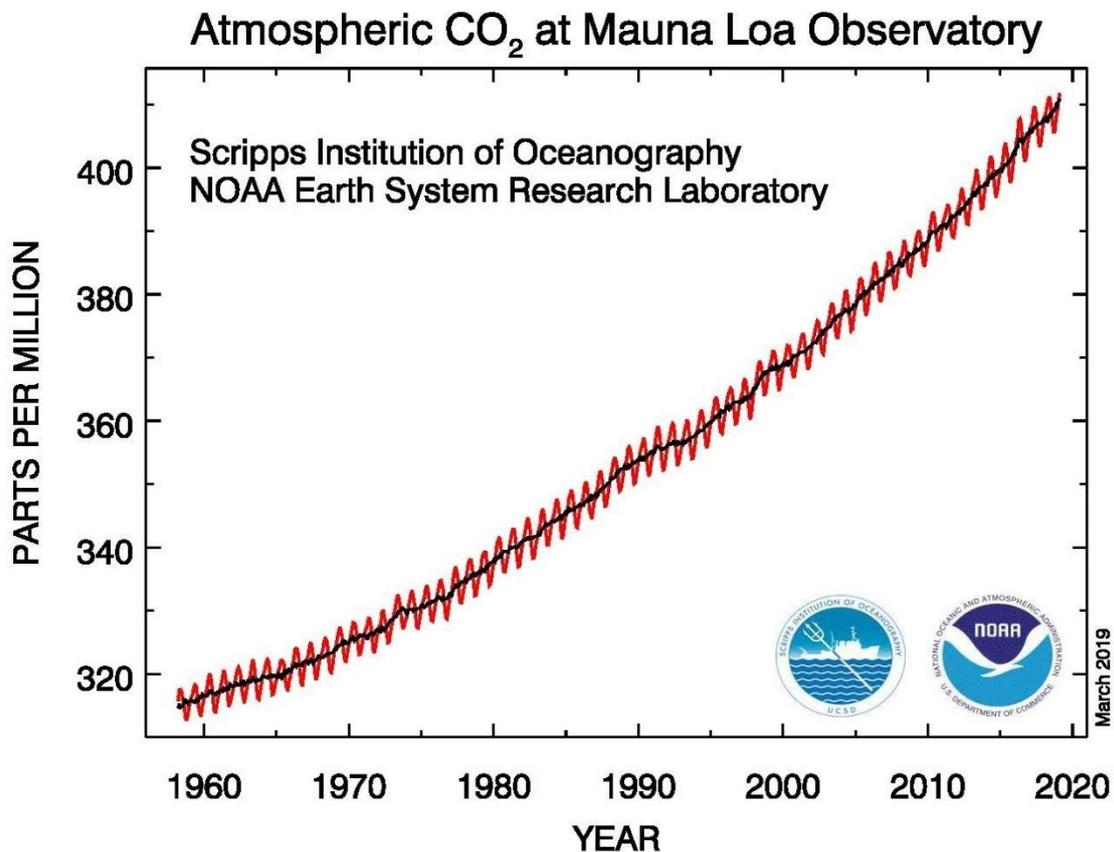


Figura 1.3: Incremento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera.

Fonte: [4S].

Secondo per concentrazione (16%) è il gas metano, CH₄, che rappresenta il componente principale del gas naturale. Tale gas rimane nell'atmosfera un tempo inferiore rispetto all'anidride carbonica, ovvero 12 anni, ma ha un impatto maggiore sul clima, espresso in potenziale di riscaldamento globale, di circa l'ottanta per cento su un periodo di venti anni.

Il terzo gas è l'ossido di diazoto, N₂O, che rappresenta circa il 6% delle emissioni ma, ha impatti 264 volte più alti rispetto alla CO₂ ed una permanenza nell'atmosfera che supera i cento anni.

Vi sono poi altri gas di natura industriale come: l'esafluoruro di zolfo (SF₆) e il trifluoruro di azoto (NF₃). In aggiunta a questi gas di origine antropica, vi sono altri gas serra quali il vapore acqueo (H₂O) e l'ozono (O₃). Il primo è il più abbondante in atmosfera ma, non se ne tiene traccia in quanto non è dovuto all'attività umana e i suoi effetti sono meno chiari. Similmente, l'ozono non è emesso direttamente da attività antropiche ma, è un prodotto di reazioni complesse tra diversi agenti inquinanti presenti nell'aria.

Le emissioni di gas serra sono solitamente espresse in termini di CO₂ equivalente. Per convertire i diversi gas in un'unica unità di misura viene tenuto conto del potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential) specifico del gas. Questo valore permette di confrontare quanto quel gas contribuisca al riscaldamento globale, su un determinato intervallo temporale rispetto all'anidride carbonica.

I valori di WGP possono essere reperiti sul sito IPPC [7S]. I valori dei tre gas principali sono mostrati in (Figura 1.4).

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP values for 100-year time horizon		
		Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane	CH ₄	21	25	28
Nitrous oxide	N ₂ O	310	298	265

Figura 1.4: Valori di GWP per i tre principali gas serra.

Fonte: [7S].

Gli effetti di questi gas sono molteplici, dal riscaldamento globale a problemi al sistema respiratorio, [8S, 9S], di seguito sono illustrati alcuni di questi effetti:

- incremento della temperatura globale. L'aumento delle temperature globali è uno dei principali effetti negativi, che ammonta a circa un grado celsius rispetto al 1800. L'incremento delle temperature superficiali del globo, rispetto all'energia ricevuta dal sole, è riportato in Figura 1.5. Questo grafico mostra come l'energia che il pianeta terra riceve dal sole non abbia registrato incrementi netti, per questo motivo è estremamente improbabile che sia il sole la causa del riscaldamento globale;

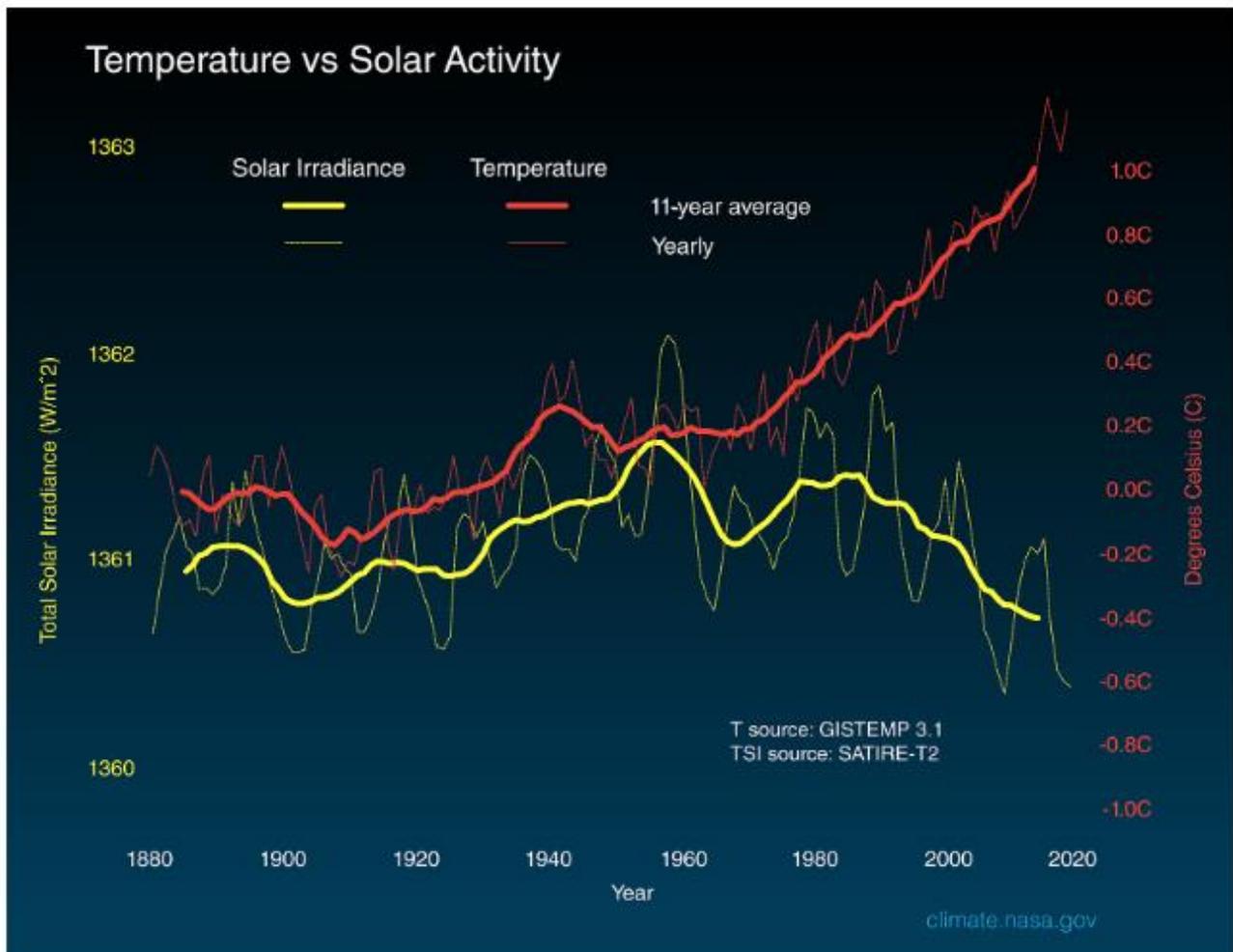


Figura 1.5: Incremento della temperatura superficiale globale.

Fonte: [9S].

- scioglimento dei ghiacciai. Con questo vengono incluse le distese di ghiaccio ai poli, i picchi ghiacciati delle montagne, ed in generale i volumi di ghiaccio presenti sul nostro pianeta, ad esempio nel parco nazionale del Montana, dal 1910 ad oggi, il numero di ghiacciai è passato da 150 a meno di trenta;
- innalzamento dei livelli del mare. Innalzamento di circa 3,2 millimetri ogni anno, ritmo in aumento negli ultimi anni, dovuto all'effetto precedente, lo scioglimento dei ghiacciai;

- cambiamenti dei comportamenti della fauna selvatica. Alcune specie di animali sono costrette a migrare verso zone del globo più fresche a seguito degli innalzamenti di temperatura o dei livelli del mare. Ad esempio, i pinguini Adélie hanno subito un decremento del 90% della loro popolazione.
Altre specie, invece, hanno aumentato notevolmente la loro popolazione, un esempio l'incremento di scolitide (bark beetles) ha devastato diversi acri di foresta negli stati uniti;
- aumento delle precipitazioni medie. I livelli di precipitazioni, pioggia e neve, è aumentato intorno al globo ma, diverse regioni sono sempre più soggette a periodi di siccità, incendi spontanei o mancanze di acqua;

Dato che questi gas hanno effetti diversi sull'ecosistema e sulla fauna terrestre, è più corretto parlare genericamente dei loro effetti e non limitarsi al solo riscaldamento globale o all'innalzamento dei livelli delle acque di oceani e mari.

Altri effetti che potrebbero verificarsi in futuro, se la temperatura globale continua ad innalzarsi sono, [8S, 9S]:

- maggiore frequenza di uragani e temporali;
- meno acqua potabile, in quanto i ghiacciai ne contengono circa il 75%;
- nuovi malesseri e malattie; Migrazioni di specie animali;

1.2 – Il trasporto delle merci

Il settore è in continuo cambiamento e segue differenti drivers, che influenzano il come, quanto, quando e perché persone e beni si spostano. Un esempio dell'evoluzione di questo settore, seppur limitato al trasporto di persone, è presente nell'articolo, [1]. All'interno di questo documento viene messo in evidenza come la distanza media percorsa aumenti con l'introduzione di nuovi sistemi di trasporto.

Questo ragionamento può essere adattato al trasporto merci, prendendo in considerazione l'introduzione di nuovi carburanti o nuovi algoritmi di *routing* che ottimizzino il trasporto. Un miglioramento di una modalità di trasporto può portare a costi minori, con conseguente aumento della domanda.

Le distanze diminuiscono quando viene introdotta una nuova innovazione tecnologica od organizzativa, come ad esempio l'introduzione della possibilità di *smart working*. Per fare nuovamente un parallelismo con il mondo del trasporto delle merci, dopo l'introduzione di un nuovo processo produttivo o, a seguito di una nuova normativa, potrebbe convenire all'azienda riportare la produzione vicino al cliente finale.

L'OECD riporta i valori dei volumi per più di cinquanta paesi dal 2009 al 2020 divisi per trasporto passeggeri e trasporto merci.

Nell'allegato "OECD-freight", basato sui dati forniti sul sito web [8S], vengono raccolti i valori, relativi al trasporto dei beni, di 53 paesi. I paesi OECD [9S] rappresentano circa l'ottanta per cento del commercio e degli investimenti a livello globale.

L'OECD si occupa principalmente di implementare standard e norme, in collaborazione con gli stati membri. Questi standard possono variare da obblighi legislativi, come ad esempio la convenzione contro la corruzione del 1997, raccomandazioni per la salvaguardia dell'ambiente, la protezione dei dati privati dei clienti alla raccomandazione di test chimici specifici. Al momento ci sono 38 paesi iscritti ma, i programmi e le best-practices raggiungono un centinaio di paesi.

All'interno dell'allegato "OECD-freight" sono presenti anche paesi che attualmente non sono membri dell'organizzazione, come ad esempio Cina e Georgia. Analizzando i dati nel loro complessivo, è possibile notare come quasi ogni anno le tonnellate-chilometro aumentino. Non considerando gli ultimi due anni, caratterizzati da un quantitativo inferiore di dati a disposizione, si riscontra una crescita media del 3.8%, con solo tre anni caratterizzati da una crescita negativa. Complessivamente, dal 2000 al 2010, è stata registrata una crescita del 69%, passando da 15.886.436 a 26.855.033 milioni di tonnellate-chilometro, ed un ulteriore aumento di quattordici punti percentuali nei successivi otto anni. Per gli ultimi tre anni non sono disponibili dei dati completi, come mostrato in Figura 1.6.

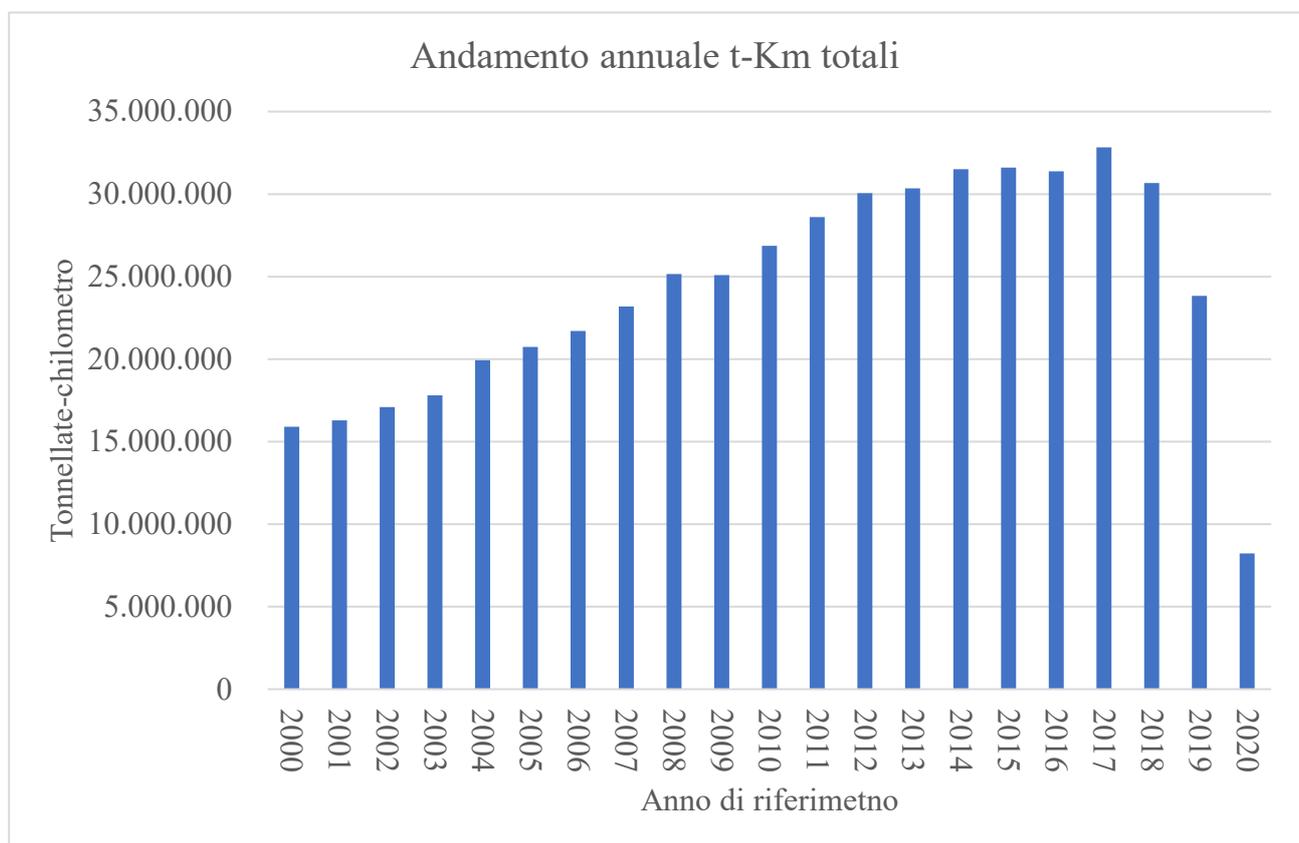


Figura 1.6: Andamento dei volumi, espressi in tonnellate-chilometro, del trasporto delle merci per i paesi OECD.

Fonte: allegato "OECD-freight" basato sui dati di [8S].

L'andamento riportato è dovuto all'aumento di scambi a livello globale, aumento dovuto sia da trasporti più convenienti, in termini economici e temporali, ma anche da un aumento della domanda globale. In particolare, alcuni dei fattori che hanno causato l'aumento di domanda globale sono: l'incremento della popolazione mondiale e il diffondersi di tecnologie che facilitano l'acquisto di prodotti non disponibili localmente. Questi cambiamenti hanno portato, oltre ad un dislocamento

degli impianti produttivi dal paese di origine dell'azienda, ad un distanziamento di domanda ed offerta. Questi avvenimenti hanno causato l'aumento delle distanze che devono essere percorse quotidianamente, distanze principalmente coperte con il trasporto marittimo. Nei capitoli seguenti verrà citata l'importanza dei viaggi marittimi e come essi compongano all'incirca l'ottanta per cento del trasporto globale.

Andando ad analizzare nello specifico il report "OECD-freight" è possibile notare l'andamento dei paesi caratterizzati dai volumi maggiori. Ad esempio, la Cina ha subito un aumento del 250% tra il 2000 e il 2010, ed un ulteriore 50% tra il 2010 e il 2019. Nel complesso i volumi cinesi sono passati da 2.719.710 milioni di tonnellate-kilometro a 14.507.440. Incrementi simili sono riscontrati in un altro paese in rapida crescita, l'India. In questo caso l'aumento percentuale è del 150% nel decennio 2000-2010 e del 52% nei sette anni successivi.

Gli altri due paesi con volumi più elevati, USA e Federazione Russa, hanno incrementi più discreti, nel caso degli Stati Uniti d'America è possibile notare un leggero calo. I volumi relativi alla federazione russa sono aumentati del 76% dal 2020, mentre quelli relativi agli USA sono calati del 2,3% tra il 2000 e il 2018.

Gli andamenti dei paesi caratterizzati dai volumi maggiori sono riportati, e confrontati con i volumi totali, in (Figura 1.7).

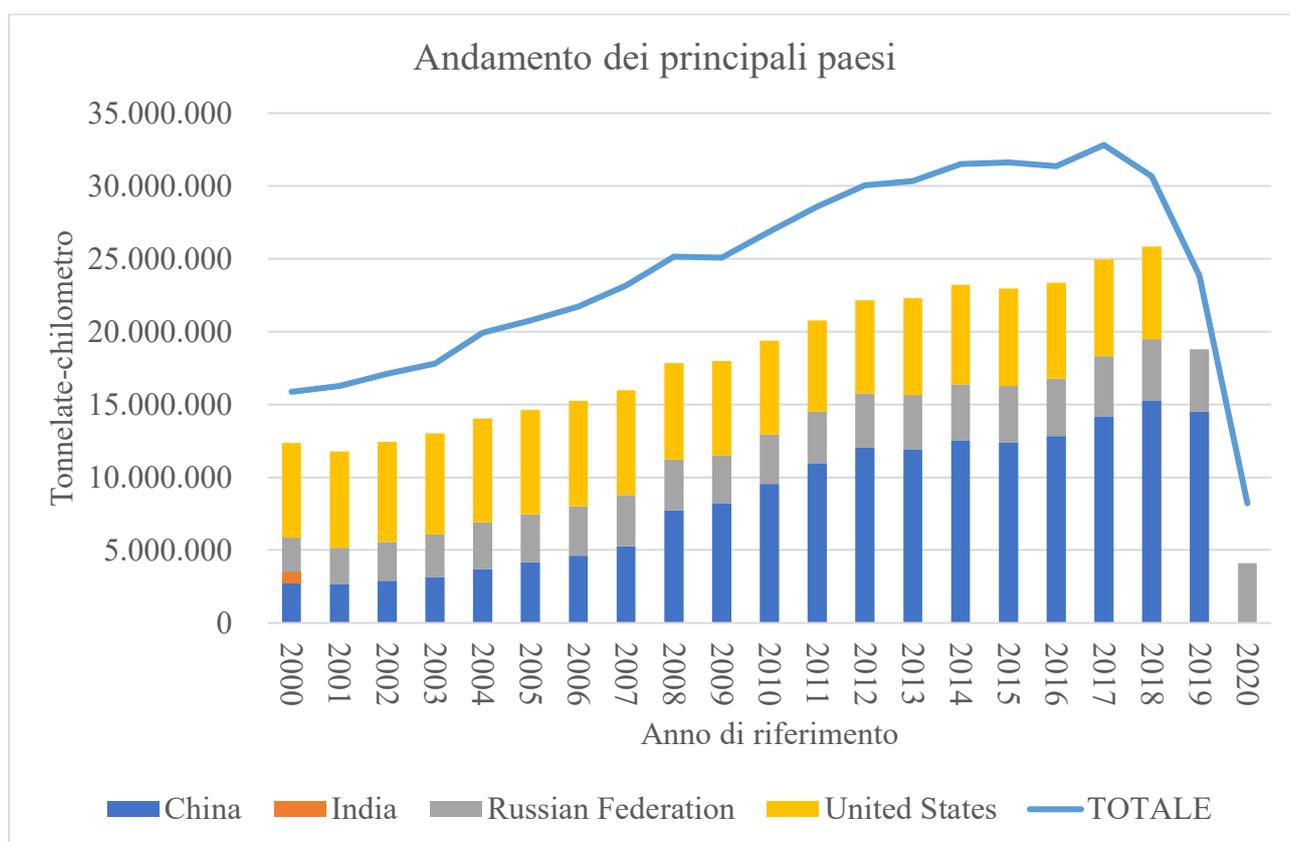
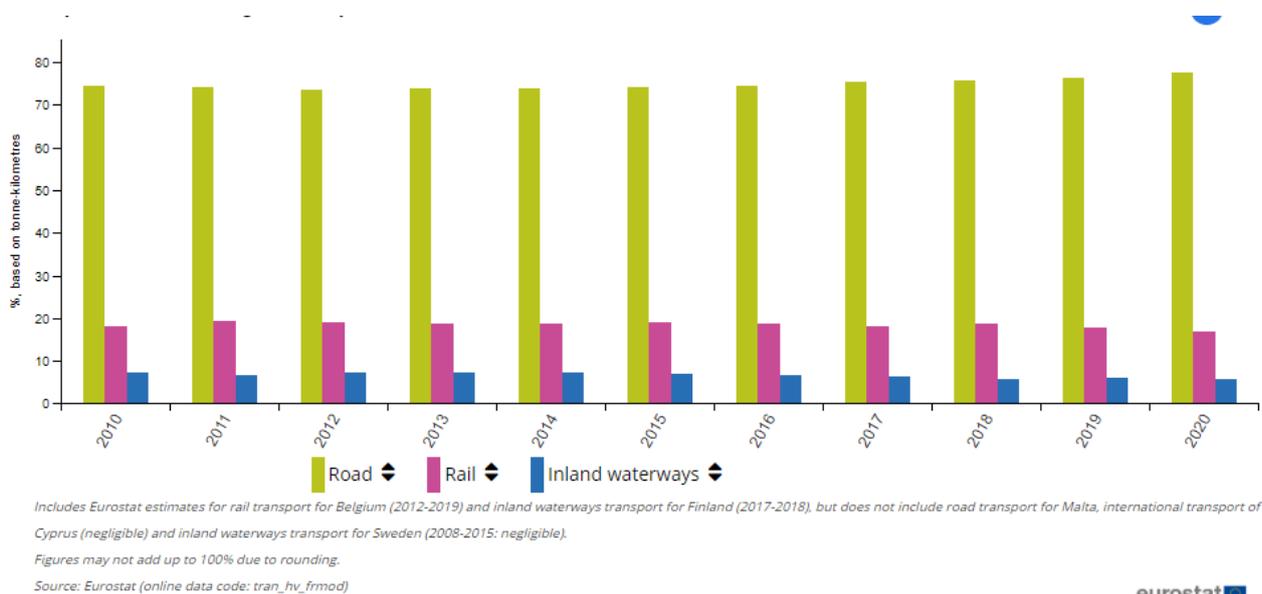


Figura 1.7: Volumi dei principali paese e volumi totali dei paesi OECD per il trasporto merce.
Fonte: allegato "OECD_freight" basato sui dati di [8S].

Dopo aver analizzato il settore dei trasporti e i suoi volumi, saranno di seguito analizzate le differenti modalità di trasporto che possono essere utilizzate in tale ambito: trasporto stradale, trasporto su rotaia, trasporto marittimo, trasporto su vie navigabili interne, trasporto aereo e trasporto su oleodotti. Quest'ultima categoria è utilizzata principalmente per il trasporto di idrocarburi allo stato liquido via terra e, non essendo citata all'interno della metodologia GLEC e dai diversi strumenti analizzati, non sarà analizzata ulteriormente.

La ripartizione dei volumi trasportati all'interno dell'Europa sono riportati in (Figura 1.8) [12S].

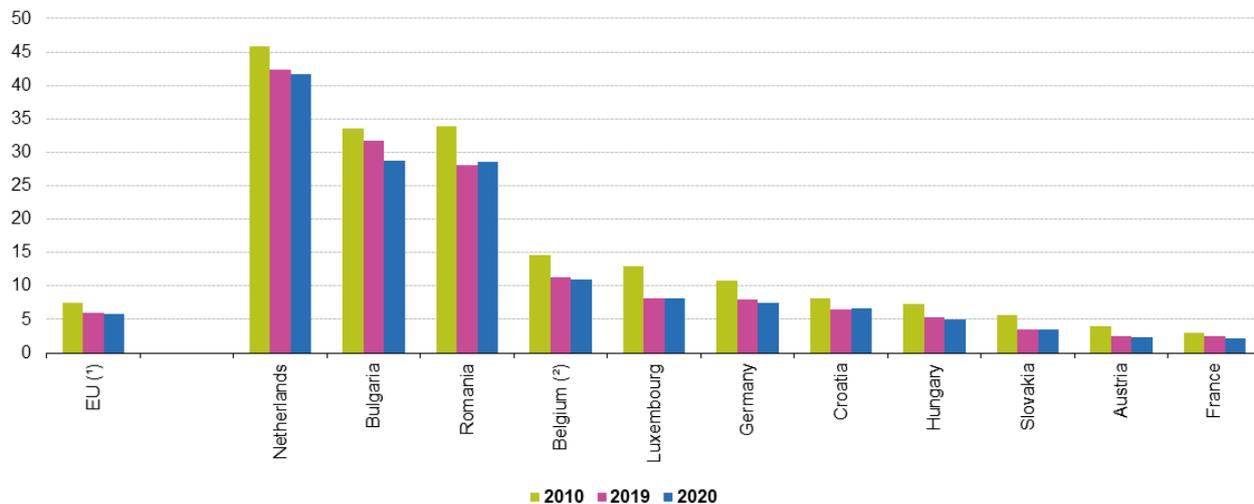


In particolare, si può notare che il trasporto su strada rappresenta circa il 70% dei trasporti interni europei. Tra il 2008 e il 2019 la percentuale relativa al trasporto su gomma ha toccato il picco di 76,3% nel 2019 e un minimo di 75,3% nel 2012. Questa diversità rispetto alla situazione globale è dovuta alle distanze che devono essere percorse.

Se da un lato la flessibilità è la caratteristica positiva di questa modalità, i volumi ridotti dei singoli veicoli e il loro impatto sui livelli di congestione compongono i principali lati negativi. Questi veicoli sono soggetti a diverse limitazioni, a livello di massa e volume, per salvaguardare la sicurezza di chi utilizza le stesse infrastrutture. Inoltre, l'efficienza energetica di questi veicoli è fortemente legata al loro peso, ed anche in condizioni ottimali è una delle più basse. A queste caratteristiche vanno aggiunti gli elevati costi di gestione e manutenzione, non solo dei veicoli ma anche delle infrastrutture, come strade e autostrade, che sono necessarie. Per questi motivi, ed altri di natura ambientale, alcuni paesi impongono tasse. Un esempio è il caso della Svizzera, paese in cui viene imposta la Heavy Vehicle tax act, sul trasporto su gomma in favore di modalità di trasporto più ecologiche. In aggiunta ai motivi elencati in precedenza, si aggiunge l'intenzione, da parte del governo svizzero, di salvaguardare il proprio panorama ambientale. Generalmente, questi costi sono calcolati in funzione del peso del veicolo, dei chilometri percorsi e della sua categoria di emissioni, riportata in Europa con la dicitura "Euro" seguita da un numero.

Le altre due modalità di trasporto citate, il trasporto su rotaia e il trasporto per vie navigabili interne, si aggirano, rispettivamente, attorno al 18-19% e al 7% dei volumi. Quest'ultima modalità di trasporto ricopre un ruolo importante in Olanda, Bulgaria e Romania.

Share of inland waterways in total inland freight transport, 2010, 2019 and 2020
(%, based on tonne-kilometres)



Note: Countries with no or negligible inland waterways transport (less than 1% in the total inland freight transport of the country) are not presented. Countries are ranked based on 2020 data.

(*) Eurostat estimates.

(†) 2019-2020: Eurostat estimates. 2018: break in time series.

Source: Eurostat (online data code: tran_hv_fmod)

eurostat

Volumi dovuti all'elevata portata dei fiumi presenti in questi paesi che permette, ai mezzi che soddisfano determinati requisiti, di essere percorsi per il trasporto merce. Le percentuali, che caratterizzano i singoli paesi europei e l'intera EU, sono riportate di seguito, (Figura 1.9).

Figura 1.9: Trasporto per vie navigabili interne in Europa.

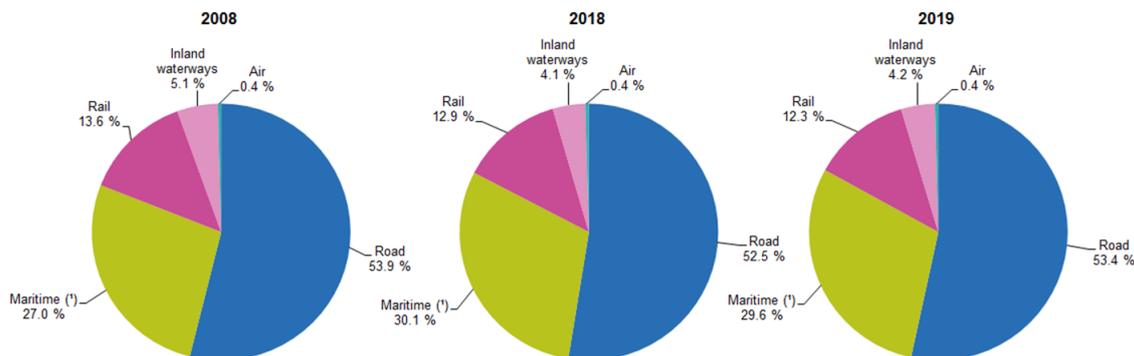
Fonte: [13S].

Il trasporto su rotaia è caratterizzato da elevati investimenti iniziali, per questo motivo le aziende che operano in questo settore sono nazionali o in condizioni di oligopolio, in certi casi monopolio. Inoltre, questa metodologia di trasporto è caratterizzata da schedulazioni molto rigide, sia per il carico/scarico della merce che per il loro trasporto, questo è dovuto al fatto che lo stesso mezzo di trasporto è condiviso da diverse parti. Queste limitazioni sono ancora più rigide se l'infrastruttura è condivisa con il trasporto passeggero. Il risvolto positivo del trasporto su rotaia sono l'elevata capacità di trasporto e il relativamente basso impatto ambientale.

Se si considerano i volumi totali movimentati dall'Europa, il trasporto stradale mantiene il suo ruolo dominante, anche se il suo peso scende a qualche punto percentuale sopra il 50%. La seconda modalità

in termini di tonnellate-chilometro è il trasporto marittimo, il quale copre circa il 30% dei trasporti totali europei. Il trasporto aereo rappresenta una percentuale minima dei trasporti totali, (Figura 1.10).

Modal split of freight transport, EU, 2008, 2018 and 2019
(% share in tonne-kilometres)



Note: Includes rail transport estimates for Belgium (2018-2019), road freight transport estimates for Malta and inland waterways transport estimates for Bulgaria (2008), Romania (2008), Finland (2018), but does not include inland waterways transport for Sweden (2008: negligible). Figures may not add up to 100% due to rounding.

(*) Maritime cover only intra-EU transport (transport to/from countries of the EU) and exclude extra-EU transport.

Source: Eurostat (online data codes: rail_go_total (rail), iww_go_atygo (inland waterways), road_go_ta_tott (national road transport), road_go_ca_c (road cabotage transport), avia_tppo (air) and Eurostat computations (international road transport and maritime transport).

eurostat

Figura 1.10: Modal split del trasporto merce in Europa.

Fonte: [14S]

Spostando il focus a livello globale, queste percentuali cambiano in maniera notevole. Nel mondo, infatti, circa l'80% dei volumi trasportati è via mare, [2], in questo documento viene trattata l'importanza del commercio marittimo, importanza rappresentata dalla sua costante crescita di volumi. Crescita che viene riflessa dalle dimensioni sempre maggiori dei mezzi che vengono utilizzati.

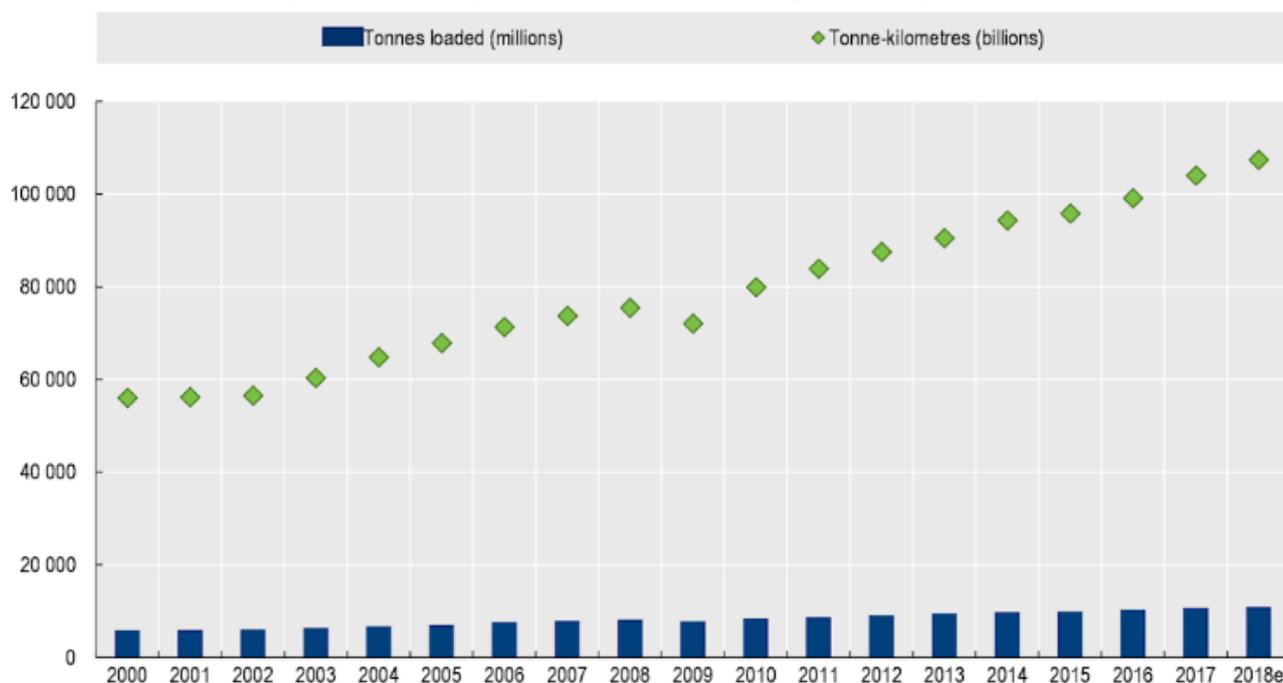
Nel 2003, queste navi erano lunghe circa 300 metri, con una capacità di, più o meno, 8000 TEU. Nel 2010 si è passati a circa 14 mila TEU, e nel 2021 sono stati raggiunti i 400 metri di lunghezza ed una capacità di circa 24 mila TEU. [15S].

Il ruolo sempre più importante del trasporto marittimo (Figura 1.11), è dovuto ad un incremento costante della domanda di beni e il desiderio di minimizzare i costi, non solo di trasporto ma totali. In aggiunta a motivazioni di carattere economico, questa modalità di trasporto è la migliore dal punto di vista energetico.

L'altra faccia della medaglia di queste navi sono le loro difficoltà ad approdare, per questo motivo vengono usati mezzi di dimensioni inferiori per il trasporto di merce tra il porto e queste navi. Questo passaggio aggiuntivo ha anche il lato positivo di evitare che queste navi mastodontiche debbano

deviare dalla loro rotta ottimale. Per queste ragioni al momento le dimensioni di queste navi sono limitate dai porti e da volumi che giustifichino gli investimenti necessari.

Figure 5.2. **Development of total maritime freight demand, 2000-18**



Note: Data for 2018 are estimates.

Source: Data on tonnes for 2000 to 2018 are from UNCTAD (2020[3]), *World seaborne trade database*, <http://stats.unctad.org/seabornetrade> (accessed 7 August 2020). Data on tonne-kilometres are from UNCTAD (2020[4]) *Review of Maritime Transport 2019*, https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2019_en.pdf, based on data from Clarksons Research Services.

Figura 1.11: Volumi spostati globalmente via mare.

Fonte: [16S]

Dai grafici riportati sul sito [16S], in particolare, si evince l'importanza del continente asiatico, con particolare focus sulla Cina, nel mondo dei trasporti. Questa importanza è dovuta, almeno in parte, alla presenza di alcuni dei più grandi porti commerciali a livello mondiale, quattro dei primi cinque porti per volume sono localizzati in Cina. Oltre a questo, è importante notare l'importanza del trasporto su vie navigabili interne. Il paese ha il primo fiume per volumi trasportati, Yangtze, con più di 850 milioni di tonnellate all'anno, [16S]. Di seguito viene riportato il solo grafico raffigurante il confronto tra i volumi, espressi in miliardi di tonnellate-chilometro, del solo trasporto su vie navigabili interne, (Figura 1.12).

Per quanto riguarda il trasporto con oleodotti, questa modalità di trasporto è principalmente utilizzata per il trasporto del petrolio, e dei suoi derivati, via superficie. Questa è la modalità di trasporto migliore se ci si limita a considerare i soli costi di trasporto. Attualmente, è possibile avere delle condotte sottomarine ma, dati i costi e le difficoltà tecniche, il trasporto di questi materiali via mare avviene con l'utilizzo di petroliere, [18S].

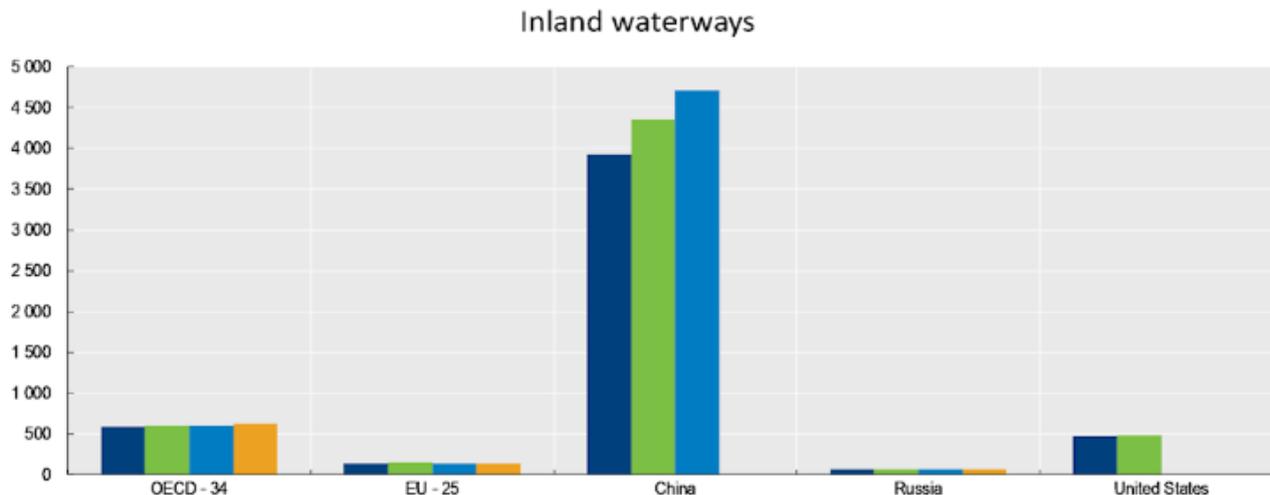


Figura 1.12: Volumi trasportati per vie navigabili interne nel mondo. Fonte: [16S].

1.3 Il trasporto passeggeri

La stessa analisi può essere fatta per i trasporti di passeggeri, in questo caso, a differenza del trasporto merce, si hanno a disposizione i dati per 44 paesi, con valori totali mediamente inferiori ai tre milioni di Milioni di chilometri-passeggeri (pKm).

La crescita media complessiva è del 3.8% e come per la precedente tipologia di trasporto sono stati riscontrati solamente tre anni con crescita negativa. Nel primo decennio si assiste ad una crescita complessiva del 58%, da 15.041.275 a 23.744.112, e nei successivi sette anni, in questo caso sono considerati i dati fino al 2017, la crescita è del 52% e si raggiungono i 36.274.018 milioni di pKm, (Figura 1.13).

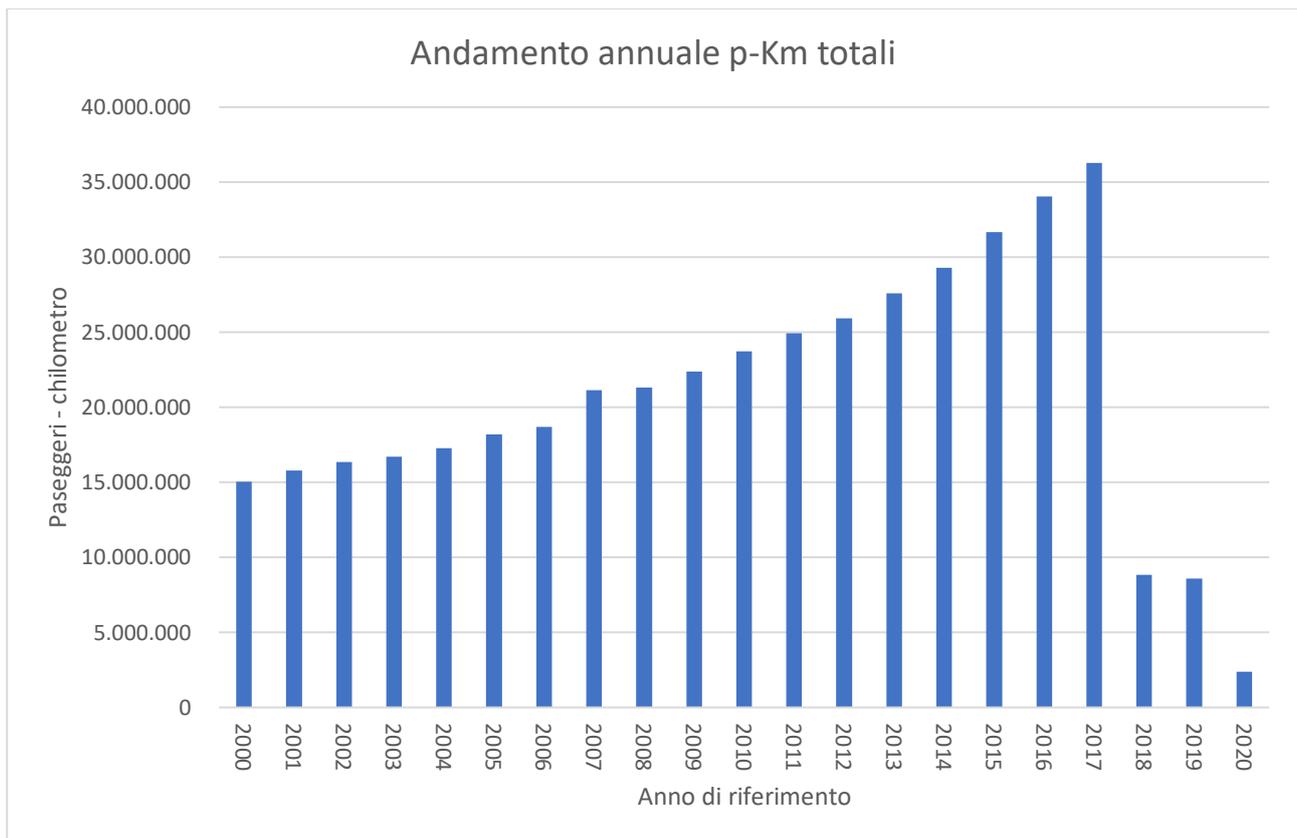


Figura 1.13: Volumi, espressi in passeggeri-chilometro, del trasporto di passeggeri nei paesi OECD.
Fonte: allegato "OECD-passenger" basato sui dati di [8S].

A cambiare, rispetto al trasporto merci, sono i paesi con i volumi maggiori. Per questo sotto-settore USA e India rimangono tra i paesi con i volumi maggiori ma, al posto della Repubblica cinese, che non è presente nel file, si ha un altro paese asiatico, il Giappone. Inoltre, la Repubblica russa ha dei volumi considerevolmente inferiori, circa trecento mila milioni.

Analizzando nello specifico questo file è possibile notare come gli Stati Uniti d'America, India e Giappone, cioè primi paesi per movimentazione, rappresentano più del cinquanta per cento dei volumi totali con 8.249.395 milioni di chilometri-passeggeri, (Figura 1.14).

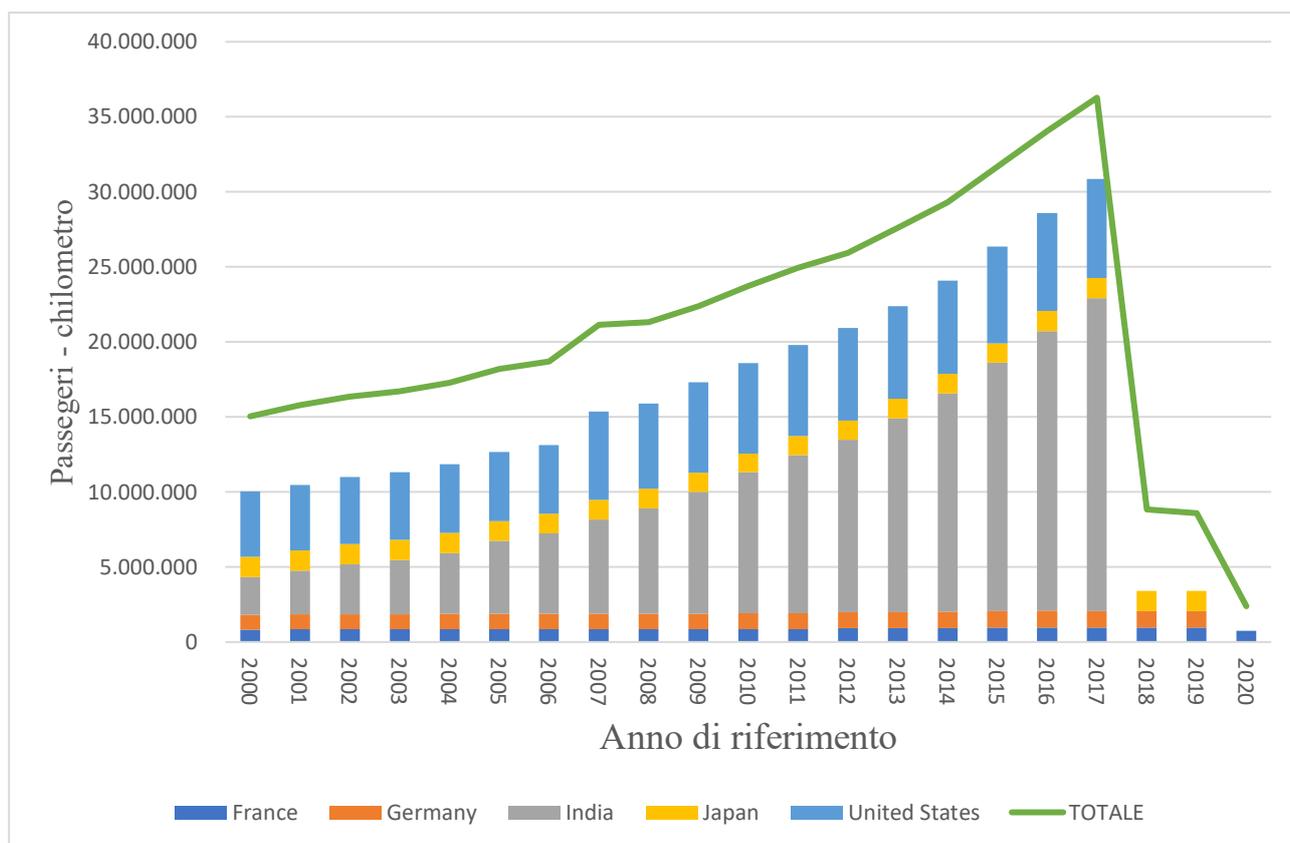


Figura 1.14: Volumi dei principali paesi e volumi totali dei paesi OECD per il trasporto di passeggeri.

Fonte: allegato "OECD-passenger" basato sui dati di [8S].

Prendendo i paesi con il tasso di crescita, tra il 2000 e il 2017, è possibile notare un'altra differenza con il trasporto delle merci. Il paese con il tasso maggiore è l'India, che, come detto in precedenza, è anche uno dei paesi con i volumi maggiori. Questo si discosta da quanto notato per il trasporto di merce, cioè che i paesi con tassi di crescita elevati sono accompagnati da volumi quasi irrilevanti.

All'interno di questi valori solitamente non vengono considerate le modalità di trasporto attive, che includono gli spostamenti in bicicletta o a piedi. Queste modalità sono sempre più importanti per costruire contesti urbani sostenibili.

Il settore dei trasporti cambia in maniera rilevante in funzione della regione del mondo che viene analizzata. Differenze dovute alla storia, struttura o preferenze delle persone.

Per esempio, gli stati europei sono ben connessi sia tra loro che al loro interno. Questo permette ai loro cittadini di poter scegliere tra diversi metodi di trasporto per i loro viaggi. Però, è bene notare che tra i diversi paesi esistono divergenze a livello culturale che, si rispecchiano in benefit differenti per le diverse modalità di trasporto. Alcuni paesi del nord Europa come, Danimarca, Germania e Olanda, hanno leggi e abitudini culturali che privilegiano le biciclette come mezzo di trasporto scelto per gli spostamenti quotidiani. Ad accentuare l'utilizzo delle biciclette, in questi stati, è l'elevato livello di servizio che viene fornito dall'infrastruttura dedicata.

Abitudini completamente diverse possono essere riscontrate negli stati americani e asiatici. In queste regioni del mondo la maggior parte delle persone si sposta con il proprio autoveicolo, creando livelli elevati di congestione.

2. Impatto ambientale delle diverse modalità di trasporto merci

Una volta introdotte le esternalità e spiegato cosa sono, è possibile scendere nel dettaglio sul settore dei trasporti. All'interno di questo capitolo viene fornita una breve descrizione delle singole modalità di trasporto, e degli impianti logistici, riportando il loro impatto sull'intero settore e alcune avvertenze per il calcolo delle emissioni. Le note e avvertenze riportate per ogni modalità di trasporto vengono riassunte all'interno dell'allegato "Note e avvertenze per il calcolo delle emissioni".

Per ogni modalità sono riportati gli intervalli di intensità di emissioni divisi per diverse tipologie di trasporto, di seguito sono riportati i valori complessivi delle singole modalità, (Figura 2.1).

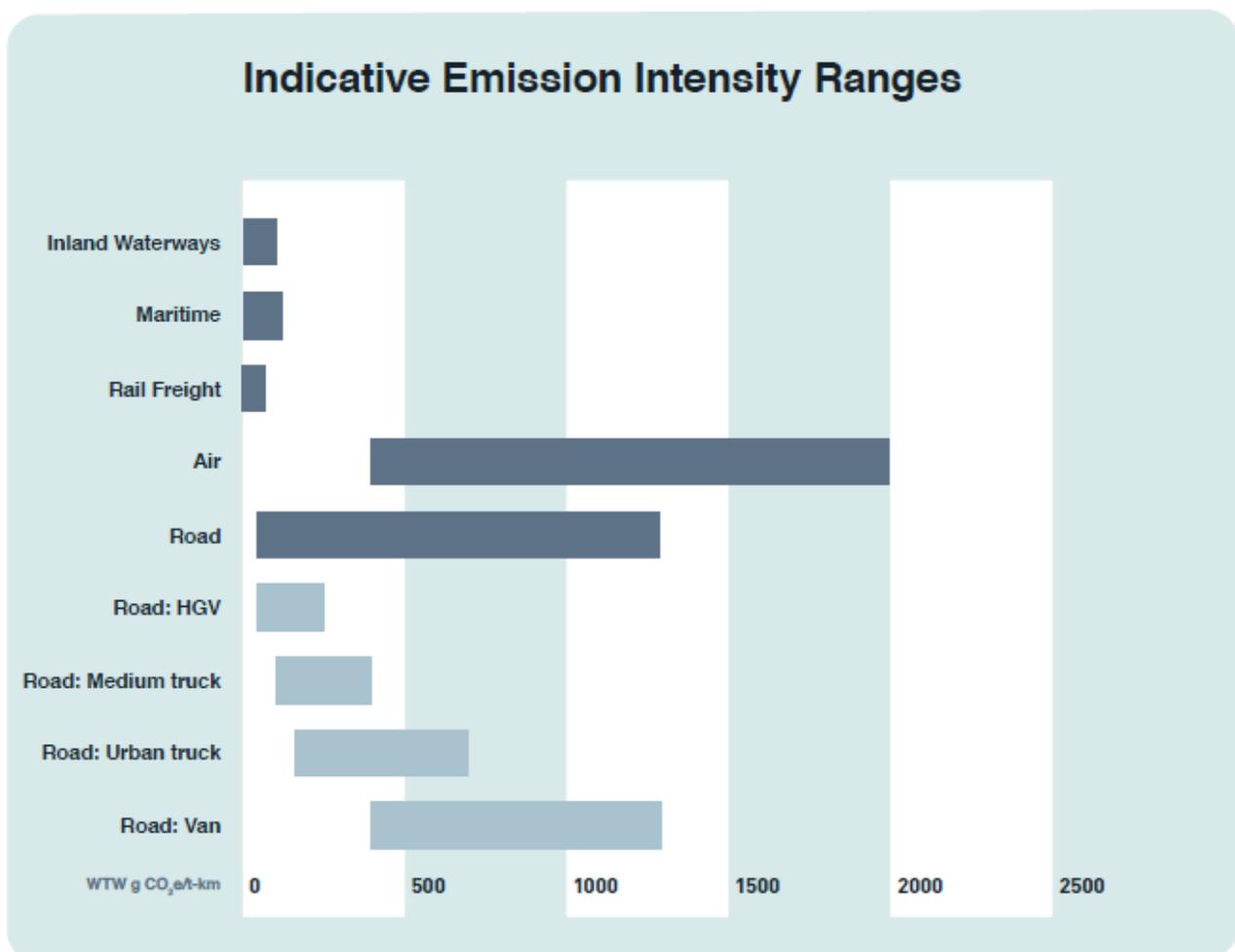


Figure 21. Examples of WTW emission intensity values for different types of freight transport, based on 2019 GLEC default factors.

Figura 2.1: Valori di intensità di emissioni delle diverse modalità di trasporto.

Fonte [3].

2.1 Trasporto aereo

La prima modalità che viene analizzata è quella caratterizzata dai livelli massimi di intensità di emissioni, il trasporto aereo. Tale intensità è inversamente proporzionale alla distanza da percorrere, al diminuire della distanza percorsa aumenta l'impatto dei consumi di carburante, e quindi le emissioni, delle fasi di decollo e atterraggio. Attualmente, le emissioni sono dovute principalmente al trasporto dei passeggeri, circa il 90% delle emissioni totali di questa modalità. Il trasporto merce, attualmente, soddisfa una minima percentuale della domanda totale ma, si tratta di un settore in rapida crescita, [3].

Per questa modalità di trasporto, la merce può essere trasportata in due modalità: insieme ai passeggeri, ovvero insieme ai loro bagagli, in questo caso si parla di un "Belly freight" o "Lower Hold", oppure con aerei appositamente dedicati al solo trasporto merce, i "Freighter". In quest'ultimo caso l'aereo dispone di porte di dimensioni maggiori per facilitare il caricamento della merce. Esistono anche casi in cui è il muso dell'aereo ad aprirsi.

Attualmente meno della metà, ovvero il 47%, della merce trasportata con la modalità aerea viene spostata con mezzi dedicati al solo trasporto merce. Bisogna, però, tenere conto che solo l'8% percento della flotta mondiale appartiene a questa categoria. Questi velivoli vengono usati principalmente per trasportare merce in aree remote, aree per cui vi sono pochi viaggi passeggeri. L'altra casistica, per cui vengono usati aerei adibiti al solo trasporto merce, è quando deve essere trasportata merce fuori misura in tempi brevi. Boeing nel 2016 prevedeva che nel 2035 i volumi gestiti sarebbero saliti a 1200 miliardi di ATK, Tonnellate Chilometro Disponibili, e, che il 63% sarà trasportato con mezzi ibridi, [19S] (Figura 2.2).

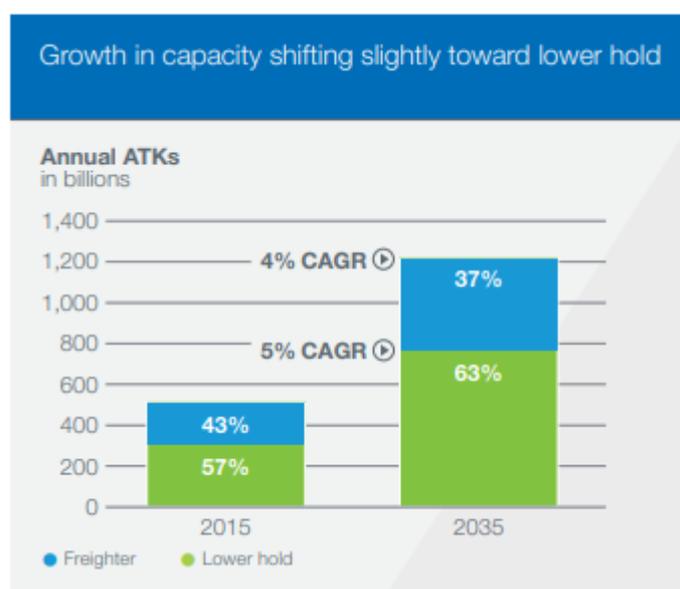


Figura 2.2: Previsione dei volumi globali spostati per via aerea.

Fonte [19S].

Secondo lo studio [4] è stato analizzato che la maggior parte delle emissioni aeree avvengono intorno ai dieci chilometri di altitudine. La riduzione delle emissioni aeree è iniziata con il miglioramento

dell'efficienza dei carburanti utilizzati. Ulteriori miglioramenti possono essere raggiunti migliorando l'aerodinamicità dei veicoli e, con una migliore gestione del traffico aereo.

Per il calcolo delle emissioni oltre ai consigli comuni alle diverse modalità come utilizzare il peso effettivamente trasportato, esistono altri consigli mirati a questa modalità di trasporto. Da standard EN 16258 viene richiesto di aggiungere 95km, per ogni fermata, alla distanza totale per tenere conto delle manovre necessarie. Distanza che viene calcolata come GCD (Great Circle Distance), cioè la minima distanza tra due punti su una sfera. Nel caso in cui siano presenti più leg, cioè non venga effettuato un volo unico, bisogna calcolare le distanze per i singoli viaggi.

Altre raccomandazioni sono relative all'utilizzo dei parametri di calcolo specifici, del modello di aeroplano e carburante, effettivamente utilizzati per il trasporto.

Le intensità di emissioni per il trasporto aereo sono suddivise in funzione della distanza percorsa, (Figura 2.3).



Figure 12. Examples of WTW emission intensity for air transport, based on 2019 GLEC default factors.

Figura 2.3: Valori di intensità di emissioni per il trasporto aereo.

Fonte [3].

2.2 Trasporto per vie navigabili interne

Il trasporto per vie navigabili interne riguarda gli spostamenti attraverso fiumi, in alcuni casi il fiume viene modificato per renderlo navigabile, o canali appositamente costruiti. Solitamente, per questa modalità, vengono usate navi di piccole dimensioni o chiatte.

Tale modalità, così come il trasporto aereo, rappresenta una piccola percentuale del settore logistico, ovvero circa il 4% del trasporto europeo, [14S]. Tuttavia, a differenza del trasporto aereo, il trasporto per vie navigabili interne è contraddistinto da livelli di intensità di emissioni moderatamente bassi. Solitamente questa modalità di trasporto, per via dei bassi volumi trasportati, viene raggruppata con altre modalità di trasporto su acqua e, per questo motivo non sempre sono disponibili dati specifici.

Dato il basso impatto dovuto sia all'intensità che ai bassi volumi, è disponibile un numero inferiore di ricerche sul miglioramento delle emissioni. L'efficiamento in termini di emissioni può essere effettuato sul carburante utilizzato, sulla velocità di trasporto o sul propulsore utilizzato. Al momento non è possibile passare a motori elettrici a causa del peso delle batterie attualmente disponibili. Anche la tipologia di canale ha un impatto sulle emissioni totali del trasporto, motivo per cui è consigliato selezionare correttamente il canale impiegato.

Per il calcolo delle emissioni di questa modalità, secondo l'attuale norma EN 16258, non bisogna considerare se il trasporto è contro corrente o a favore ma, deve essere considerato un valore medio caratteristico di quel canale e tipologia di mezzo impiegato.

I valori di intensità di emissioni sono suddivisi in funzione della tipologia di mezzo utilizzato, (Figura 2.4).

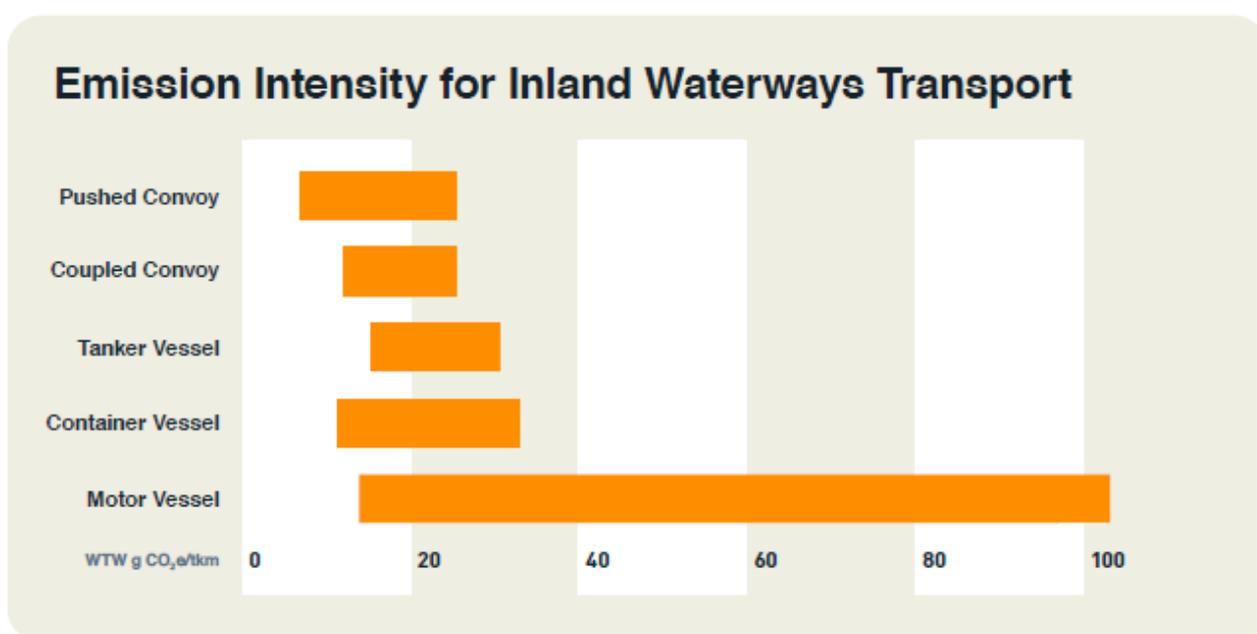


Figure 13. Examples of WTW emission intensity for inland waterway transport, based on 2019 GLEC default factors.

Figura 2.4: Valori di intensità di emissioni per il trasporto aereo.

Fonte: [3].

2.3 Trasporto su rotaia

Nel 2015 a livello globale circa il 7% del trasporto merci è stato trasportato su rotaia, con un impatto del 4% sulle emissioni totali, che corrispondono a 336 milioni di tonnellate di CO₂, [3]. Il trasporto su treno ha livelli di intensità comparabili a quelli del trasporto per vie navigabili interne.

Attualmente la grande maggioranza dei treni utilizza carburanti provenienti da fonti fossili ma, negli ultimi anni l'utilizzo di mezzi elettrici è più che raddoppiato e le emissioni sono diminuite di circa un terzo. I livelli di elettrificazione variano in base alla regione del mondo in cui avviene il trasporto. [5]

Anche per il trasporto su rotaia è importante utilizzare i dati puntuali di massa, distanza e carburante utilizzato. Nel caso in cui non siano disponibili si può utilizzare la massa della merce trasportata come indicatore per stimare la massa complessiva. Per la distanza percorsa alcuni fornitori mettono a disposizione strumenti per il calcolo delle distanze, ad esempio EcoTransIT. Per quanto riguarda la percentuale di utilizzo e i valori di default, non sono disponibili dati affidabili o ben definiti. Per il primo dato EcoTransIT fornisce una stima basandosi sul netto e totale delle tonnellate-chilometro mentre, SmartWay fornisce la capacità media dei mezzi per il nord America.

Per i valori di default sono disponibili dati soprattutto per il nord America e l'Europa. Altri aspetti per migliorare il calcolo delle emissioni riguardano la classe del motore e le dimensioni del treno oppure, se si tratta di un viaggio diretto e la tipologia di merce che viene trasportata e il come.

I valori di intensità dipendono principalmente dalla tipologia di fonte energetica utilizzata (Figura 2.5).

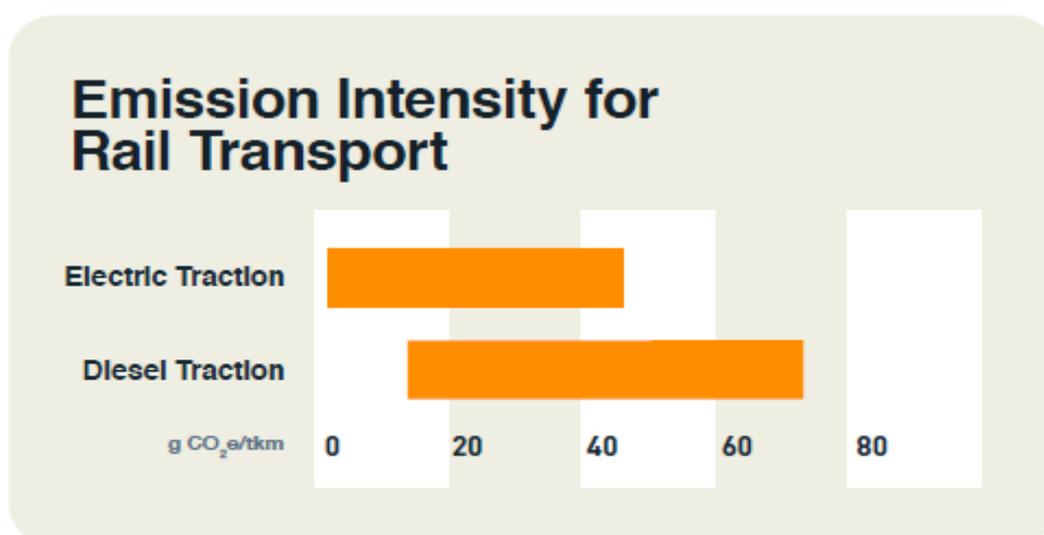


Figure 15. Examples of WTW emission intensity for rail transport, based on 2019 GLEC default factors.

Figura 2.5: Valori di intensità di emissioni per il trasporto via treno.

Fonte: [3].

2.4 TRASPORTO STRADALE

Il trasporto stradale è il maggiore contribuente alle emissioni globali tra tutte le modalità di trasporto. Da solo, rappresenta quasi due terzi del totale, valori del 2017 (Figura 2.6).

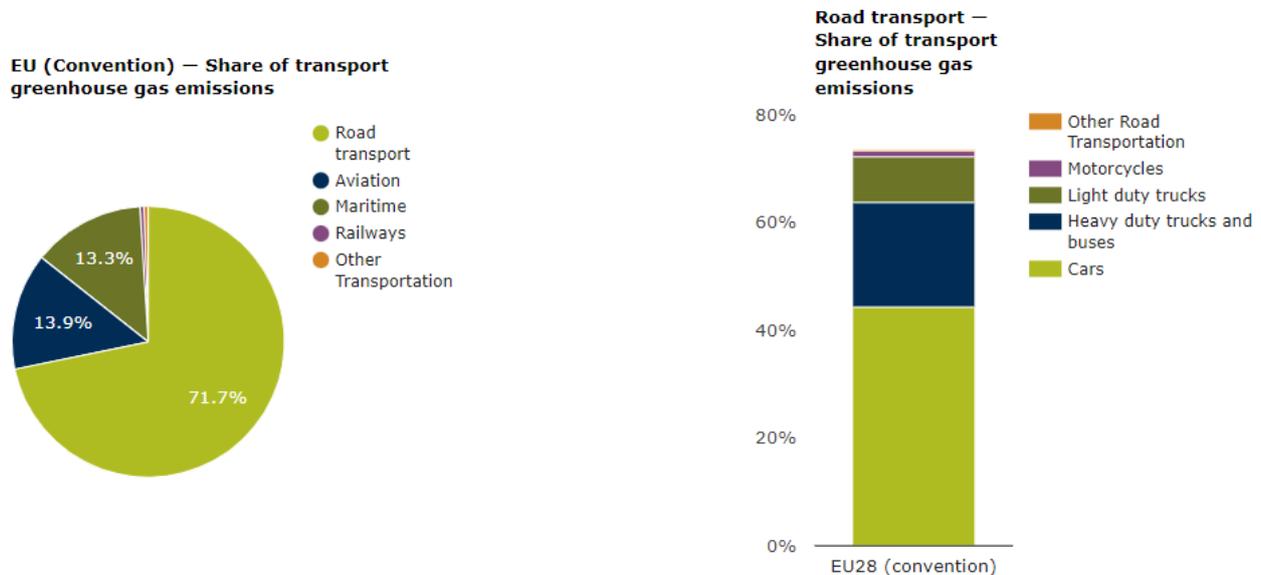


Figura 2.6: Impatto del trasporto stradale.

Fonte: [20S].

Questi livelli di emissioni sono dovuti alla presenza di vecchi modelli sulle strade e, alla ancora bassa percentuale di veicoli elettrici. Molti considerano la transizione a motori elettrici, o ibridi, indispensabile per poter raggiungere gli obiettivi climatici. Nel caso di trasporti con mezzi elettrici bisogna tenere in considerazione di dove viene prodotta l'energia e di eventuali perdite dovute al trasporto e conservazione.

Al momento si sta assistendo ad una diffusione di mezzi elettrici per le tratte medio-brevi mentre, risulta ancora irrealizzabile un mezzo elettrico adatto alle lunghe distanze.

Per incrementare la distanza percorribile dai veicoli elettrici si sta lavorando, oltre che sulle batterie, sulla ricarica del veicolo per induzione.

Questa nuova tecnologia è attualmente implementata in Svezia, con un progetto iniziato nel 2019 e prima implementazione nel 2020, [21S].

Con questa nuova tecnologia, grazie al posizionamento di lastre di rame sotto il manto stradale e sotto il veicolo, la batteria del veicolo viene ricaricata mentre il veicolo si muove.

La velocità ed efficienza della ricarica è proporzionale al numero di piastre poste sul veicolo. Per questo motivo verrà implementata prima per i veicoli dedicati al trasporto merce e per gli autobus. Questa tecnologia è presente in altri paesi, ad esempio, nel 2021 è stata annunciata la prima strada negli Stati Uniti d'America in Michigan, [22S].

Cambiamenti che hanno avuto impatti importanti sulla riduzione dell'impatto di questa modalità di trasporto sono state: l'ottimizzazione dei percorsi, che ha contribuito a ridurre i chilometri necessari

a parità di volumi trasportati; oltre che il miglioramento dell'efficienza di carburanti e motori, con un impatto diretto sulle emissioni emesse dai veicoli utilizzati.

Come per le altre modalità di trasporto, anche in questo caso per il calcolo delle emissioni è consigliabile utilizzare la distanza realmente percorsa dai mezzi. Nel caso in cui questo dato non sia disponibile, è possibile utilizzare la distanza pianificata incrementata del 5%, [6]. Questo incremento permette di tenere conto di eventuali deviazioni o problematiche incontrate lungo il percorso. Ulteriori informazioni che permettono di ottenere un valore più accurato sono: tenere conto della classe del veicolo e del motore, la topografia del percorso, il traffico e stato del manto stradale. Tutti questi fattori hanno un impatto sui consumi, e indirettamente sulle emissioni relative a quel trasporto stradale.

Raccogliere questi dati può risultare particolarmente impegnativo in quanto il settore dell'autotrasporto è altamente frammentato in aziende di piccole-medie dimensioni, che spesso non hanno le capacità tecnologiche e/o la disponibilità finanziaria per la raccolta dei dati.

Gli intervalli di intensità di emissioni per il trasporto di merce su gomma sono riportati in funzione della tipologia di mezzo (Figura 2.7).

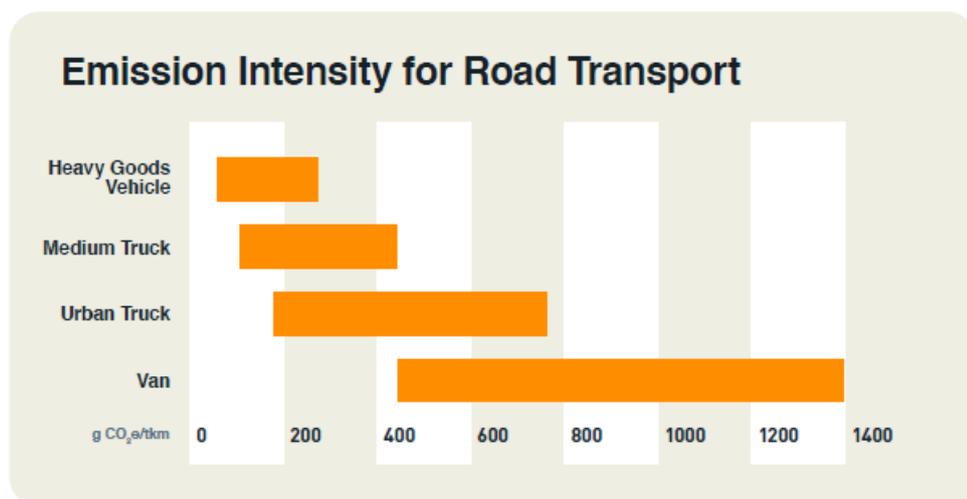


Figure 16. Examples of WTW emission intensity values for different types of EU road vehicles, based on 2019 GLEC default factors.

Figura 2.7: Valori di intensità di emissioni per il trasporto stradale.

Fonte: [3].

2.5 Trasporto marittimo

La maggior parte della merce a livello mondiale è trasportata via mare e contribuisce a circa il 30% delle emissioni totali del settore dei trasporti, [3]. Il calcolo delle emissioni per questa modalità avviene usando i giorni per cui una particolare nave è andata ad una determinata velocità, tenendo conto della categoria di motore, percentuale di carico e i relativi fattori di conversione per i consumi e le emissioni.

Per il trasporto marittimo, in aggiunta alle tradizionali emissioni, è consigliato tenere conto delle emissioni “carbone nero” o “black carbon”. Per questa modalità, questa tipologia di emissioni, sono fonte di preoccupazione, in particolare nei pressi delle zone artiche e di zone altamente abitate, come l'Asia del sud. Inoltre, questa tipologia di emissione ha forti impatti sullo scioglimento dei ghiacciai

e sulla salute delle persone. Per questo motivo è importante conoscere la percentuale di solfuri del carburante utilizzato.

Per migliorare l'efficienza di queste navi, e ridurre l'impatto ambientale di questa modalità di trasporto, vi sono differenti soluzioni possibili. Una di queste è l'impiego di carburanti e motori più efficienti o usare fonti alternative, di seguito sono riportate alcune delle alternative e alcune delle problematiche che, attualmente, frenano il cambiamento:

- motori elettrici. La problematica principale è legata alle batterie che dovrebbero essere utilizzate. Navi elettriche che devono percorrere lunghe distanze hanno la problematica di trovare batterie il cui peso e volume non ostacoli, o impedisca, il viaggio. [3];
- motori ad idrogeno. Alcuni dei dubbi che rallentano l'impiego di questo carburante alternativo riguardano: il comportamento del carburante stesso durante il trasporto, i livelli minimi per far avvenire la combustione, materiali che devono essere utilizzati per la creazione del serbatoio. [23S];
- carburanti a base di ammoniaca. Questo particolare combustibile ha bisogno di un carburante aggiuntivo che assista durante la combustione, questo comporta l'utilizzo di due serbatoi separati e due sistemi di iniezione, elementi che aumentano la complessità e il costo totali. [24S];

Un'altra pratica, che potrebbe ridurre le emissioni, è ridurre la velocità di movimento di questi mezzi. Ma alcuni enti, come l'IMO (International Maritime Organization), nutrono dubbi sull'utilità di questa pratica, perché, se da un lato questa nuova pratica porta alla riduzione delle emissioni di una singola nave, bisognerebbe poi aumentare il numero di mezzi in utilizzo per soddisfare la domanda mondiale.

A differenza del trasporto stradale, in questo caso, i mezzi sono maggiormente concentrati e ben documentati. Con i miglioramenti tecnico-informatici è possibile condividere esattamente quale mezzo viene utilizzato, con conseguenze positive sulla trasparenza di una catena logistica. In questo modo, sapendo esattamente quale mezzo viene utilizzato, è possibile calcolare più accuratamente le emissioni di quella tratta. Normalmente queste navi sono misurate con i container da venti piedi come unità di misura. Per questo motivo è difficile sapere il peso effettivo della merce trasportata. EcoTransIT, CCWG e SFC hanno raggiunto un accordo sul metodo standard per convertire i TEU in peso netto.

La distanza percorsa può essere trovata nei libri di bordo, e tiene conto delle diverse fermate e deviazioni per colpa del meteo. Nel caso non sia disponibile è possibile utilizzare la distanza SFD (Shortest Feasible Distance) aumentata del 15%, parametro richiesto dal CCWG (Clean Cargo Working Group). Anche per la percentuale di carico sono disponibili dei valori medi nel caso in cui non siano disponibili quelli puntuali.

Gli intervalli di intensità di emissioni dipendono dalle dimensioni del mezzo e dalla sua tipologia, (Figura 2.8).

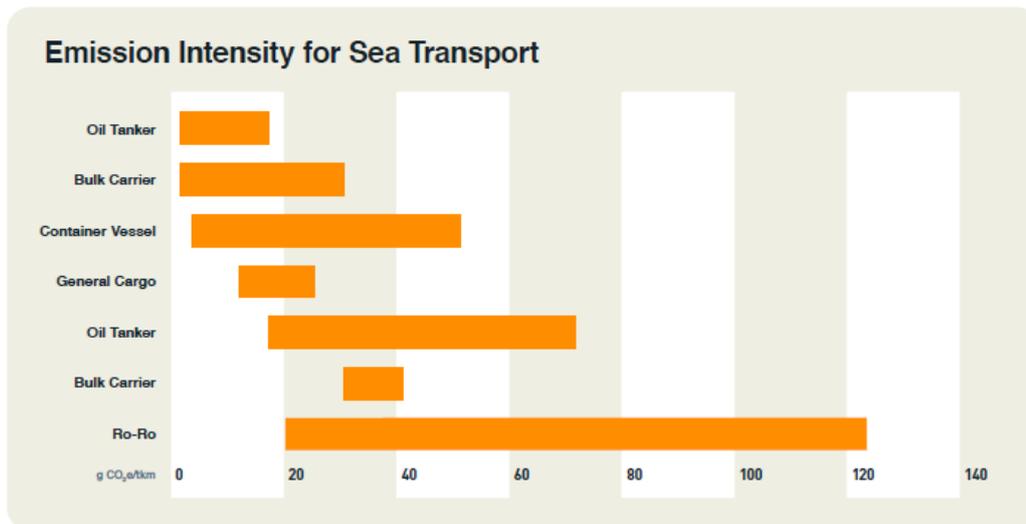


Figure 17. Examples of WTW emission intensity values for different types of oceangoing vessels, based on 2019 GLEC default factors.

Figura 2.8: Valori di intensità di emissioni per il trasporto navale.

Fonte: [3].

2.6 Terminali logistici

Oltre ai mezzi di trasporto bisogna tenere conto anche dell'impatto dei terminali intermodali, se si vuole calcolare l'impatto dell'intera catena logistica. Il World Economic Forum stima che l'impatto ambientale dei terminali sia pari al 13% delle emissioni totali della catena logistica, [3]. Bisogna tenere conto che si tratta di un valore medio e che varia significativamente in funzione non solo della tipologia di edificio ma, anche delle attività che vengono compiute al suo interno. Oltre alla tipologia e attività, come ad esempio il mantenimento di una temperatura costante, le emissioni di un terminale dipendono anche dalla regione geografica in cui è localizzato.

Se non si hanno a disposizione i consumi esatti del terminale, è possibile stimare i consumi energetici relativi all'attività di movimentazione, o trattamento della merce, usando il peso totale della merce che esce dal sito. È difficile trovare dei valori di default, non solo perché si tratta di terminali appartenenti a categorie differenti ma, anche perché all'interno della stessa categoria esistono siti che compiono attività differenti.

Queste stime non sono necessarie se si ha accesso ai consumi totali del sito, bollette elettriche e consumi legati al riscaldamento.

Durante il calcolo delle emissioni dei siti logistici è importante tenere conto anche delle perdite di prodotti refrigeranti. I prodotti contenenti fluoro e/o cloro hanno un elevato impatto ambientale una volta che sono rilasciati nell'ambiente. Attualmente, la maggior parte dei siti logistici a temperatura controllata fa uso di refrigeranti privi di impatto ambientale, come ad esempio l'R717.

I valori di intensità di emissioni sono riportati in funzione della tipologia di terminale (Figura 2.9).



Figure 14. Examples of WTW emission intensity for logistics sites, based on 2019 GLEC default factors.

Figura 2.9: Valori di intensità per i terminali logistici.

Fonte: [3].

3. Il calcolo delle emissioni

3.1 Le policy

Di seguito verranno brevemente descritte alcune delle normative che regolano le emissioni del settore dei trasporti.

3.1.1. EN 16258 - 2012

La normativa EN 16258 - 2012, “*Methodology for calculation and declaration of energy consumption and greenhouse gas emissions of transport services*”, indica cosa deve essere incluso all’interno del calcolo delle emissioni e cosa, invece, può o deve essere escluso.

Nello specifico, questa normativa include le emissioni indirette all’interno del calcolo totale. Le emissioni indirette si riferiscono alle emissioni generate durante la produzione o il trasporto del carburante, mezzo di trasporto e la costruzione e manutenzione delle infrastrutture. Secondo la normativa EN 16258, queste ultime due devono essere escluse dal calcolo delle emissioni totali. Devono essere invece incluse le esternalità generate e i consumi di energia relativi alla produzione e trasporto del carburante, anche conosciuti come Well To Tank. In precedenza, venivano considerati solo i consumi e le esternalità dirette, Tank to Wheels, cioè i

consumi e le esternalità implicabili direttamente all'utilizzo del mezzo di trasporto. La normativa richiede di specificare separatamente i consumi totali, Well To Wheels, e i consumi diretti.

I consumi WTW considerano l'intera della catena produttiva e distributiva, invece, i consumi TTW considerano i soli consumi diretti del veicolo (Figura 3.1).

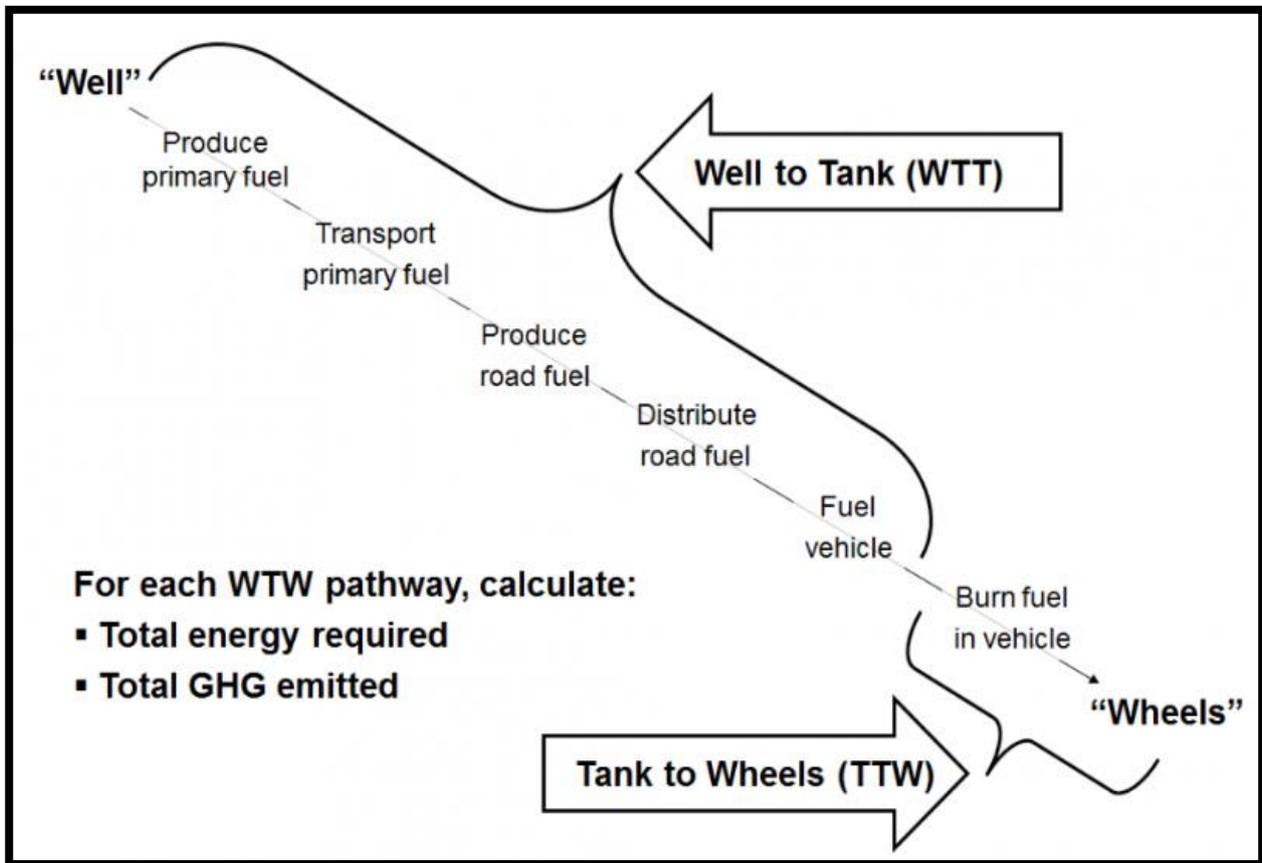


Figura 3.1: Differenza tra emissioni WTW e TTW.

Fonte: [25S]

Secondo la normativa è riduttivo calcolare solo le emissioni di CO₂, anche se si tratta del gas serra con l'impatto maggiore. Ci sono altri gas serra, in precedenza sono stati citati alcuni di essi: metano (CH₄), ossido di diazoto (N₂O), vapore acqueo (H₂O) e ozono (O₃), che devono essere considerati. Per questo motivo le emissioni vengono spesso espresse in termini di CO₂ equivalente, calcolate in funzione del GWP, Global Warming Potential, e delle quantità dei singoli gas. Per il trasporto su gomma non si notano grosse differenze, all'incirca uno o due punti percentuali, mentre per la produzione di energia elettrica possono verificarsi aumenti del 10% in base al metodo di generazione utilizzato, [7]. Questi calcoli devono essere fatti tenendo in considerazione anche una porzione di viaggi a vuoto. La EN 16258 si limita a considerare i consumi e le emissioni relative al trasporto e non vengono considerate quelle imputabili alla manipolazione e la conservazione della merce nei magazzini.

La norma non specifica quale metodo deve essere usato per calcolare i consumi e le emissioni ma, specifica solamente che oltre a questi valori deve essere indicato come sono stati calcolati e quali

valori sono stati utilizzati per l'allocazione e quali valori sono presi da database, indicando quale e quando e l'anno di aggiornamento.

3.1.2 ISO 14000

Le fonti relative a questa famiglia di normative sono: [26S, 27S, 28S].

In questo caso non si tratta di una singola normativa ma, di una famiglia di esse mirate ad aiutare le organizzazioni a:

- minimizzare il loro impatto ambientale
- seguire le leggi e norme e tutti i requisiti riguardanti temi ambientalistici
- continuare a migliorare nei due punti precedenti

Il modello per queste normative è stato pensato per la prima volta nel 1996 da BS 7750. Nel 2017 sono presenti più di 300.000 certificazioni ISO 14001 in 171 paesi. Queste norme sono state pensate con la finalità di spingere le organizzazioni a dichiarare le loro emissioni e, allo stesso tempo, di fornire loro un modello unico per facilitare i confronti.

Al centro di questa famiglia si trova lo standard 14001. Questa normativa aiuta le aziende nella creazione e implementazione di EMS (Environmental Management System) efficiente. Altri standard in questa categoria forniscono strumenti specializzati per i diversi aspetti.

Importante da tenere a mente che, come per la EN 16258 queste normative non sono regole, che le organizzazioni devono seguire ma, delle metodologie e standard da seguire per ottenere un EMS di qualità e per essere in conformi con le diverse norme esistenti.

Di seguito viene descritta, seppur brevemente, la normativa appartenente a questa famiglia, che tratta la sezione relativa agli strumenti per il calcolo delle emissioni.

3.1.2.1 ISO 14064 - 2006

La ISO 14064 fornisce alle organizzazioni gli strumenti necessari per quantificare, monitorare, riportare e verificare le loro emissioni di gas serra.

Questa norma è divisa in tre sezioni:

1. ISO 14064-1:2018. Specifica i requisiti e principi a livello organizzativo per la quantificazione e dichiarazione delle emissioni di GHG. In questo momento viene consigliato di suddividere le emissioni in funzione del loro scopes di appartenenza.
2. ISO 14064-2:2019. Fornisce gli strumenti necessari per definire un corretto progetto di riduzione delle emissioni. Supporta nella ricerca delle fonti di GHG e nelle fasi di, controllo e documentazione delle performance del progetto.
3. ISO 14064-3:2019. Specifica i principi e fornisce una guida per coloro che devono verificare le affermazioni riportate nei primi due punti.

I principi alla base di questa normativa sono stati utilizzati per metodologie di calcolo a livello nazionale come lo standard inglese Carbon Trust. Questo standard, ISO 14064, è stato riconosciuto dal progetto Carbon Disclosure.

3.2 DIFFICOLTA' DEL CALCOLO

In questo capitolo verranno descritte alcune delle difficoltà che possono verificarsi, non solo durante il calcolo delle emissioni ma, anche durante la raccolta dei dati necessari.

Nello specifico, la difficoltà maggiore deve essere superata proprio durante la raccolta dei dati, e non durante il loro calcolo. I dati devono infatti essere raccolti in modo preciso e affidabile. Alcuni di questi dati, come la distanza percorsa o il peso della merce, possono essere raccolti o stimati in modo accurato, le aziende conoscono i loro prodotti e la tratta che percorrono, o nel caso sia esternalizzato il trasporto, è possibile stimarla sapendo i punti di partenza e arrivo e la modalità di trasporto.

Questi dati non sono sufficienti a calcolare accuratamente le emissioni totali di quel trasporto. Per farlo è necessario avere a disposizione altre informazioni tra cui, il modello e il carburante utilizzato. Per essere ancora più precisi è necessario conoscere lo stato del veicolo, e del suo motore, e la fonte del carburante utilizzato.

Il vettore che effettua il trasporto potrebbe conoscere queste informazioni, conosce i propri mezzi e, in base al paese di partenza, e le tappe che vengono fatte, è possibile risalire alla fonte del combustibile impiegato. Però, non è detto che tenga traccia dei viaggi effettuati da ogni singolo mezzo e i loro consumi, eventualità particolarmente veritiera nel caso di trasporto su gomma in Italia, modalità in cui il vettore di riferimento fa uso di diversi soggetti terzi.

I consumi di un veicolo sono influenzati anche dallo stato generale dello stesso veicolo, dallo stile di guida o dal livello di traffico, oppure da altri fattori esterni, oltre che dal peso trasportato e dalla distanza.

Anche sapendo i consumi complessivi, sia di andata che di ritorno, del singolo mezzo e saperli abbinare alle relative consegne, non basterebbe per calcolare le emissioni di quel trasporto. Per poterle calcolare bisogna essere a conoscenza anche della miscela di carburante che è stata utilizzata nelle diverse tratte del percorso. In aggiunta, se si vogliono calcolare le emissioni WTT bisogna essere a conoscenza di come è stato prodotto e trasportato quel carburante, ovvero la fonte di energia utilizzata.

3.2.1. Veicolo usato/Nuovi carburanti

La prima problematica è quella di conoscere i modelli di veicoli impiegati per il trasporto.

Come è stato detto in precedenza, non è sempre possibile conoscere esattamente quale veicolo è stata usato per una specifica tratta, in particolare se i mezzi non sono di propria proprietà.

A complicare questo punto, il calcolo delle emissioni non viene eseguito per i singoli viaggi ma è relativa ad un periodo. Per calcolare, accuratamente, le emissioni bisognerebbe conoscere tutti i mezzi che sono stati usati nel periodo di interesse e quanto sono stati utilizzati. Di conseguenza, le aziende si trovano costrette ad approssimare i valori e usare i parametri del modello maggiormente utilizzato, o considerarne solo alcuni.

A rendere più impegnativa la scelta del mezzo di trasporto, si aggiunge la scelta della classe di emissione e del motore installato, oltre alle informazioni relative al carburante usato ed all'eventuale presenza di consegne di altri enti all'interno dello stesso viaggio, punti trattati successivamente.

Con questo punto viene introdotto il secondo fattore che complica il calcolo delle emissioni di un trasporto. La problematica legata al conoscere la miscela di carburante effettivamente utilizzato, e i relativi fattori di conversione.

Generalmente non si è a conoscenza dell'esatta miscela utilizzata, in quanto varia all'interno dei singoli paesi, in base a dove e quando è stato estratto e ai diversi requisiti richiesti dai governi locali. Per questo motivo, sono disponibili i valori medi e non i valori per i singoli barili o lotti di produzione. In questo modo il valore di emissioni calcolato non sarà preciso ed esatto per la singola misurazione ma, sarà accettabile a livello statistico.

Questo processo di valorizzazione non è ben definito per i carburanti rinnovabili o, per quelli caratterizzati da bassi valori di emissioni di gas serra. Questi carburanti hanno processi produttivi meno definiti e un maggior livello di varietà per quanto riguarda le loro fonti, di conseguenza hanno dei fattori di emissione più variegati.

L'Environmental Protection Agency (EPA) è un'organizzazione che si occupa della registrazione delle composizioni ed efficienze dei carburanti, e aiuta le aziende nelle fasi di reportistica dei propri carburanti.

Sul sito EPA, [29S], è possibile scaricare gli appositi moduli e guide, oltre che trovare informazioni relative ai veicoli utilizzati per testare i carburanti. Tale organizzazione non si limita alla reportistica delle fonti energetiche, ma fornisce sezioni dedicate ai veicoli, ai motori o ad altri componenti tecnici, [30S].

3.2.2. ALLOCAZIONE DELLE EMISSIONI

Una volta che sono state calcolate le emissioni relative ad un singolo viaggio è necessario allocarle alle singole aziende o consegne.

Questa allocazione può essere fatta in funzione del peso o del volume, generalmente le emissioni vengono allocate secondo il primo criterio in quanto si tratta di un valore necessario per i documenti di trasporto. Inoltre, nella maggior parte dei casi, il peso ha un impatto maggiore sulle emissioni generate rispetto al volume della merce o del loro contenitore. Questa metodologia di allocazione è principalmente pensata per il trasporto di sola merce.

La situazione cambia se si tratta di trasporti RO-PAX, cioè sia di passeggeri che di merce. In questo caso la distribuzione delle emissioni, se fatta con il peso, allocherà la quasi totalità di esse al trasporto merci.

Questa allocazione non tiene conto del peso delle infrastrutture dedicate al trasporto passeggero, come le accomodazioni, posti a sedere o camere, o ristoranti nel caso di crociere.

Nel caso in cui non si conosca il peso delle infrastrutture citate sopra, si può considerare di suddividere le emissioni, tra il trasporto merci e quello di passeggeri, in funzione del volume dedicato alle due tipologie. Successivamente, le emissioni relative al trasporto merce possono essere suddivise, tra le diverse consegne, in funzione del volume o, nel caso in cui manchino i dati, in funzione del peso.

Non avere un parametro unico di allocazione genera delle divergenze tra le emissioni calcolate con i diversi strumenti. Questo significa che due strumenti, entrambi approvati, possono restituire valori di emissioni differenti per la stessa consegna a partire dalle stesse emissioni complessive.

4. Strumenti per il calcolo delle emissioni e loro confronto

In questo capitolo verranno spiegati diversi strumenti/approcci per il calcolo delle emissioni, ovvero:

- Metodologia GLEC
- GreenRouter
- EcoTransIT World
- TK'Blue Agency
- Clean Cargo
- Port Links

Tutti questi metodologie/strumenti utilizzano valori di default nel caso in cui non sia possibile disporre di dati puntuali, in quanto non rilevati o troppo difficili da ottenere. Questi dati possono variare in base a chi fornisce i dati o al livello di precisione che è richiesta, in funzione del livello di informazioni a disposizione di chi vuole calcolare le emissioni. Il livello di precisione, solitamente, dipende dalla conoscenza del veicolo e carburante che viene utilizzato, dalla velocità del mezzo e dal percorso seguito.

Questi valori sono da utilizzare solo nel caso in cui non sia possibile utilizzare valori più coerenti con il modello attuale perché, come si è visto, analizzando le singole modalità di trasporto, l'intensità di emissioni può variare notevolmente in alcuni casi. Anche se, utilizzare questi valori causa delle inesattezze nel calcolo delle emissioni, essi permettono di confrontare sistemi di terzi e forniscono una base, più o meno, solida per il calcolo delle emissioni di terzo livello. In aggiunta, permettono, anche a chi non ha una struttura ben definita, di calcolare in breve tempo le proprie emissioni e il proprio impatto.

Le informazioni ottenute con questi strumenti o metodologie devono essere utilizzate non solo da chi fornisce il servizio, che si tratti della gestione dei trasporti e/o dei mezzi, ma anche da chi ne usufruisce. I vettori, grazie a queste informazioni possono analizzare le aree più critiche e capire dove possono migliorare, oppure, studiare diversi progetti di miglioramento e trovare il più adatto alla loro situazione. Inoltre, mostrando il loro impegno ed interesse in ambito ambientale, forniscono un valore aggiunto ai loro clienti, attuali e futuri. I clienti, invece, possono utilizzare questi dati per confrontare i diversi providers e avere a disposizione le informazioni necessarie per fare una scelta che salvaguardi maggiormente l'ambiente e gli interessi dei propri stakeholders.

I tre livelli di emissioni definiti dal GHG Protocol sono, [31S, 32S]:

1. primo livello: Include le emissioni direttamente imputabili agli assets posseduti da un'azienda.

In questo momento vengono inclusi i consumi per produrre energia, sia nei veicoli che per i

generatori, e anche i consumi dei siti logistici, come ad esempio i magazzini. Per quanto riguarda i consumi dei mezzi di trasporto a questo livello ci si limita a considerare i consumi TTW (Tank To Wheels).

2. secondo livello: Include anche le emissioni indirette generate durante la produzione e il trasporto di elettricità, calore o vapore acquistati dall'azienda per le proprie proprietà che necessitano di elettricità.
3. terzo livello: Vengono incluse anche le emissioni indirette relativa all'intera catena logistica. In particolare, vengono incluse le emissioni per il trasporto di beni dai fornitori verso l'azienda considerata.

In questo livello vengono anche incluse la produzione e trasporto dei carburanti consumati nel primo livello. In questo momento vengono anche considerati i consumi WTT (Well To Tank)

Figure [1.1] Overview of GHG Protocol scopes and emissions across the value chain

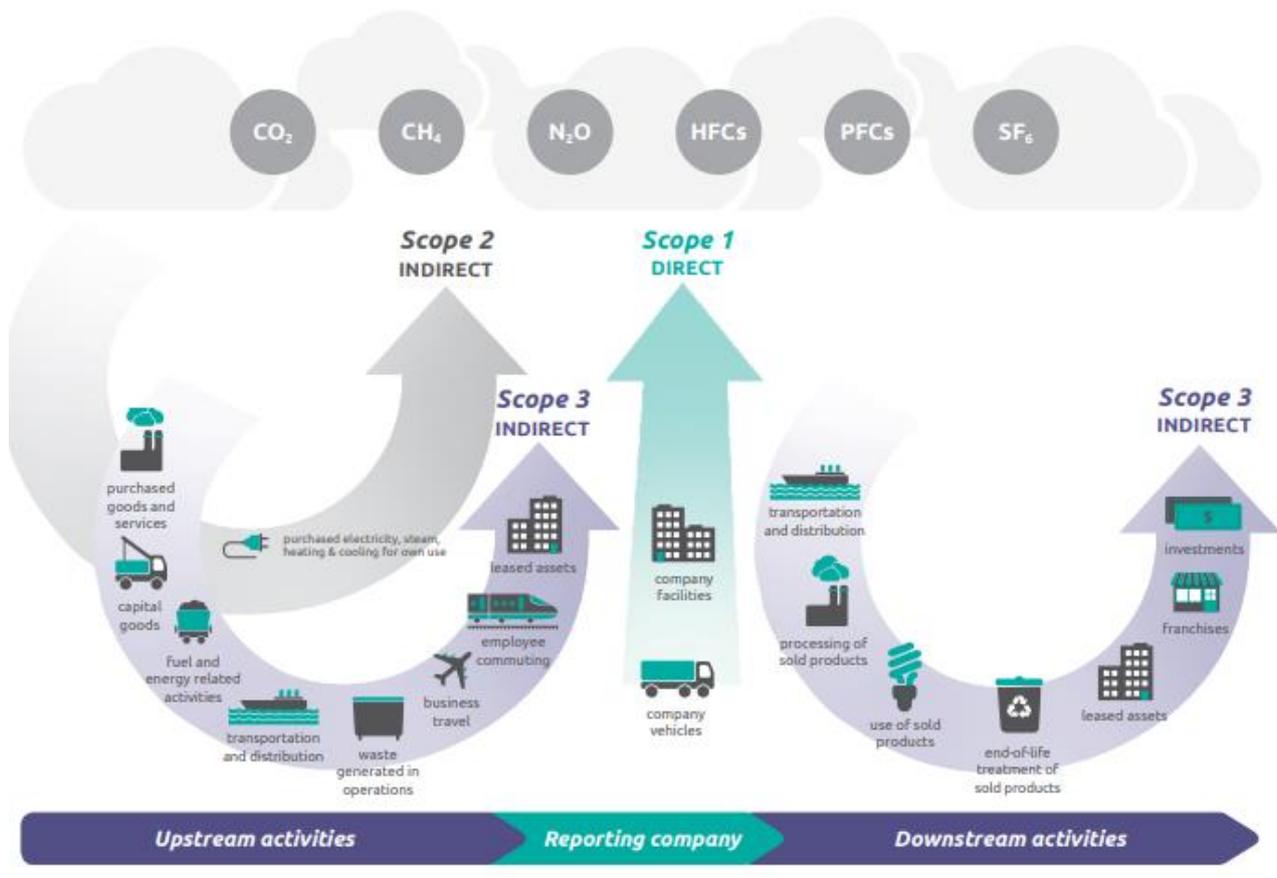


Figura 4.1: I diversi livelli di emissioni.

Fonte: [31S].

4.1 Gli strumenti analizzati

4.1.1. GLEC

L'approccio GLEC è stato sviluppato dall'omonimo consiglio (Global Logistic Emission Council), ed è attualmente l'unico metodo riconosciuto a livello globale per il calcolo di gas serra per catene logistiche multimodali. In aggiunta a questo l'approccio GLEC è in linea con il Greenhouse Gas Protocol, UN-led Global Green Freight Action Plan e CDP Reporting. [3, 33S].

L'approccio è alla base della nuova normativa europea, ISO 14083, che uscirà nei primi mesi del 2023 e copre il trasporto sia di persone che di merce. Questa nuova normativa sostituirà l'attuale EN 16258, descritta in precedenza.

Questo approccio, oltre ad essere usato per quantificare le emissioni, può essere implementato anche per valutare l'impatto di nuovi investimenti, acquisti e nuove strategie. Inoltre, può essere usato sia da aziende e provider logistici ma, anche da investitori e governi, in quanto copre tutti gli scopes di emissioni definiti dal GHG Protocol.

Bisogna specificare che, la metodologia GLEC è un approccio e non uno standard da seguire passo per passo per il calcolo e la dichiarazione delle emissioni. Trattandosi di una metodologia, essa definisce i passaggi che devono essere calcolati e riporta i valori standard che possono/devono essere utilizzati per il calcolo delle emissioni. A differenza degli strumenti, molti dei quali si basano su questa metodologia, i calcoli devono essere eseguiti manualmente.

All'interno del GLEC, vengono descritti i limiti da seguire nei report e le metodologie di base che possono essere usate, con o senza adattazioni. In aggiunta, viene anche segnalato a chi utilizza questo approccio come può migliorare la veridicità dei dati e dei risultati.

L'approccio GLEC permette di calcolare le emissioni di tutti i gas serra che durante il protocollo di Kyoto sono stati definiti come significativi per il loro ruolo sul riscaldamento globale. In un secondo momento è stata aggiunta l'analisi delle emissioni di carbone nero. In ogni caso le emissioni sono espresse in termini di CO2 equivalente.

Per migliorare la compatibilità e comparabilità dei dati, l'approccio GLEC è costruito basandosi su principi già esistenti e armonizza pratiche già diffuse nel settore. Come altri approcci anche questo considera i consumi di terzo livello, WTW, nello specifico fornisce i fattori per convertire i consumi locali e i tank-to-wheel in CO2 equivalente. Per questi valori vengono fornite le medie a livello globale, ma per avere delle analisi più precise bisogna tenere conto di dove e come è stata generata l'energia che viene utilizzata nel caso studio. A differire da caso a caso sono anche i consumi e le esternalità generate durante il trasporto, anche in questo caso i valori proposti dal modello sono dei valori medi a diversi processi e catene logistiche.

Di seguito vengono riportati due esempi di tabelle che possono essere trovati. I valori permettono di convertire i t-km del trasporto marittimo in chili o litri di carburante (Figura 4.2) e i parametri europei per convertire il carburante consumato in chili di CO2 equivalente (Figura 4.3).

Table 45. Sea transport emission intensity factors									
Vehicle characteristics and size	Load characteristics	Basis		Fuel	Consumption factor (kg/t-km)	Consumption factor (l/t-km)	Emission intensity (g CO ₂ e/t-km)		
		Load Factor	Empty Running				WTT	TTW	WTW
Oil tanker <5 dwkt*	Heavy	89%	25%	HFO	0.0178	0.0183	4.6	56	61
	Heavy	89%	25%	MGO	0.0168	0.0186	11	54	66
Oil tanker 5–60 dwkt	Heavy	82%	25%	HFO	0.0062	0.0063	1.6	19	21
	Heavy	82%	25%	MGO	0.0058	0.0064	3.9	19	23
Oil tanker 60–200 dwkt	Heavy	79%	56%	HFO	0.0026	0.0027	0.70	8.1	8.8
	Heavy	79%	56%	MGO	0.0024	0.0027	1.6	7.9	9.5
Oil tanker >200 dwkt	Heavy	89%	52%	HFO	0.0008	0.0008	0.20	2.4	2.6
	Heavy	89%	52%	MGO	0.0007	0.0008	0.50	2.3	2.8
	Heavy	89%	52%	LNG	0.0007	-	0.7	1.9	2.6
General Cargo <10 dwkt	Average/mixed	85%	31%	HFO	0.0056	0.0057	1.4	17.5	19
	Average/mixed	85%	31%	MGO	0.0052	0.0058	3.6	16.9	21

Figura 4.2: Valori di intensità del trasporto marittimo.

Fonte: [3].

Table 32. European Values						
Global	WTT	TTW	WTW	WTT	TTW	WTW
	kg CO ₂ e/kg fuel			kg CO ₂ e/l fuel		
Marine diesel oil	0.68	3.24	3.92	0.61	2.92	3.53
Marine gas oil	0.68	3.24	3.92	0.61	2.88	3.49
Gasoline	0.61	3.25	3.86	0.45	2.42	2.88
Bioethanol	1.56	0.00	1.56	1.24	0.00	1.24
Gasoline, 5% bioethanol blend	0.66	3.08	3.74	0.50	2.30	2.80
Diesel	0.69	3.21	3.90	0.57	2.67	3.24
100% biodiesel (B100)	2.16	0.00	2.16	1.92	0.00	1.92
Diesel, 5% bio-diesel blend (B5)	0.76	3.04	3.80	0.63	2.54	3.17
Liquefied petroleum gas	0.36	3.10	3.46	0.20	1.70	1.90
Compressed natural gas	0.39	2.68	3.07	N/A	N/A	N/A
Liquefied natural gas	0.94	2.68	3.62	N/A	N/A	N/A
Biomethane	0.49	0.00	0.49	N/A	N/A	N/A
Bio-liquefied natural gas	1.04	0.00	1.04	N/A	N/A	N/A

Figura 4.3: Valori di conversione per il trasporto marittimo.

Fonte: [3].

Nel caso in cui si analizzino le emissioni di veicoli elettrici la unità di misura cambia dai chili di carburante ai chilowatt ora. Per la produzione elettrica i fattori aggiornati, e quindi consigliati, sono disponibili sul sito del International Energy Agency (IEA). A seguire sono riportate le formule per calcolare i valori di intensità di emissioni per il trasporto elettrico (Formula 4.1), e nel caso venga usato un carburante (Formula 4.2), le formule sono riprese da [3]. Queste formule devono essere applicate per ogni fonte energetica usata all'interno del viaggio.

$$\text{Electricity emission factor} = \frac{\text{CO2 equivalente emessa [kg]}}{\text{Consumo elettrico [kWh]}} \quad (4.1)$$

$$\text{Fuel emission factor} = \frac{\text{CO2 equivalente emessa [kg]}}{\text{Consumo di carburante [kg]}} \quad (4.2)$$

Per mantenere questo strumento di facile utilizzo o per problemi di disponibilità dei dati, alcuni fattori di impatto non sono considerati all'interno del GLEC. Alcuni esempi di questi fattori esclusi sono:

- consumi ed emissioni delle perdite e fuoriuscite di carburante (potrebbero essere inclusi all'interno dei fattori di conversione);
- esternalità di processi di carattere amministrativo, come viaggi di lavoro o l'utilizzo di computer;
- manutenzione e costruzione di veicoli e dell'infrastruttura necessaria;

Secondo il protocollo GHG per questi valori su cui non si riesce a ricavare valori precisi o, è complicato e lungo il processo necessario ad ottenere queste informazioni, le aziende devono fare del loro meglio per approssimare questi valori e documentare queste mancanze. La maggior parte di questi casi si verifica per i fattori legati al terzo livello, motivo per cui il GHG Protocol fornisce degli strumenti per valutare l'impatto di questo livello.

Ora verranno descritti i passaggi necessari per calcolare, in modo trasparente e affidabile, le emissioni logistiche. Alcune caratteristiche di questi passaggi, come ad esempio l'ordine, possono variare in funzione del ruolo che l'azienda ha all'interno della catena logistica, dei dati disponibili o accordi con i clienti o fornitori di servizi logistici. I tre step sono:

1. Definire i limiti e gli obiettivi.

Viene consigliato di porre analizzare almeno i primi due livelli. Inoltre, bisogna comprendere il più possibile come avvengono i trasporti nel settore di contesto del caso studio da analizzare. Normalmente i dati estratti da questa analisi sono impiegati in ambito scientifico ma, possono essere usati anche come driver per le decisioni strategiche, come la scelta di un provider logistico o decisioni sui mezzi da utilizzare, di un'azienda o stato. L'impiego di questi dati

può spaziare anche al calcolo delle efficienze dei mezzi di trasporto oppure, l'impatto di un prodotto/servizio sull'ambiente.

I dati a disposizione hanno un impatto sull'accuratezza dei risultati, di conseguenza, sull'impatto di questi valori sulle azioni migliorative che vengono proposte. Per questo motivo le informazioni di partenza possono essere suddivise in categorie, elencate di seguito dalla più precisa alla meno affidabile.

- ❖ **Primary Data.** Per il calcolo del primo livello bisogna utilizzare i dati reali e, sono quelli che andrebbero raccolti dai trasportatori per calcolare i consumi del terzo livello. Questi dati forniscono il maggior livello di dettaglio possibile ma, sono difficili da ottenere e bisogna verificare come sono stati ottenuti e misurati;
- ❖ **Modeled Data.** Aziende provider di modelli forniscono informazioni sui mezzi utilizzati e la loro percentuale di utilizzo, volumi e distanze. Questi modelli utilizzano i dati forniti per creare una approssimazione dei consumi e delle emissioni generate. Questi dati possono avere diversi livelli di precisione, in funzione dei dati a disposizione dell'utente e dell'accuratezza dello strumento;
- ❖ **Default Data.** Se non sono disponibili le altre categorie, è possibile ricorrere ai valori medi del settore in cui si opera. Questo livello di informazioni è consigliato per analizzare in quale direzione concentrare i propri sforzi. Questi valori sono resi disponibili dall'EN 16258 o da altre associazioni, ad esempio Clean Cargo per i valori riguardanti il trasporto marittimo;

2. Calcolare le emissioni dei primi due livelli.

In questo punto vengono utilizzati i fattori di cui si è parlato in precedenza, i fattori di conversione per le emissioni. Per poter iniziare a calcolare le emissioni bisogna anche sapere quanto carburante è stato utilizzato, di solito vengono utilizzati Primary Data.

Per il primo livello è sufficiente raccogliere le informazioni su quanto combustibile è stato usato durante il periodo di riferimento. Durante questo passaggio è di vitale importanza tenere conto di tutti i viaggi effettuati e non solo quelli a pieno carico.

Per calcolare le CO2 equivalenti bisogna tenere conto di quale carburante è stato utilizzato, nel caso in cui siano stati utilizzati più tipologie bisogna tenerne conto durante il calcolo (Formula 4.3), formula tratta da [3].

Emissioni di CO2 equivalente

$$= \sum_i^n \left(\text{Consumo di carburante}_i \text{ [kg]} \times \text{Fuel emission factor}_i \left[\frac{\text{CO2e kg}}{\text{carburante kg}} \right] \right) \quad (4.3)$$

Passando ai consumi elettrici, la migliore fonte di dati sono le bollette della luce, al loro interno vengono riportati i Kilowatt-ora e dovrebbero essere suddivisi per provenienza. Come per il livello precedente, anche in questo caso durante il calcolo devono essere separate

tutte le metodologie impiegate per la produzione di energia elettrica (Formola 4.4) tratta da [3];

Emissioni di CO2 equivalente

$$= \sum_i^n \left(\text{Consumo elettrico}_i [\text{kWh}] \times \text{Electricity emission factor}_i \left[\frac{\text{CO2e kg}}{\text{elettricit\`a kWh}} \right] \right) \quad (4.4)$$

3. Calcolare le emissioni del terzo livello.

Per il calcolo delle emissioni è necessario sapere il peso della merce e la distanza percorsa, normalmente vengono utilizzati le tonnellate-chilometro come unità di misura. Insieme a questo valore ci serve sapere le emissioni o i consumi di carburante, in modo da ottenere il valore relativo al fattore di intensità.

Acquisire informazioni sul peso, distanze e consumi può essere complicato e, non sempre è possibile ottenere i livelli di precisione desiderati. L'informazione più facile da reperire è quella relativa al peso della merce trasportata. Tale informazione è disponibile nei documenti di trasporto e solitamente include anche il peso dei materiali necessari al trasporto, in caso contrario bisogna approssimarli.

Per quanto riguarda la distanza percorsa, nascono dei problemi legati principalmente all'impiego di diversi mezzi di trasporto o diversi fornitori logistici, in aggiunta, la tratta è influenzata dal meteo, lavori o altri fattori, come il consolidamento della merce per ottimizzare l'utilizzo dei mezzi. La distanza percorsa deve essere presa, o stimata, per ogni mezzo di trasporto utilizzato. Per la stima si può fare ricorso a strumenti di pianificazione dei viaggi. Per il calcolo delle tonnellate-chilometro, se non sono disponibili i dati puntuali, è accettabile approssimare moltiplicando le tonnellate totali per i chilometri medi o, i Km medi per le tonnellate totali, valori che possono essere ricavati dalla costruzione di un modello logistico.

Una volta calcolati i tKm bisogna identificare le emissioni generate. Come fatto in precedenza, durante il calcolo delle emissioni di primo livello, bisogna utilizzare i fattori di conversione.

Di seguito viene riportata la formula che deve essere applicata per calcolare le emissioni totali. Le emissioni devono essere sommate per ogni tipologia di fonte energetica e per ogni tipologia di veicolo (Formola 4.5).

Emissioni di CO2 equivalente =

$$\sum_i^n \left(\text{tkm percorsi}_i [\text{tkm}] \times \text{Fuel|Electricity efficiency factor}_i \left[\frac{\text{consumo kg|kWh}}{\text{tkm}} \right] \right. \\ \left. \times \text{Fuel|Electricity emission factor}_i \left[\frac{\text{CO2e kg}}{\text{consumo kg|kWh}} \right] \right) \quad (4.5)$$

Uno dei principi del GLEC è l'allineamento dei livelli di qualità dati e delle metodologie da impiegare nel calcolo delle emissioni. Per questo motivo, viene raccomandato di specificare l'approccio utilizzato e di essere supportati da parti terze indipendenti, anche se non è richiesto questo fornisce

trasparenza ai risultati che vengono ottenuti. Uno dei documenti che caratterizzano il GLEC è una suddivisione dei diversi livelli di dati, primary o default, utilizzati per il calcolo.

Una volta completati questi passaggi si ottengono due indicatori da utilizzare per comunicare le emissioni. Il primo indicatore mostra le emissioni totali del sistema considerato. Questo totale è la somma delle emissioni dei tre livelli (Figura 4.4). Questo indice può anche essere usato per analizzare le emissioni di un vettore particolare o di una singola attività.



Figura 4.4: Primo indice – Emissioni totali.

Fonte: [3].

Il secondo indice è il livello di intensità di emissioni (Figura 4.5). Questo indicatore non è una novità di questo strumento ma, per chiarezza viene riportata la formula da utilizzare per ottenerlo: Emissioni totali divise le tonnellate-chilometro. Questo indice viene utilizzato per controllare se una azienda o vettore sta migliorando il proprio impatto ambientale. Ad esempio, per diminuire l'impatto della propria catena logistica possono essere scelti i vettori con la minore intensità di emissioni.



Figura 4.5: Secondo indice – Intensità di emissioni totali.

Fonte: [3].

Nella pagina successiva viene riportato un breve schema dei passaggi da seguire durante il calcolo delle emissioni.

Valori di input necessari:
- Distanza percorsa per ogni tratta;
- Peso trasportato per tratta

Calcolare i t-km di ogni tratta, moltiplicando la distanza per il peso.
Nel caso in cui non siano disponibili i dati puntuali è possibile moltiplicare le tonnellate totali per i chilometri medi, oppure, moltiplicare le tonnellate medie per i chilometri totali.

Valori di input necessari:
- Tipologia di veicolo usata per tratta;
- Fonte energetica usata per tratta
(Per le emissioni di terzo livello bisogna conoscere anche dove è stata prodotta)

Moltiplicare i t-km di ogni tratta per i relativi valori di intensità, valori che dipendono dalla tipologia di veicolo e di fonte energetica utilizzata.
Scegliendo i parametri opportuni è possibile ottenere direttamente i valori di emissioni totali, WTW, oppure le emissioni WTT e TTW separatamente.

Nel caso in cui vengano spostate più consegne all'interno dello stesso mezzo bisogna allocare le emissioni totali.
Le emissioni possono essere allocate in funzione del peso o del volume trasportato

Calcolare le emissioni per tonnellata dividendo le emissioni totali per le tonnellate trasportate.
Nel caso non si conoscano le tonnellate totali possono essere approssimate moltiplicando la capacità del mezzo per la sua saturazione media.
Se si allocano le emissioni in funzione del volume è sufficiente sostituire la capacità espressa in tonnellate con la capacità espressa in metri cubi/litri.
Infine, bisogna moltiplicare il valore ottenuto per il peso/volume della consegna in analisi.

Valori di input necessari:
- Capacità, espressa in peso o volume, di ogni mezzo;
- % di saturazione di ogni mezzo

Valori di input necessari:
- Peso a vuoto di ogni tipologia di mezzo;
- % di viaggi a vuoto per ogni tipologia di mezzo

Per ottenere le emissioni totali bisogna tenere conto anche dei viaggi vuoti.
Per calcolare le emissioni di questi viaggi bisogna ripetere i primi due passaggi, usando il peso del mezzo vuoto.
Le emissioni di questi viaggi devono poi essere moltiplicate per la % di viaggi vuoti che caratterizzano quella tipologia di mezzo.

Sommando le emissioni WTW del viaggio e le emissioni WTW del viaggio a vuoto si ottengono le emissioni complessive.

4.1.2. GreenRouter [34S]

GreenRouter nasce con lo scopo di analizzare, e diminuire, l'impatto complessivo delle aziende. Impatto che non si limita ai trasporti effettuati ma è esteso anche agli edifici interessati fino ai punti vendita finali. Per quanto riguarda invece, la riduzione dell'impatto ambientale, GreenRouter, finanzia e segue diversi progetti come, ad esempio, la creazione centrali elettriche rinnovabili, nello specifico idroelettriche, e piantando due piccole foreste, una in Sicilia (Italia) e l'altra in Haiti.

Tornando allo strumento, all'interno della prima schermata, in aggiunta ai diversi parametri necessari per il calcolo delle emissioni, l'utente deve inserire anche la data e il nome del caso studio per cui si vogliono calcolare le emissioni. I parametri che devono essere inseriti in questa prima schermata sono:

- nome dell'azienda. Nel caso in cui l'utente sia abilitato al calcolo di diverse organizzazioni;
- tipologia di trasporto. In questo caso la scelta è tra: trasporto massivo e collettiva mista (groupage);
- tipologia di viaggio. In questo caso sono disponibili diverse scelte:
 - Viaggio diretto;
 - Viaggio personalizzato;
 - Viaggio transit point;
 - Viaggio multimodale strada-treno;
 - Viaggio multimodale strada-nave;
 - Viaggio multimodale strada-aereo;
 - Viaggio milk-run;
- data di partenza del viaggio;
- se si tratta di un viaggio intermodale. Nel caso lo sia bisogna inserire la modalità di movimentazione della merce:
 - Cassa mobile;
 - Container da venti piedi;
 - Container da quaranta piedi;
- se il viaggio è a temperatura controllata e nel caso bisogna inserire il l'intervallo;
- tipologia di merce (pesante – standard – leggera), parametro necessario per l'allocazione delle emissioni;
- peso della merce;
- luogo di partenza e di arrivo;

Le modalità di inserimento di questi dati sono riportati in (Figura 4.6).

The screenshot shows the initial page of the GreenRouter tool. It features several input fields and options for configuring a transport request:

- Azienda ***: A dropdown menu with "Demo - GR" selected.
- Tipo trasporto ***: A dropdown menu with "Massivo/Carico completo" selected.
- Descrizione ***: An empty text input field.
- Tipo viaggio ***: A dropdown menu with "Viaggio diretto" selected. Below it is a diagram showing a green location pin labeled "Partenza" on the left, a green location pin labeled "Arrivo" on the right, and a green arrow labeled "Viaggio" pointing from "Partenza" to "Arrivo". A small green truck icon is positioned below the arrow.
- Data partenza ***: An empty date input field.
- intermodale**: A checkbox that is currently unchecked.
- Temperatura**: Three radio button options: "Ambiente" (selected), "7 - 15 °C", and "0 - 4 °C". A fourth option, "- 25 °C", is present but not visible in the image.
- Tipo merce**: Three radio button options: "merce pesante (riempimento in peso)", "merce standard" (selected), and "merce leggera (riempimento in volume)".
- Peso merce ***: An empty text input field followed by the unit "t".
- Partenza ***: A section with three input fields: "Tipo" (dropdown with "Magazzino di stabilimento" selected), "Codice" (empty text input), and "Città" (empty text input). A green "+" button is to the right.
- Arrivo ***: A section with three input fields: "Tipo" (dropdown with "Magazzino di stabilimento" selected), "Codice" (empty text input), and "Città" (empty text input). A green "+" button is to the right.
- Proseguì »**: A green button at the bottom left.

Figura 4.6: Pagina iniziale dello strumento GreenRouter.

Fonte: [34S]

GreenRouter tiene conto delle principali modalità di trasporto, vengono esclusi i trasporti per vie navigabili interne. I fattori di intensità di emissioni vengono forniti dai clienti, e vettori, che fanno uso di questo strumento, nel caso in cui non siano disponibili queste informazioni è possibile utilizzare quelle fornite dal sistema, che a loro volta si basano sui valori degli altri clienti. Per il trasporto su gomma i veicoli vengono divisi secondo lo standard di emissioni europeo, ad esempio Euro 5. (Figura 4.7) mostra la schermata di selezione della modalità di trasporto e i diversi parametri che caratterizzano il viaggio, nel caso di trasporto stradale sono:

- mezzo di proprietà;
- tipologia di mezzo, in funzione del volume e del peso trasportabile; ad esempio un bilico con portata massima di 40 tonnellate o una eBike;
- carburante utilizzato, nel caso di un bilico da 40 tonnellate la scelta è limitata al diesel;
- categoria del veicolo (EURO...);
- percentuale di viaggi a vuoto;

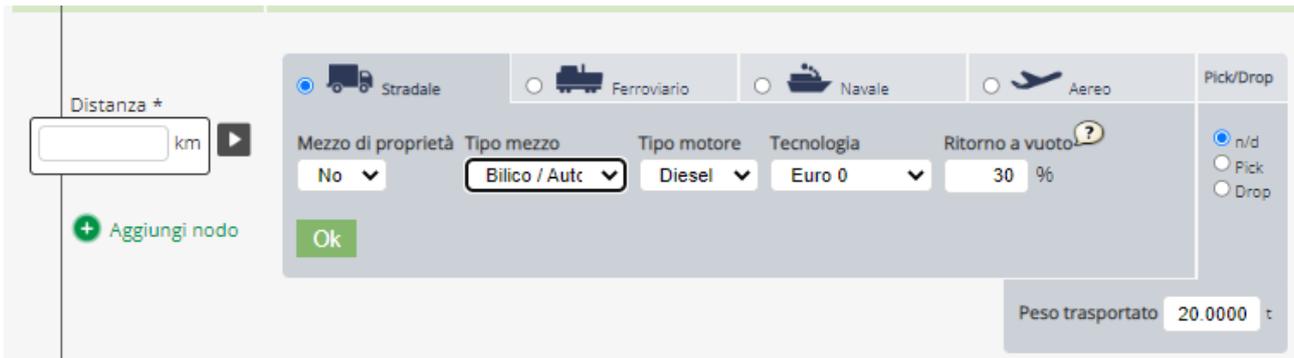


Figura 4.7: Scelta della modalità di trasporto – GreenRouter.

Fonte: [34S]

Di seguito (Figura 4.8) viene riportato un esempio di menù per la scelta della modalità di trasporto. In questo caso vengono riportate alcune delle scelte per il trasporto stradale.

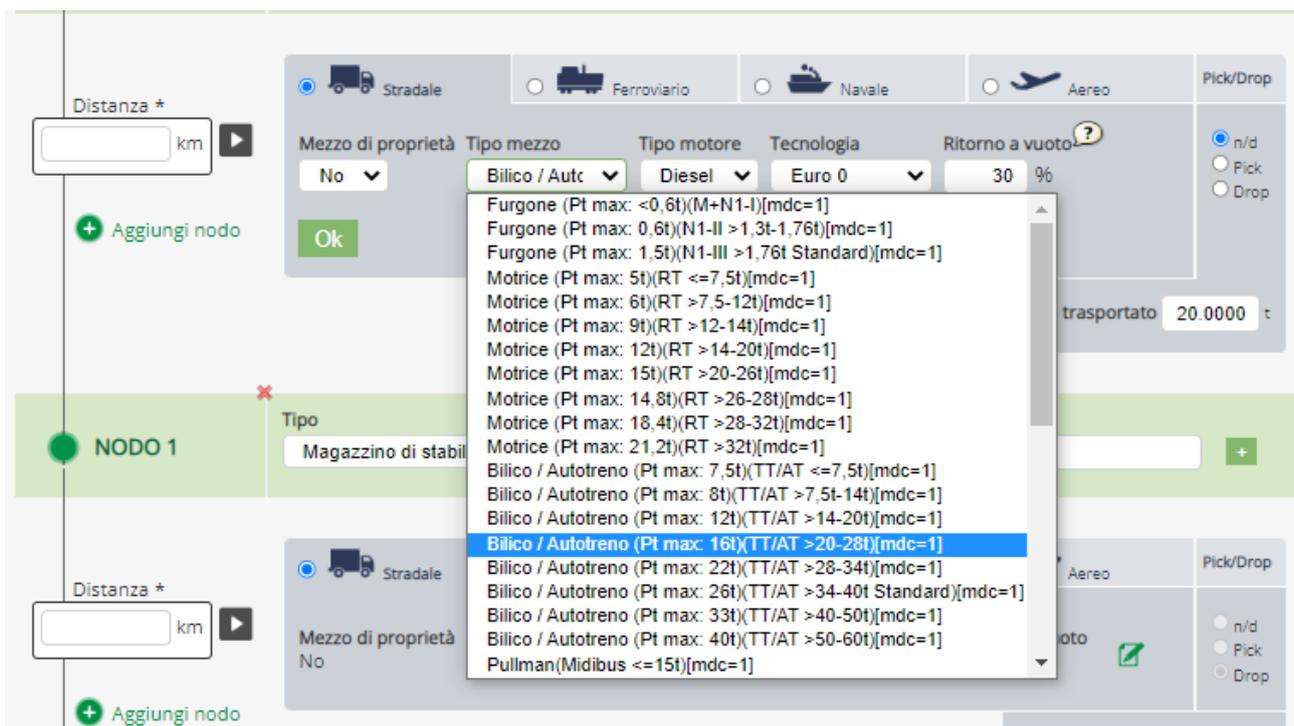


Figura 4.8: Selezione della tipologia di veicolo stradale – GreenRouter.

Fonte: [34S].

In aggiunta, alle emissioni derivate dal trasporto, viene tenuto conto delle emissioni dei siti logistici, in conformità con la guida CLECAT, [7]. La guida richiede l'inclusione dei consumi energetici necessari al funzionamento dei siti e i consumi di carburante dovuti all'utilizzo di mezzi per la movimentazione interna. Questi consumi devono includere anche l'energia necessaria per il controllo della temperatura ed eventuali perdite di refrigeranti che, come è stato detto in precedenza, possono avere un elevato impatto ambientale (Figura 4.9). In questa schermata l'utente inserisce i dati geografici del sito, le dimensioni e la tipologia di attività e i consumi divisi in: elettrici, di combustibili, di refrigeranti, di acqua e di vapore/calore.

Informazioni anagrafiche

Codice/GLN *^{1,2} Tipologia sito *
 Cliente/Punto Vendita

Nome sito *

Indirizzo *

Cap * Città * Provincia *

Nazione * Latitudine * Longitudine *

Dati generali

Superficie coperta m² Capacità Posti pallet Temperatura °C Flusso merce kg ²

Attività del sito Servizi a valore aggiunto

Considera su calcolo emissioni viaggi [?]

Elettricità

Inserire il consumo elettrico globale della struttura analizzata, includendo tutte le aree (uffici, area di magazzino, servizi igienici, aree comuni, ecc.) e tutte le attività ad essa connesse (movimentazione, illuminazione, refrigerazione, ecc.).

i I consumi visualizzati sono da considerarsi relativi all'anno selezionato.

Codice consumo	Dal	Al	No data
	<input type="text" value="01/01/2022"/>	<input type="text" value="31/12/2022"/>	<input type="button" value="Aggiungi consumi >"/>
<input type="button" value="Aggiungi consumi >"/>			

Figura 4.9: Creazione di un nodo di transito – GreenRouter.
Fonte: [34S].

La piattaforma italiana mette a disposizione dei suoi clienti un algoritmo per il calcolo delle distanze. L'algoritmo funziona come un modello ad archi e nodi, con livello di precisione il singolo trasporto. Il modello che viene creato, segue il prodotto, e le emissioni, dalla produzione al punto di vendita, questo permette di calcolare l'impronta totale del prodotto e della nostra catena.

Una volta che sono stati inseriti tutti i dati necessari è possibile calcolare le emissioni. GreenRouter nella schermata finale mostra i seguenti dati, complessivi e separati per tratta (Figura 4.10):

- distanza;
- emissioni totali;
- emissioni per chilometro;
- emissioni di particolato;
- emissioni totali divise per scope;

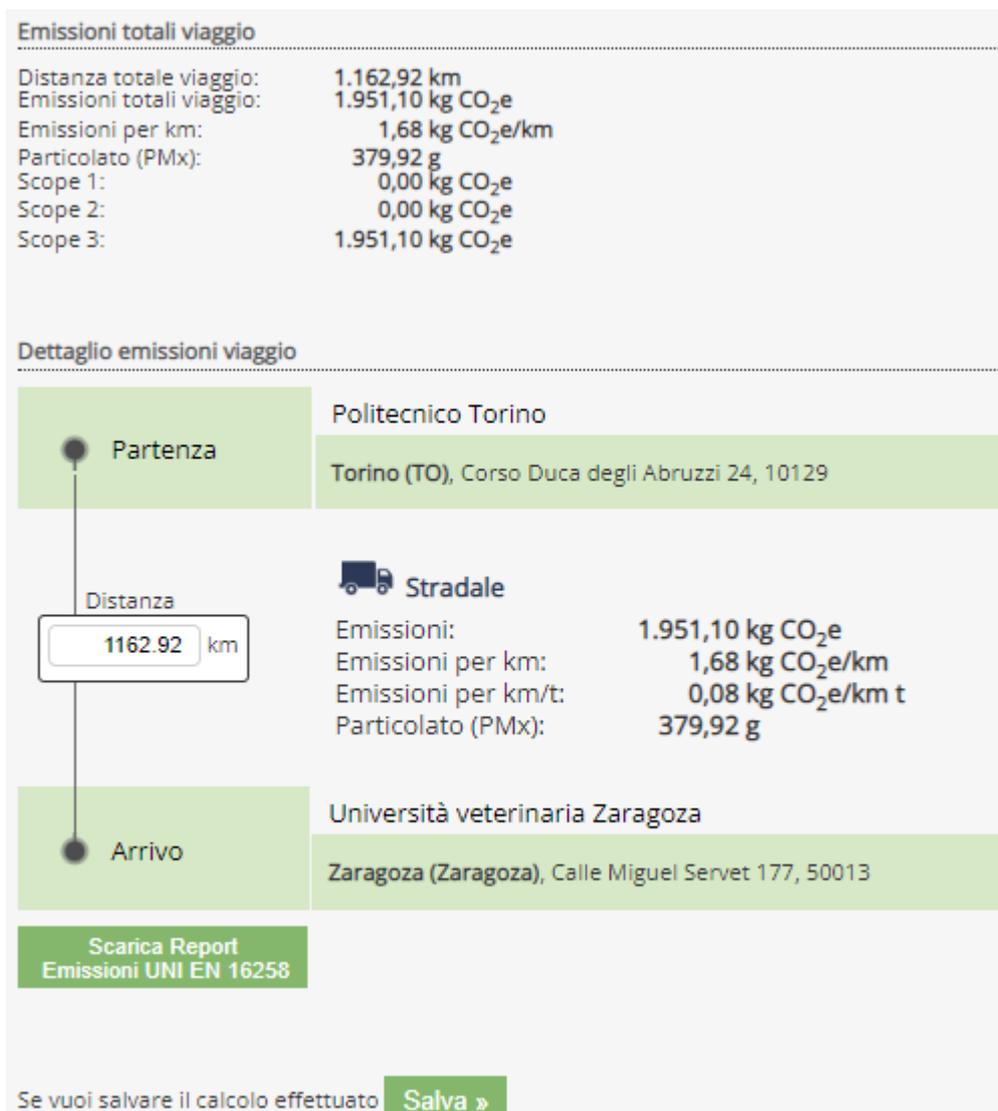


Figura 4.10: Esempio di schermata di valori di output – GreenRouter.

Fonte: [34S].

GreenRouter è stato riconosciuto da SFC come uno strumento in linea alla metodologia GLEC e, in aggiunta, è conforme alla normativa EN 16258, certificato da SGS.

Questo strumento, come altri, permette di valutare l’impatto di nuovi progetti o scenari, come ad esempio l’utilizzo di carburanti alternativi o della fonte energetica, oppure, la modifica della modalità di trasporto o l’implementazione di una nuova tecnologia.

4.1.3. EcoTransIT World [35S]

EcoTransIT World (ETW) è un software di calcolo delle emissioni implementato dall’omonima organizzazione ed è approvato dal Smart Freight Centre, in quanto segue l’approccio GLEC. Inoltre, è conforme alla norma europea EN 16258 e ai GHG Protocols. Ogni anno vengono calcolate le emissioni di centinaia di milioni di trasporti ogni anno.

ETW permette di calcolare in maniera automatica le emissioni di una catena logistica complessa, che fa uso di tutte le modalità di trasporto. Lo strumento non si limita alle emissioni imputabili al trasporto ma, permette di calcolare anche quelle allocabili agli edifici logistici, necessarie per essere conformi alla metodologia GLEC e alla nuova normativa ISO 14083.

La metodologia di calcolo viene verificata e aggiornata da istituti indipendenti, Ifeu e Infras and Fraunhofer IML. Queste metodologie di calcolo sono poi tradotte in linee di codice da IVE mbH, il quale si occupa anche del supporto tecnico al cliente.

I risultati forniti tengono conto di:

- distanza percorsa;
- consumi energetici;
- emissioni di gas serra, espresse in CO2 equivalente;
- emissioni di diversi inquinanti, ad esempio SOx, NOx e PM10.

Per le emissioni di GHG viene tenuto conto della composizione del carburante usato, vengono presi in considerazione anche i biofuels specifici di solo alcune regioni. Per quanto riguarda invece gli inquinanti immessi nell'atmosfera, viene presa in considerazione la classe di emissione dei veicoli che vengono utilizzati.

Essendo, ETW, conforme alla norma europea EN 16258 e alla metodologia GLEC, tiene conto non solo delle emissioni dirette, TTW, ma anche delle emissioni totali. WTT + TTW. In aggiunta, tutti i consumi, anche quelli dovuti ai viaggi a vuoto, vengono allocati, solitamente in base al peso. EcoTransIT divide automaticamente la tratta percorsa in funzione della modalità di trasporto, fonte energetica utilizzata, questa divisione può essere anche personalizzata dall'utente.

Per poter calcolare le emissioni devono essere inseriti i seguenti parametri di input:

- coordinate di partenza e di arrivo, includendo tutte le deviazioni effettuate, e le modalità di trasporto utilizzate. Con queste informazioni l'algoritmo calcola automaticamente: La rotta delle diverse modalità, Punti di appoggio per il transhipment, fermate forzate in funzione del viaggio, particolarmente rilevante per i viaggi aerei. In funzione della rotta e dei rifornimenti previsti viene definita la composizione dei carburanti utilizzati;
- altri valori che forniscono allo strumento le informazioni necessarie per sapere quale mezzo di trasporto sono stati utilizzati e quali fonti energetiche sono state impiegate. Con queste informazioni ETW fornisce in autonomia i valori di intensità di emissioni che caratterizzano le singole tratte.
- ulteriori valori di input sono le percentuali di viaggi a vuoto e l'eventuale presenza di prodotti che devono essere trasportati a temperatura controllata. EcoTransIT è l'unico strumento che permette di inserire la velocità di percorrenza per il trasporto marittimo;

ETW mette a disposizione due modalità di inserimento dei dati di input, Standard (Figura 4.11), ed Extended (Figura 4.12). Nella prima l'utente inserisce solamente: Il peso trasportato, la modalità di

trasporto principalmente utilizzata e i punti di partenza e arrivo. Nel caso sia necessario, in base alla modalità e ai punti scelti, viene inserito un leg, o due, via gomma di connessione. In questa modalità, l'utente definisce degli indicatori di avversione/deterrenza per determinate modalità di trasporto, può selezionare di evitare l'utilizzo di treni e/o navi. Oppure, può anche lavorare sulle categorie di strade che possono essere percorse dai suoi camion. Per l'esempio di inserimento dati per la modalità standard, sono state selezionate due modalità di trasporto, camion e treno, per trasportare 10 tonnellate dalla stazione di Busto Arsizio al centro di Barcellona.

CALCULATION PARAMETERS

Input mode: Standard

Freight: Amount: 10, Weight: Bulk and Unit Load (Tonnes)

Origin: Railway station
 UID - Code Name
 83 010314 [it] BUSTO ARSIZIO

Choose transport modes: Multiple choice possible
 Truck (checked), Train (checked), Airplane (unchecked), Sea ship (unchecked), Barge (unchecked)

Destination: City district
 [es] Barcelona

CALCULATE RESET

Figura 4.11: Modalità di inserimento dati standard – EcoTransIT World.

Fonte: [35S].

Nella modalità Extended tutti i valori di cui si è parlato in precedenza possono essere definiti, nei minimi dettagli, dall'utente, nel caso in cui non li abbia a disposizione vengono inseriti dal sistema seguendo le stesse logiche della modalità Standard. Come per il caso standard, vengono spostate 10 tonnellate dalla stazione di Busto Arsizio al centro di Barcellona ma, a differenza del caso precedente è possibile scegliere i modelli dei mezzi che percorrono la tratta e i loro parametri.

CALCULATION PARAMETERS

Input mode Extended

Freight

Amount	Weight	Type	MTEU
10	Bulk and Unit Load (Tonnes)	average goods	10

Define handling:

Bulk

Ferry

Ferry routing:

preferred

Origin

Railway station

UIC - Code	Name	
83 010314	[it] BUSTO ARSIZIO	✎ ▶

On-site rail track available

Transport service TS 1 ✕

Transport mode	Vehicle type	Fuel type	Emission standard	Load factor	ETF
Truck	26-40 t	diesel	EURO 6	80 %	20 %
Cooling Unit					
-					

+ VIA

Transport service TS 2 ✕

[Railway station] BUSTO ARSIZIO ▶					
Transport mode	Train type	Train weight	Load factor	ETF	
Train	-	1000 t	80.00 %	50.00 %	
Traction		Emission standard	Particle filter	Shunting	
electrified		EU UIC 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
[Railway station] BARCELONA - MALLORCA ▶					

+ VIA
+ TRANSPORT SERVICE

Destination

City district

[es] Barcelona	✎ ▶
----------------	---

On-site rail track available

CALCULATE
RESET

Figura 4.12: Modalità di inserimento dati extended – EcoTransIT World.

Fonte: [35S].

In automatico il sistema propone il modello di veicolo e di fonte energetica più comunemente usati in funzione di: leggi e regole in vigore, peso trasportato, tratta da percorrere. Ad esempio, certi porti consentono l'entrata solo alle navi che utilizzano una determinata categoria di carburante.

Negli allegati relativi a questo strumento è possibile analizzare i valori standard che sono stati scelti. Alcuni di questi, come ad esempio l'incremento da applicare alla tratta navale del 15%, sono uguali, o simili, ai valori adottati dagli altri strumenti.

La piattaforma mette a disposizione dei suoi clienti le fonti che vengono utilizzate, alcuni esempi sono: Handbook for Emission Factors (MOVES) e International Maritime Organization (Clean Cargo). Inoltre, vengono descritti i passaggi di calcolo di tutte le sezioni.

In aggiunta alle emissioni richieste per essere conformi alla normativa EN 16258, ETW tiene conto anche dell'energia necessaria per cambiare modalità di trasporto. Questi cambiamenti sono classificati in funzione delle operazioni, di conseguenza l'energia, necessarie. Queste categorie sono in funzione di come viene trasportata la merce: con container, carico liquido, carico sfuso o altre tipologie.

I valori presi in considerazione sono dovuti alle considerazioni degli studi IFEU. Tutte le operazioni, per ipotesi, sono eseguite usando come fonte l'elettricità.

In (Figura 4.13) vengono riportati i valori di emissioni forniti da EcoTransIT relativi all'esempio extended.



Figura 4.13: Esempio di schermata di output – EcoTransIT World.

Fonte: [35S].

4.1.4. TK'Blue Agency [36S]

TK'Blue è un'agenzia, creata nel 2012, che supporta i clienti nella scelta del migliore provider logistico. I fornitori sono valutati non solo sul loro servizio e sulla loro sicurezza fiscale ma anche, sulla loro adempienza alle nuove normative in ambito ecologico.

L'obiettivo di questa piattaforma è di migliorare il livello di servizio e allo stesso tempo di ridurre l'impatto sociale del settore dei trasporti. Inoltre, TK'Blue si è posto l'obiettivo di portare a termine la prima parte del modello Gartner, per poi raggiungere il secondo punto con l'aggiunta di A.I.

Per avere a disposizione uno strumento di analisi di qualità è necessario fare utilizzo degli indicatori adatti, specifici e integrati con i dati del trasportatore. Oltre a fornire questi indicatori vengono messi a disposizione dei clienti anche tabelle e grafici, personalizzabili, che evidenziano le informazioni di maggiore rilievo. Per fornire queste informazioni vengono salvate le impostazioni preferite del cliente. Le informazioni fornite sono suddivise in cinque livelli: Per metodologia di trasporto, per origine, per destinazione, per vettore e infine per mese. In questo modo il cliente ha a disposizione tutte le informazioni necessarie per la scelta del proprio fornitore, che può essere scelto usando i suoi valori medi o per specifiche tratte.

I fornitori sono valutati su quattro indici (Figura 4.14):

1. indice TK'T. Questo indice fornisce una piattaforma imparziale, dove è possibile scambiare informazione e, analizzare la qualità del servizio e il loro impatto. Questa analisi ha aspetti positivi anche per i vettori che vengono analizzati in quanto, gli fornisce uno strumento per analizzare le aree in cui possono migliorare. Questo indice riflette l'efficienza dei veicoli utilizzati e il loro stato di performance in aggiunta, tiene conto della bravura degli autisti;
2. indice GHG. Per questo indice l'obiettivo è essere conformi alla legge Grenelle (n°2017-639), la normativa europea EN 16258 e la metodologia GLEC. Per questo indice i vettori devono fornire i dati necessari al calcolo delle emissioni. Alcuni di questi dati sono necessari anche per il primo indice, ad esempio lo stato di utilizzo dei veicoli. I dati forniti sono poi verificati dall'associazione e suddivisi in funzione della loro affidabilità (dati diretti, valori medi o di default);
3. indice TK'CSR, che misura l'iniziativa CSR (Corporate Social Responsibility) del vettore usando lo standard del ministero francese. Vengono valutati gli acquisti, le certificazioni, le assunzioni e le come vengono gestite le risorse. All'interno di questo indice viene valutato l'impegno dell'azienda nel migliorare la comunità, ad esempio elargendo aiuti alle persone in difficoltà, o l'ambiente, riducendo il proprio impatto ambientale;
4. indice TK'Ext. Indice che permette di calcolare il costo delle esternalità negative, congestione del traffico, ritardi di consegna e tanti altri fattori che impattano anche chi non sta usufruendo di quel servizio. In questo modo è poi possibile calcolare l'impatto benefico, in termini monetari, delle azioni migliorative che vengono intraprese, vettori più efficienti o utilizzo di modalità di trasporto meno impattanti. Per ogni modalità di trasporto viene fornita un'analisi

che va ad elencare i costi sociali e i benefici ottenuti dalle scelte implementate;

Results	Only road	Only rail or rail-road combined	Only road
TK	★ 2 167 t.km	16 906 t.km	4 897 t.km
TKT Index	80,9	★ 90,9	80,9
GHG index	★ 173 381 gCO ₂ (1)	180 258 gCO ₂ (1)	391 744 gCO ₂ (1)
FR EN_Gw EN_Gt	80,00 gCO ₂ /t.km	★ 10,66 gCO ₂ /t.km	80,00 gCO ₂ /t.km
Costs in €	Only road	Only rail or rail-road combined	Only road
Total	★ 39,32 €	65,03 €	88,84 €
Per externality			
Noise	★ 0,92 €	9,79 €	2,08 €
Congestion	8,83 €	★ 6,83 €	19,95 €
Accidents	★ 1,55 €	3,60 €	3,50 €
Pollution	★ 8,88 €	15,44 €	20,07 €
Climate change	12,40 €	★ 0,92 €	28,01 €
Upstream-downstream	★ 6,74 €	28,47 €	15,23 €

Figura 4.14: Esempio di schermata di output – TK’Blue Agency.

Fonte: [36S].

TK’Blue Agency fornisce un punteggio in funzione della modalità di trasporto scelta e dei parametri relativi alle condizioni del veicolo. Un’altra particolarità rispetto agli altri strumenti è la scelta di utilizzare i chili come unità di misura del peso trasportato. Nelle seguenti figure (Figura 4.15) e (Figura 4.16) sono riportati i valori scelti per il primo caso studio a titolo d’esempio per mostrare l’interfaccia con l’utente.



Figura 4.15: Esempio di schermata di input (1) – TK’Blue Agency.

Fonte: [36S]



Figura 4.16: Esempio di schermata di input (2) – TK’Blue Agency.

Fonte: [36S].

In precedenza, è stato accennato al fatto che TK'Blue fornisce i propri risultati su cinque livelli di precisione. In aggiunta, vengono presentati diversi KPI, come ad esempio le tonnellate-chilometro, oppure indici definiti dal cliente. Alcuni esempi potrebbero essere, il costo di trasporto o la tipologia di merce trasportata. In aggiunta, queste informazioni possono essere salvate in modo da poter confrontare le performance di anni diversi.

In aggiunta a strumenti per il calcolo delle emissioni o dell'efficienza del parco mezzi, TK'Blue fornisce anche piattaforme, si tratta di uno strumento interamente on-line, dedicate alla scelta di un piano di azione. Oltre a mostrare l'andamento nel corso degli anni del livello medio di emissioni di gas serra, vengono anche mostrati i livelli medi, calcolati su tutti i vettori che aderiscono, dei principali indicatori.

TK'Blue fornisce anche strumenti per verificare la correttezza dei costi e prezzi in base alla loro unità di misura. Per fare questo controllo viene richiesto ai fornitori di inserire il loro costo medio per i servizi che forniscono. Raccogliendo questi dati è possibile analizzare l'andamento dei costi e avere a disposizione una vista unica sui prezzi di mercato.

L'iniziativa fornisce anche una piattaforma imparziale su cui le diverse parti coinvolte possono caricare, o richiedere, documenti di interesse. In questo modo facilita i propri clienti evitandogli, o a velocizzando, attività ripetitive e costose. In aggiunta, verifica anche la conformità dei documenti caricati, documenti, che possono variare da certificazioni per poter trasportare prodotti chimici alle tasse annuali pagate.

4.1.5. Clean Cargo [37S, 8]

Clean Cargo è un'iniziativa, che coinvolge diverse aziende, caricatori e spedizionieri, dedicata alla riduzione dell'impatto ambientale del trasporto merci. L'omonima metodologia per il calcolo delle emissioni è considerata come lo standard, per il calcolo di emissioni del trasporto di container via mare, da altre iniziative, GLEC e SmartWay Program dell'EPA.

Ogni anno i carrier, usando un template e metodologie comuni, riportano le performance dei singoli mezzi, i dati vengono poi controllati prima di essere pubblicati. Al momento, questo report rappresenta circa l'85% del trasporto di container con più di 3400 mezzi.

All'interno dei report vengono misurate le emissioni, non solo di CO₂ ma, anche SO_x e NO_x. Questo approccio segue le linee guida di GHG Protocols, EEOI di IMO e la normativa EN 16258. Oltre alle emissioni vengono riportati anche come vengono gestiti i rifiuti e l'uso dei componenti chimici.

Oltre a queste informazioni di carattere oggettivo, basate su valori standard mirati alle diverse tipologie di navi, sono presenti anche informazioni di carattere soggettivo, ad esempio, sono presenti recensioni sulle performance di gestione ambientale e sociale ottenute con un sondaggio annuale.

Il vantaggio di questo strumento è dato dal fatto che sono coinvolti direttamente i vettori, di conseguenza è più facile avere a disposizione i valori esatti di distanze e consumi di carburante. Clean Cargo è basato su standard riconosciuti a livello internazionale e, allo stesso tempo, è mirato ai trasporti con container per via marittima. Alla base di questo strumento, esiste il desiderio di mantenere i calcoli semplici per far sì che siano facili da eseguire e verificare. Altri principi basilari sono il calcolo delle emissioni dei viaggi a vuoto e la loro allocazione e il confronto delle diverse tipologie di navi.

Questo approccio ha dei limiti, in primis è limitato al solo calcolo delle emissioni del trasporto marittimo di container. Un secondo lato negativo è che per le emissioni di gas serra si limita alla sola CO2, emissione principale e di maggiore impatto. Inoltre, questo strumento non include le emissioni WTT, perché i dati relativi alla produzione e trasporto del carburante sono complessi e non ancora allineati. Ci si limita, di conseguenza, ad analizzare le emissioni di secondo livello. Nel caso vogliano essere incluse, le emissioni di terzo scope, è possibile utilizzare i valori di default forniti da IMO per i carburanti Heavy Fuel Oil (HFO) e Marine Diesel Oil (MDO). Per il calcolo delle emissioni delle altre modalità di trasporto Clean Cargo consiglia l'utilizzo del GLEC, CCWG è membro del GLEC.

Passando ai passaggi del metodo, il primo passo è il calcolo del fattore di emissioni. Questo fattore indica quanta CO2 è emessa per unità trasportata, nel caso specifico viene utilizzato il TEU, per la voluta distanza. Questa metodologia differenzia tra i container regolari, dry, e quelli refrigerati, reefer, perché c'è una differenza sostanziale tra i consumi necessari per le due tipologie, in particolare nel secondo caso è necessario controllare la temperatura. In (Figura 4.17) e (Figura 4.18) vengono riportate le formule da utilizzare per il calcolo dei fattori di intensità di emissioni sia per i container a temperatura ambiente che a temperatura controllata.

$$CO2_{dry} = \frac{IMO\ Carbonconversion\ factor * (Total\ fuel\ consumption - Total\ reefer\ fuel\ consumption)}{(dist.\ sailed * vessel\ TEU\ capacity)}$$

$$CO2_{reefer} = CO2_{dry} + \frac{IMO\ Carbonconversion\ factor * Total\ reefer\ fuel\ consumption(**)}{(dist.\ sailed * reefer\ TEU\ capacity)}$$

(**)

$$Total\ reefer\ fuel\ consumption = reefer\ TEU\ capacity * reefer\ consumption\ per\ year\ (const.) * \frac{days\ vessel\ operated}{365}$$

Table 1: Definitions for criteria and advised sources

Criteria	Factor / definition	Source
IMO carbon conversion factor	Heavy fuel oil (HFO): 3114 g CO ₂ /kg Diesel/gas oil (MDO/MGO): 3206 g CO ₂ /kg	IMO
Total fuel consumption (in metric tons)	All types of fuel consumed on all vessel engines (main engine, auxiliary engines, and boilers) both at sea and during port stay for the respective full reporting year	Reported in operators reporting system aligned with the vessels logbook
Distance sailed	Total distance sailed (km) at sea and in ports for the respective full reporting year	Reported in operators reporting system aligned with the vessels logbook
Vessel TEU capacity	The maximum (nominal) number of TEU a vessel can carry defined as "The MAXIMUM number of TEU capable of being loaded onto a specific ship while at STATUTORY summer draft, and complying with the SOLAS safe visibility regulation (Chapter V "Safety of navigation," Regulation 22 "Navigation bridge visibility").	General Agreement, Capacity Plan or other approved vessel documents
Reefer TEU capacity	Number of reefer plugs on the vessel* number of TEU per reefer plug, where:	

Figura 4.17: Calcolo dei fattori di emissioni (1) – Clean Cargo.

Fonte: [8].

	<ul style="list-style-type: none"> • "number of TEU per reefer plug" = 1.9 TEU/reefer plug 	CCWG carrier average
Reefer consumption per year	<p>A constant defined as: 1914 kg/reefer year = 3.8 KW* 0.23 Kg/KWh* 365 days* 24 h/day* 25%, where:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3.8 KW is the average energy consumption per reefer container • 0.23 Kg/KWh is a conversion constant • 25% is the average reefer plugs utilization per year 	<p>CCWG carrier average</p> <p>Conversion constant CCWG carrier average</p>
Days vessel operated	Number of days the vessel is in service during the year	Reported in operators reporting system aligned with the vessels logbook

Figura 4.18: Calcolo dei fattori di emissioni (2) – Clean Cargo.

Fonte: [8].

Per procedere con il calcolo del fattore di emissione è necessario avere a disposizione diversi dati. Come è stato detto in precedenza tutti i carriers devono fornire un report annuale al CCWG. All'interno di questo documento sono riportati diversi dati tra cui:

- nome della nave e tipologia;
- consumo di carburante totale suddivisi per tipologia;
- distanza totale percorsa;
- capacità espressa in TEU;
- utilizzo medio della capacità;
- numero di attacchi per i container refrigerati;
- giorni operativi;
- rotta percorsa a fine anno;

Una volta raccolti questi dati vengono verificati, seguendo le linee guida definite in collaborazione con Llyod Register e input da parte di Bureau Veritas e DNV GL. Questi controlli sono sull'intera flotta, vengono esclusi i mezzi terzi impiegati per meno di sei mesi.

In questo momento è stato calcolato il fattore della singola nave, ma non è solitamente possibile sapere quale nave effettuerà un determinato trasporto. Per questo motivo, lato spedizionieri che conoscono solo i porti di partenza e arrivo, è utile conoscere il fattore aggregato di una rotta. Fattore che il CCWG utilizza come valore obiettivo a cui ogni vettore deve puntare, nel caso in cui abbia dei valori peggiori.

L'obiettivo principale di questa metodologia è confrontare le efficienze di diverse navi, ma non è corretto paragonare tutte le navi tra di loro. Navi che operano su rotte diverse soddisfano bisogni diversi e operano sotto limitazioni differenti, ad esempio la loro dimensione o velocità. Per questo motivo il paragone si limita ai mezzi che operano nella stessa rotta, sono soggetti alle stesse limitazioni. Il fattore di una rotta viene calcolato come media pesata, in funzione dei TEU * chilometro, delle singole navi che la percorrono.

Al momento sono state considerate le navi di proprietà e quelle noleggiate, ma esiste una terza tipologia, le navi sotto accordi di condivisione, VSA. Per garantire un approccio comune e affidabile,

tutti i vettori devono seguire il seguente criterio: Chi fa utilizzo di mezzi condivisi deve condividere le informazioni relative ai fattori di emissione dei singoli mezzi, valori che quindi devono essere uguali per tutti coloro che beneficiano di questo mezzo. Nel caso non sia possibile ottenere le emissioni specifiche di una nave devono essere approssimate basandosi su navi di dimensioni simili e che operano a velocità simili.

Altre casistiche che creano problemi durante il calcolo delle emissioni sono, gli slot charter agreement e i feeder services. Nel primo caso, quando un vettore non ha mezzi diretti verso un particolare porto si affida ad un altro vettore prenotando uno slot. I servizi di feederaggio sono invece impiegati nei porti di dimensioni ridotte per permettere il carico/scarico di navi che sono impossibilitate ad entrare. In entrambi i casi chi deve calcolare i consumi deve affidarsi a dati di ditte esterne, se non possiede navi adatte a questi servizi. Come per la casistica precedente possono essere utilizzati dati rilevati da mezzi di simili dimensioni e velocità ma, nel caso in cui questo non sia possibile, devono essere usati i valori medi di quella tratta.

Una volta definiti questi fattori bisogna assicurarsi che essi vengano utilizzati nel modo corretto, questo passaggio è necessario per avere dati che siano tra di loro comparabili. Per garantire questo, tutti coloro che utilizzano questa metodologia devono seguire una clausola sul come avviene il calcolo. La *Carbon Calculation Clause* include:

- quali fattori sono utilizzati per il calcolo delle emissioni dei mezzi di proprietà, affittati, sotto VSA, accordi e servizi feeder;
- se vengono utilizzati fattori specifici ad una nave particolare o relativi ad una rotta;
- specificare se i fattori utilizzati sono stati verificati o si sta attendendo la verifica;
- specificare se è stato utilizzato il valore medio di utilizzo della capacità di carico (70%), valore riscontrato da CCWG come media tra le rotte maggiori. Per utilizzarlo è sufficiente dividere il tasso di emissione per la percentuale di carico;
- come sono state calcolate le distanze utilizzate, attuali o percorso più breve, e nel secondo caso se sono state corrette con fattore di correzione per le distanze, aggiunta del 15% per tenere conto di eventuali deviazioni. Queste deviazioni possono essere dovute alla necessità di fermarsi in un porto diverso da quello di destinazione finale oppure, per motivi legati alle correnti e al meteo. Bisogna tenere conto che il 15% è un valore medio e varia in base alla rotta che deve essere percorsa;
- specificare se sono stati inclusi gli eventuali cambi di mezzo di trasporto, transhipment;

- specificare se sono state convertite le diverse tipologie di container in TEU. Esistono diverse tipologie di container ma, per semplificare i calcoli è necessario fare riferimento ad una sola, il TEU (Figura 4.19);

Table 3: TEU conversion factors

Container size	TEU conversion factor (TEU equivalents)
20' ST (TEU 8'6") + 20' HC (only a small minority)	1.0
40' ST (FFE 8'6")	2.0
40' HC (FFE 9'6") + 45' and 48'	2.25

(ST = Standard, HC = High Cube. The 20' HC as well as 45' and 48' represent only a small minority of containers.)

Figura 4.19: Parametri per la conversione dei container usati.

Fonte: [8]

- specificare quale fattore di conversione tra TEU e massa è stato utilizzato. Il valore medio proposto da CCGW è di dieci tonnellate per TEU, ma valori diversi sono accettabili se vengono spiegate le ragioni;

Come è stato detto in precedenza, Clean Cargo è uno strumento specializzato nel calcolo del trasporto via mare di container, per cui tiene conto di quasi tutte le variabili o eccezione, siano esse la categoria di nave utilizzata, tenendo anche in considerazione se si tratta di mezzi di proprietà o in condivisione, o della tipologia di container impiegato. Dall'altra parte è limitato a questo sottosettore e non permette il calcolo delle emissioni totali, per questi motivi non viene consigliato come strumento alla base della nuova normativa, normativa che deve coprire in modo esaustivo tutte le modalità di trasporto.

In conclusione, Clean Cargo viene consigliato per il calcolo delle emissioni dirette della tipologia di trasporto in cui è specializzata, trasporto di container via mare. Queste emissioni devono poi essere integrate, aggiungendo eventuali trasporti via gomma, o con altre modalità di trasporto, e le emissioni WTT complessive. Per fare questi passaggi è necessario usare un altro strumento, o metodologia.

4.1.6. PORT LINKS [38S, 39S]

Un altro strumento che può essere usato per il calcolo delle emissioni è "Port Links", strumento creato dal porto di Barcellona con il progetto ECOcalculator.

Questo strumento permette di progettare una catena logistica tra un porto, che deve avere connessioni con il porto di Barcellona, ed una qualsiasi locazione europea, non per forza portuale.

Oltre alle locazioni, che sono interessate dal trasporto che si vuole simulare, è possibile anche selezionare la metodologia di trasporto e il tipo di container utilizzato, in aggiunta alla tipologia di veicolo con cui avviene il trasporto. La scelta del container ha un impatto su quali mezzi marittimi e terrestri sono disponibili per il trasporto, e di conseguenza sulla schedulazione delle tratte. La tempistica degli eventi è impattata anche dalla direzione in cui viene movimentata la merce, cioè se la merce arriva dalla località europea o dal porto, (Figura 4.20).



Figura 4.20: Scelta della direzione del viaggio – Port Link.

Fonte: [39S].

Inoltre, è possibile selezionare come il porto di Barcellona è collegato con la località europea selezionata. I collegamenti disponibili sono per rotaia o su gomma. Nel caso in cui venga scelto il treno come mezzo di trasporto, lo strumento elenca le diverse stazioni disponibili e calcola in automatico i tempi di scambio necessari. In aggiunta bisogna anche selezionare quale mezzo gommato viene impiegato per il collegamento tra la stazione e il porto e per la tratta finale dopo la stazione di arrivo.

Essendo un vincolo il passaggio dal porto di Barcellona, sono forniti i tempi medi e i costi di transito caratteristici (Figura 4.21).



Figura 4.21: Informazione sul porto di Barcellona – Port Link.

Fonte: [39S].

Altre informazioni che vengono fornite riguardano il trasporto marittimo, quali navi possono essere selezionate, ognuna con le proprie tempistiche, costi ed emissioni, e i nomi degli agenti interessati. Inoltre, indica anche se si tratta di un trasporto diretto o c'è bisogno di un cambio di mezzo di trasporto, nel caso viene anche segnalato dove avvengono.

Una definiti tutti i parametri necessari vengono forniti i tempi di percorrenza previsti per ogni sezione e, in aggiunta, le emissioni e i costi di esternalità del trasporto. Per quanto riguarda le emissioni, non si limita al calcolo delle CO2 equivalenti dei gas serra prodotti ma, vengono calcolate anche le emissioni di:

- NOx;
- SOx;
- PM2.5;
- CO;
- NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds);

Questo strumento tiene conto anche delle esternalità che vengono generate. Alcuni esempi sono, Incidenti, inquinamento acustico e ambientale, aumento dei livelli di traffico e il suo impatto sulle infrastrutture.

Una volta determinata la catena logistica lo strumento riporta le distanze e i tempi di percorrenza, il costo di ogni tratta e le esternalità generate. Per questi calcoli tutte le ipotesi e i costi driver sono disponibili sulla guida fornita sul sito [38S].

4.1.7. STRUMENTI GHG PROTOCOL [40S, 41S]

Secondo il GHG Protocol, ente che collabora da più di venti anni con il World Resources Institute (WRI) e il World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Questa organizzazione fornisce gli strumenti per calcolare e gestire le emissioni di gas serra di enti pubblici e privati.

Il GHG Protocol mette a disposizione diversi strumenti per il calcolo delle emissioni e li suddivide in quattro categorie, [41S]:

- cross-sector, approcci applicabili a più settori e paesi, esempi di questi sono:
 - “World Resources Institute (2015). GHG Protocol tool for mobile combustion. Version 2.6.”. Approccio fornito sul sito <https://ghgprotocol.org/calculation-tools> , e mirato principalmente per i trasporti inglesi e americani. Questo strumento risulta meno accurato se usato per altri paesi, ma è possibile calibrarlo per altri paesi se sono a disposizione i dati necessari. Con questo strumento è possibile calcolare le emissioni di CO2, che compone più del 95% delle emissioni di gas serra, CH4 e NO2. Per il calcolo di queste emissioni viene consigliato di usare dati relativi al consumo di carburante per la CO2, mentre per le altre due è più accurato utilizzare le distanze percorse. Nel caso in cui manchi uno di questi dati risulta comunque possibile calcolare le altre emissioni ma il valore sarà meno preciso;

- al momento è possibile utilizzare un nuovo metodo di GHG protocol, “GHG Emission Calculating Tool” al momento in fase beta, con cui è possibile calcolare le emissioni generate da un’impresa. Questo strumento oltre alle emissioni generate durante il trasporto tiene anche conto di quelle implicabili alla generazione di energia, stationary combustion, all’acquisto di energia e anche le emissioni relative al condizionamento dell’aria;
- country-specific, approcci creati su misura per paesi in via di sviluppo, Messico, India e Cina;
- sector-specific, metodologie per il calcolo delle emissioni di processi specifici come ad esempio: Produzione di alluminio, cemento, ferro e acciaio e altri;
- for Countries and cities, strumenti che permettono di calcolare i progressi di città o paesi oppure di stimare gli effetti di nuove normative;

GHG Protocol, al momento, sta lavorando ad un nuovo strumento per il calcolo delle emissioni, [40S].

Sono presenti degli strumenti per il calcolo delle emissioni relative al settore del trasporto ma, attualmente sono limitati ai trasporti americani e inglesi. Facendo qualche test, per confrontare i risultati, sono stati ottenuti dei valori nettamente differenti da quelli ottenuti con gli strumenti utilizzati nei casi studio. Per questo motivo è stato deciso di non utilizzare questi strumenti ma, per completezza, sono stati citati.

4.2. PARAMETRI DI CONFRONTO

All’interno di questo capitolo verranno descritti i parametri che sono stati scelti per il confronto tra i diversi strumenti. All’interno dell’allegato “Confronto strumenti – Mantovani” sono riportate delle note riguardo i diversi parametri scelti per ogni strumento analizzato.

Dopo aver descritto brevemente i diversi parametri, sono riportati i punti di forza e di criticità per i diversi strumenti, nello specifico verrà spiegata la decisione di escludere alcuni di questi strumenti dall’analisi dei casi studio.

1° Parametro – Normative di riferimento.

Per questo parametro sono riportate le diverse normative a cui uno specifico strumento fa riferimento, ed eventuali enti che lo certificano.

Tutti gli strumenti, usati per i casi studio, sono conformi alla normativa EN 16258 e approvati dall’ente Smart Freight Center, riportato nelle celle con il nome della metodologia GLEC. In aggiunta, alcuni di questi strumenti, sono conformi a leggi locali, come ad esempio TK’Blue Agency è conforme alla legge francese Grenelle.

Gli unici strumenti a non essere conformi alla normativa europea e alla metodologia GLEC, sono Port Links e Clean Cargo. In particolare, Port Links è limitato al calcolo dei viaggi che attraversano il porto di Barcellona. Questo limita notevolmente lo strumento e non è possibile calcolare le emissioni

dei diversi casi studio, anche se in alcuni di essi si ha il porto di Barcellona come nodo. A rendere impossibile il calcolo è la presenza di almeno un altro nodo tra il porto e il punto di partenza.

Clean Cargo non è conforme in quanto non considera i consumi totali di un viaggio, si limita a calcolare i consumi diretti, TTW.

2° Parametro – Merci / Passeggeri.

In queste celle viene riportato se lo strumento in analisi permette di calcolare le emissioni dei soli trasporti merce, o passeggeri, o di entrambe le categorie.

Anche in questo caso i soli strumenti che non permettono il calcolo delle emissioni di entrambi i gruppi sono Clean Cargo e Port Links. Questo è dovuto alla natura di questi strumenti, Clean Cargo è specifico del trasporto di container via mare, settore per cui è alla avanguardia, mentre, Port Links è dedicato al flusso di merce che passa per il porto spagnolo.

3° Parametro – Modalità di trasporto considerate.

In questo caso vengono riportate le modalità di trasporto per cui è possibile calcolare l'impatto. In questi campi viene riportato se sono presi in considerazione i siti logistici ed eventuali limitazioni.

Clean Cargo è l'unico strumento a considerare l'utilizzo di navi di dimensioni ridotte per il collegamento ai porti di dimensioni più contenute e diverse metodologie di condivisione o leasing dei mezzi.

4° Parametro – Segmento di emissioni considerato.

Con questo parametro viene indicato il segmento di emissioni, TTW o WTW, che viene considerato dallo strumento.

La quasi totalità degli strumenti considera le emissioni totali, WTW. L'unica eccezione è Clean Cargo, il quale considera solamente le emissioni TTW. Port Links fornisce le emissioni WTT calcolate con valori standard.

In (Tabella 4.1) viene riportata la sintesi di questi primi punti per gli strumenti utilizzati all'interno dei casi studio e la metodologia GLEC.

Tabella 4.1: Parametri di confronto (1).

ID	Metodologia / Strumento	Anno di creazione	Link/siti web	Breve descrizione	Norma ISO di riferimento	Merci / Passeggeri	Modalità di trasporto considerate (ferry, ...)	Segmento considerato (WTW-TTW-TTW)
1	GLEC	2016	https://www.smartfreightcentre.org/en/	Metodologia alla base della nuova normativa ISO 14083	GHG Protocols; EN 16258; ISO 14083 Black Carbon Methodology; UN-led Global Green Freight Action Plan; CDP reporting.	Entrambi	Tutte (inclusi gli edifici logistici).	WTW
2	GreenRouter	2016	https://www.greenrouter.it/?ln=en	Facile da usare e include uno strumento di routing	GLEC; EN 16258.	Entrambi	Road, Rail, Air, Sea, logistic sites (solo valori di default)	WTW
3	EcoTransIT	2012	https://www.ecotransit.org/en/	Strumento completo con algoritmo di routing che lavora con le resistenze	EN 16258; GLEC; ISAE 3402; ISO 14083 (Al momento).	Entrambi	Tutte (inclusi RoRo e siti logistici). Per il trasporto marittimo è presente un parametro relativo ad eventuali riduzioni di velocità.	WTW
4	TKBlue Agency	2012	https://www.tkblueagency.com/en/home/	Classifica basata su 4 indici (GHG; Esternalità; CSR; Servizio)	EN 16258; GHG Protocols; legge Grenelle (n°2017-639); GLEC.	Entrambi	Tutte, esclusi i terminali logistici	WTW

5° Parametro – Gas serra considerati.

I diversi strumenti che sono stati presi in considerazione permettono di calcolare le emissioni di gas serra, espresse in CO2 equivalente.

In aggiunta a queste, alcuni strumenti permettono di calcolare le emissioni di altri gas nocivi non solo alla salute umana ma, all'intero ecosistema. Alcuni esempi sono, EcoTransIT che fornisce il valore di emissioni di gas come NOx ed SOx, oppure, GreenRouter, il quale permette di calcolare anche le emissioni di particolate (PM).

Per TK'Blue Agency è stata inserita una nota riguardo al calcolo dell'impatto, in valori economici, di alcune esternalità, rumore, congestione, incidenti ed altre.

6° Parametro – Unità di misura.

In questo caso viene inserito il parametro usato per l'allocazione delle emissioni. Generalmente, durante questo processo di allocazione, viene usato il peso della merce spostata.

Ti seguito vengono riportate alcune casistiche per cui l'allocazione non avviene in funzione del peso.

- il trasporto di container via mare con la metodologia GLEC. In questo caso, la capacità di trasporto e le emissioni hanno come unità di misura il TEU;
- EcoTransIT permette di esprimere quanto viene trasportato in termini di tonnellate e di TEU movimentati;
- GreenRouter in funzione della tipologia di merce trasportata, pesante o leggera, alloca le emissioni in funzione del peso o del volume.
Come si vede nel terzo caso studio, questi parametri non hanno prodotto cambiamenti sulle

emissioni calcolate;

- TK'Blue Agency permette di allocare le emissioni solo in funzione del peso della merce trasportata;

7° Parametro – Fonti energetiche considerate.

Questo parametro, insieme al terzo “Modalità di trasporto considerate”, aiuta a definire l’elasticità degli strumenti.

Nello specifico in questo caso viene riportato il range di fonti energetiche, che possono essere fossili, biologici o elettricità, per cui è possibile scegliere.

8° Parametro – Grado di precisione.

In questo caso è stato assegnato un valore medio-alto a tutti gli strumenti usati per il calcolo delle emissioni nei diversi casi studio.

Non avendo il valore esatto di carburante consumato, e le relative emissioni, non è possibile avere un confronto con i valori reali. Per questo motivo il valore è stato assegnato in funzione delle certificazioni e dei riconoscimenti del singolo strumento.

Ad avere valori differenti in questo campo sono, CleanCargo, con un elevato grado di precisione per il calcolo del trasporto marittimo, e PortLinks con un valore inferiore alla media, valore assegnato perché si tratta di uno strumento limitato nei calcoli e meno riconosciuto all’interno del settore.

Nelle conclusioni verrà tenuto conto di eventuali scostamenti, calcolati in termini percentuali, rispetto al valore medio calcolato per quella casistica. Questi paragoni permettono di portare alla luce eventuali anomalie che possono avere un impatto, positivo o negativo, sulle emissioni calcolate.

9° Parametro – Facilità di utilizzo.

Questo parametro è stato incluso per tenere conto di quanto sia comodo e di facile utilizzo uno strumento.

La necessità è dovuta alla necessità di avere uno strumento “user friendly” per incentivare i diversi enti, organizzazioni, stati o chiunque voglia quantificare il proprio impatto ambientale. Questo bisogno è dovuto dal fatto che, all’interno delle aziende, in particolare quelle di piccole dimensioni, non è sempre presente una figura specializzata su questi ambiti, trasporto e emissioni. Avere a disposizione uno strumento di facile compressione, permette a queste aziende di analizzare in autonomia il proprio impatto e gli effetti di nuovi progetti o azioni correttive.

Di seguito vengono riportate le note inserite per i soli strumenti usati all’interno dei casi studio.

- GLEC. Trattandosi di calcoli che devono essere fatti manualmente è consigliato creare dei fogli Excel che permettano di automatizzare il calcolo.
Inoltre, è necessario controllare periodicamente eventuali modifiche ai parametri di calcolo, come ad esempio i parametri di saturazione dei veicoli o i valori di intensità;
- TK'Blue Agency. Si tratta di uno strumento interamente on-line di facile compressione e utilizzo.
Questo strumento segnala eventuali errori o incongruenze tra i diversi parametri di input, ad esempio se viene scelto un viaggio a temperatura ambiente ma, inseguito viene scelto un

trasporto refrigerato;

- EcoTransIT. Strumento preciso e ben strutturato ma, fornisce valori differenti nel caso in cui il viaggio sia calcolato suddividendo le tratte o nel caso in cui si effettui un calcolo unico. Durante la scelta del mezzo utilizzato, EcoTransIT, consiglia in autonomia la tipologia comunemente utilizzata. Per farlo tiene in considerazione la tratta e il peso trasportato;
- GreenRouter. Prima di poter procedere con il calcolo delle emissioni è necessario inserire i nodi necessari. Una volta fatto sarà sufficiente inserire il nome del nodo per inserire le sue coordinate ed eventuali emissioni;

In (Tabella 4.2) sono riportati i valori di questi ultimi parametri per gli strumenti utilizzati nei casi studio e la metodologia GLEC.

Tabella 4.2: Parametri di confronto (2).

ID	Metodologia / Strumento	Emissioni considerate	Unità di misura (peso, volume, UTI)	Fonti energetiche considerate	Grado di precisione del calcolo (Alto, medio, basso)	Facilità di utilizzo
1	GLEC	GHG Black Carbon (NOx e PM da verificare)	Peso/Volume	Carburanti maggiormente utilizzati (13 carburanti diversi per l'Europa e 10 per il nord America).	Medio-Alto/Alto (in funzione di quanto aggiornati sono i dati utilizzati)	La facilità dipende da come viene implementata. Il processo diventa semplice nel caso in cui venga usato un file Excel automatizzato.
2	GreenRouter	GHG espresse in CO2 equivalente; PM	Peso e Volume, ma esiste solamente il parametro per inserire il peso trasportato	Tutti i principali (per l'elettrico ha diverse fonti tra cui IEA); Biofuel solo su richiesta del cliente	Medio-Alto	Macchinosa la creazione di un nodo ma è un processo che deve essere fatto una sola volta per nodo. Nel caso in cui si voglia modificare un parametro bisogna creare un nuovo viaggio.
3	EcoTransIT	GHG espresse in CO2 equivalente; NOx; SOx; NMHC; PM10.	Peso e TEU	Tutti gli standard e le miscele BIO specifiche di alcuni paesi.	Medio-Alto	Permette di modificare un solo parametro senza dovere ricreare l'intero viaggio.
4	TK'Blue Agency	GHG espresse in CO2 equivalente; Esternalità	Peso	Carburanti maggiormente utilizzati.	Medio-Alto	Permette di modificare un solo parametro senza dovere ricreare l'intero viaggio. Segnala eventuali incongruenze tra i parametri selezionati.

Il file continua riassumendo alcuni dei punti di forza e di criticità dei diversi strumenti.

Alcuni esempi di fattori positivi che sono stati riportati sono la presenza di un eventuale algoritmo di routing per il calcolo delle distanze, come nel caso di EcoTransIT e GreenRouter, oppure il considerare l'efficienza del mezzo in funzione del suo chilometraggio o categoria, TK'Blue. EcoTransIT è l'unico strumento a considerare la velocità della nave durante il calcolo delle emissioni.

Dall'altra parte gli elementi negativi maggiormente presenti sono l'assenza delle emissioni per i transshipment o dei siti logistici. Per quanto riguarda lo strumento italiano, GreenRouter, il punto critico sono i carburanti che possono essere scelti per le diverse modalità di trasporto e la mancanza della modalità del trasporto per vie navigabili interne.

Infine, sono riportati alcuni dei casi studio, progetti o aziende che hanno fatto, e stanno facendo, uso dei diversi strumenti.

5. Applicazione degli strumenti ad alcuni casi studio

Al fine di valutare le differenze di calcolo tra i vari strumenti analizzati, sono stati presi in considerazione tre diversi casi studio. Per ogni caso vengono riportate le emissioni totali calcolate da ogni strumento e confrontate con i valori calcolati con la metodologia GLEC.

In tutti i casi, il viaggio in analisi inizia nella città di Torino, nello specifico, dal Politecnico di Torino mentre, come arrivo è stata scelta l'università di veterinaria della città spagnola di Saragozza.

A cambiare nei diversi casi non è solo la modalità di trasporto ma, anche il come viene trasportata la merce, nello specifico con cassa mobile o container, e se si tratta di un carico completo o di un groupage.

5.1. Primo caso – Trasporto massivo con cassa mobile.

Per il primo caso (A) studio è stato scelto un trasporto massivo di sedici tonnellate, trasportate con una cassa mobile. Il caso A è poi suddiviso in quattro sotto casi:

- 1) Trasporto intermodale via camion e treno. Nello specifico, su rotaia è stata scelta la tratta Busto Arsizio – Barcellona, mentre, la parte restante di viaggio viene percorsa via camion. In (Figura 5.1) viene riportato il viaggio calcolato con EcoTransIT, in grigio sono rappresentati gli spostamenti su gomma e in rosso quelli su rotaia;



Figura 5.1: Percorso Torino – Saragozza con modalità strada-ferro-strada (caso 1A).

Fonte: [35S].

- 2) Trasporto intermodale via camion e nave. La tratta marittima è tra il porto di Genova e quello di Barcellona. In questo caso si tratta di un trasporto Ro-Ro. Nella (Figura 5.2) viene mostrato il percorso calcolato con EcoTRANSIT, la tratta in colore blu è relativa al trasporto marittimo.

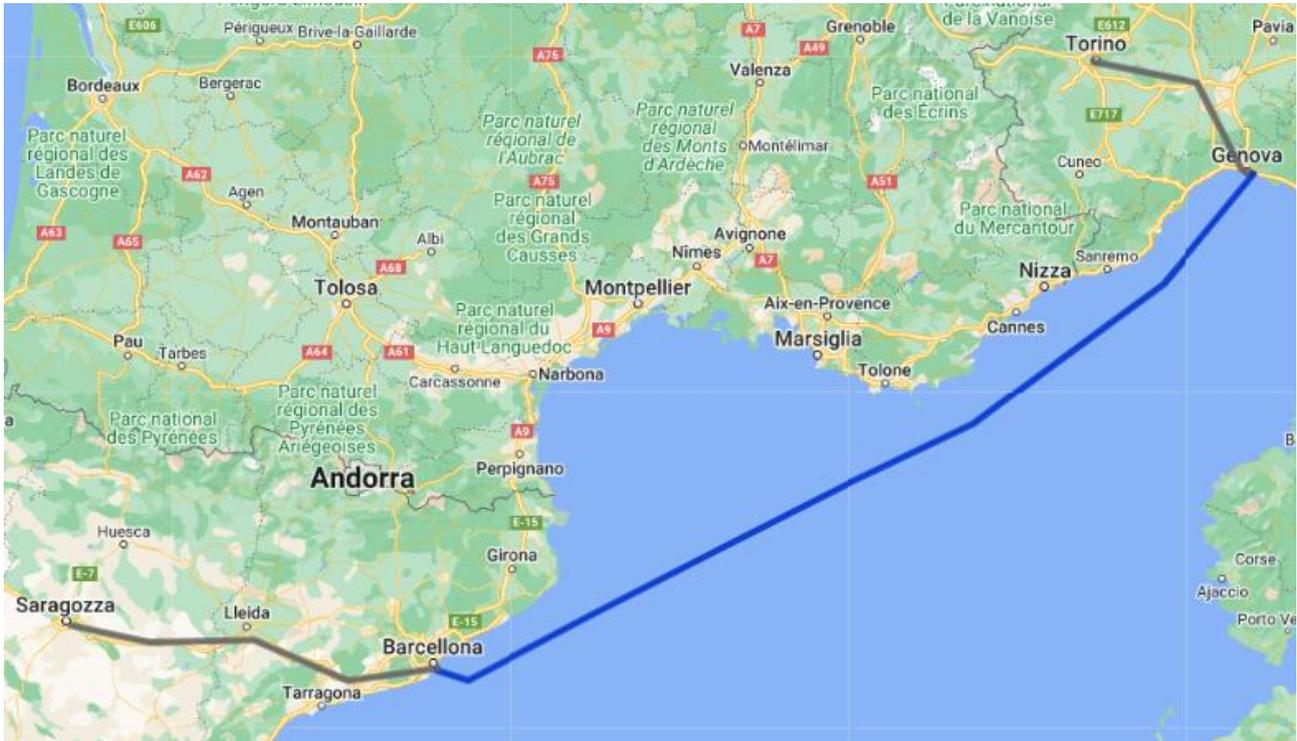


Figura 5.2: Percorso Torino – Saragozza con modalità strada-mare-strada (caso 2A).

Fonte: [35S].

- 3) Trasporto intermodale via camion e nave. A differenza del caso precedente, è stata scelta una nave ROPAX.

- 4) Trasporto diretto via camion. In (Figura 5.3) è raffigurato il percorso calcolato con EcoTransIT per il caso studio 4A.

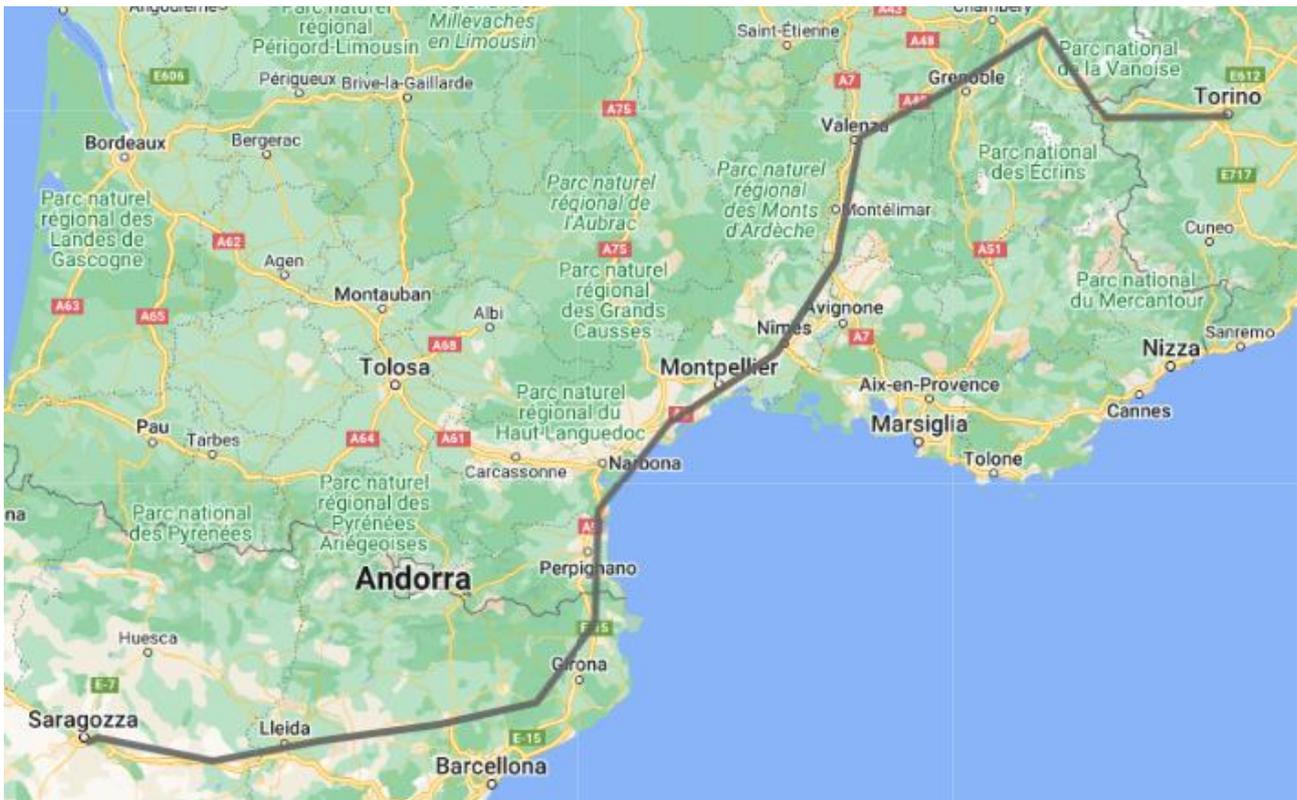


Figura 5.3: Percorso Torino – Saragozza con modalità strada (caso 4A).

Fonte: [35S].

5.2. Secondo caso – Trasporto massivo con container.

Nel caso B le sedici tonnellate vengono trasportate con un container da quaranta piedi. In questo secondo caso non sono state calcolate le emissioni relative al trasporto ROPAX.

5.3. Terzo Caso – Trasporto groupage.

In questo caso, a differenza dei precedenti, vengono movimentate tre scatole per un peso complessivo di trecento chilogrammi ed un volume di un metro cubo.

Per questo terzo caso sono analizzate le emissioni di due casistiche:

- 1) Trasporto intermodale via camion e aereo. La merce viene spostata via aereo per la tratta Torino – Barcellona. Il resto del viaggio viene percorso via camion.
- 2) Trasporto diretto via camion.

Le tabelle (Tabella 5.1) riportano la sintesi dei diversi casi per cui sono state calcolate le emissioni.

Tabella 5.1: Sintesi dei casi studio.

SEMITRAILER	Da	A	CAMION	TRENO	NAVE	AEREO	tonnellate da trasportare	unità di carico
caso 1A	Torino	Saragoza	Torino- Busto Arsizio e Barcellona-Saragoza	Da Busto Arsizio a Barcellona			16	semitrailer
caso 2A	Torino	Saragoza	Torino-Genova, Barcellona-Saragoza		RO-RO Ge-Barcellona		16	semitrailer
caso 3A	Torino	Saragoza	Torino-Genova, Barcellona-Saragoza		RO-PAX Ge-Barcellona		16	semitrailer
caso 4A	Torino	Saragoza	Torino-Saragoza				16	semitrailer
CONTAINER da 40'	Da	A	CAMION	TRENO	NAVE	AEREO	tonnellate da trasportare	unità di carico
caso 1B	Torino	Saragoza	Torino- Busto Arsizio e Barcellona-Saragoza	Da Busto Arsizio a Barcellona			16	container
caso 2B	Torino	Saragoza	Torino-Genova, Barcellona-Saragoza		PORTACONTAINER da Genova a Barcellona		16	container
caso 3B	Torino	Saragoza	Torino-Saragoza				16	container
GROUPAGE			CAMION	TRENO	NAVE	AEREO	tonnellate da trasportare	unità di carico
caso 1C	Torino	Saragoza	Aeroporto Torino Caselle e Barcellona-Saragoza			Torino-Barcellona	300 kg (1 m ³), 3 scatole	scatole
caso 2C	Torino	Saragoza	Torino-Saragoza				300 kg (1 m ³), 3 scatole	scatole

Le emissioni calcolate, nei differenti casi e con i diversi strumenti/metodologia, sono riportate nell'allegato "Casi studio – Mantovani". Nello specifico, nell'allegato sono presenti dei fogli per ogni combinazione di strumento e caso, ed in aggiunta, dei fogli di sintesi per i singoli casi. In questi ultimi fogli è possibile analizzare gli scostamenti delle emissioni calcolate nei diversi modi.

Per i diversi casi analizzati si possono notare delle differenze tra le emissioni calcolate con i diversi strumenti e con la metodologia GLEC. Bisogna ricordare che le emissioni sono calcolate per un singolo viaggio, per questo motivo, le differenze incontrare possono sembrare insignificanti ma, possono avere impatti importanti se viene preso in considerazione un periodo temporale maggiore.

Prima di iniziare l'analisi dei risultati dei singoli casi studio è doveroso spiegare brevemente come sono stati organizzati i fogli Excel di riepilogo all'interno dell'allegato "Casi studio – Mantovani".

Nei fogli dedicati al primo caso studio sono presenti dei commenti riguardo allo strumento e al suo funzionamento.

In alcuni casi le emissioni di un viaggio possono essere state calcolate più volte con parametri differenti per analizzare le differenze che si vengono a generare. Queste variazioni verranno spiegate all'interno dell'analisi del caso studio di riferimento.

Per lo strumento Greenrouter vengono riportate le schermate di selezione dei valori input e la sintesi dei valori di output analizzati, distanza ed emissioni totali espresse in CO2 equivalente.

Per il secondo strumento in analisi, EcoTransIT, oltre alle schermate di selezione dei valori input, sono riportate anche le schermate, fornite come tabelle, dei valori di output calcolati.

Nei fogli dedicati alla metodologia GLEC, sono riportati i diversi valori, presi dalla guida GLEC, che sono stati utilizzati per il calcolo delle emissioni di quel caso studio. Oltre ai valori presenti sulla guida sono anche riportati le distanze calcolate dagli strumenti dotati di algoritmo di routing, per i calcoli è stata utilizzata la distanza media, e i pesi/volumi trasportati.

Per quanto riguarda l'ultimo strumento, TK'Blue Agency, sono riportate le schermate di input e output.

6. Risultati dell'applicazione degli strumenti ai casi studio

Una volta che sono stati descritti i casi studio, e i diversi parametri che sono stati usati per il confronto, è possibile iniziare l'analisi dei singoli casi studio.

Durante queste analisi sono riportate le differenze tra le emissioni calcolate dai diversi strumenti.

Prima di passare ai singoli casi, bisogna specificare come sono state allocate le emissioni per la metodologia GLEC. Per i primi due casi studio, le emissioni dei trasporti via treno e via nave, sono state calcolate ipotizzando che venga trasportato il peso medio, capacità trasportabile moltiplicata per la saturazione media. Una volta calcolate le emissioni sono divise per la capacità media e poi moltiplicate per le tonnellate trasportate. Nel caso del trasporto marittimo di container le emissioni sono state allocate in funzione dei container usati, vengono usate le dimensioni di un venti piedi come unità di misura.

6.1. Analisi del primo caso studio (A)

Analizzando il primo caso è possibile analizzare le differenze tra i diversi strumenti e nei confronti della metodologia GLEC. In particolare, per i casi "2A" e "3A" si notano dei valori particolarmente elevati di emissioni dovute al trasporto marittimo calcolate con GreenRouter. Parlando di trasporto marittimo, l'unico strumento che ha riportato delle emissioni maggiori nel caso Ro-Ro rispetto al caso ROPAX è EcoTransIT. Passando al trasporto su gomma, GreenRouter è lo strumento caratterizzato per i valori massimi, per questo primo caso studio, di emissioni. Per quanto riguarda il trasporto via treno i picchi vengono riscontrati per la metodologia GLEC.

Per questo primo caso studio, è possibile elencare i diversi strumenti in funzione del livello di emissioni calcolato. Di seguito sono riportate due tabelle riassuntive con i valori di emissioni totali espressi in tonnellate di CO2 equivalente, (Tabella 6.1) mentre, nella seconda, (Tabella 6.2), sono riportate le variazioni percentuali dal valore calcolato con la metodologia GLEC.

Tabella 6.1: Emissioni totali - primo caso studio.

Emissioni espresse in tonnellate di CO2 equivalenti				
Caso	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC (Solo cassa)	TK'Blue Agency
1A	1,001	0,52	1,989	0,745
2A	55,388	6,357	1,858	0,775
3A	115,542	0,916	3,179	0,775
4A	1,607	0,910	1,536	1,189

Tabella 6.2: Delta percentuale dalla metodologia GLEC – primo caso studio.

Caso	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC (Solo cassa)	TK'Blue Agency
1A	-50%	-74%	0%	-63%
2A	2881%	242%	0%	-58%
3A	3535%	-71%	0%	-76%
4A	5%	-41%	0%	-23%

Per ogni strumento viene riportato il distacco percentuale dalla metodologia GLEC, in quanto essa è alla base della nuova normativa e molti strumenti si basano su essa.

La (Tabella 6.2) permette di confrontare di quanto i diversi strumenti si distacchino dalla metodologia GLEC. Ad esempio, lo strumento EcoTransIT, tranne nel caso 2A, riporta i valori minimi di emissioni calcolate. Inoltre, risultano ancora più apparenti i valori calcolati da GreenRouter, valori notevolmente superiori a quelli calcolati con gli altri strumenti, e metodologia. In questo momento è possibile notare che, per lo strumento TK'Blue Agency, le emissioni calcolate per il caso 2A e 3A sono uguali tra loro. Questo è un punto a sfavore dello strumento in quanto non differenzia tra le due tipologie di trasporto.

In (Figura 6.1) vengono riportati i valori di emissioni per i diversi strumenti per ogni caso studio, in aggiunta, è riportato il delta complessivo espresso in termini percentuali, calcolato rispetto ai valori riportati dalla metodologia GLEC. Dal grafico potrebbe sembrare che EcoTransIT calcoli valori equiparabili alla metodologia GLEC ma, bisogna ricordare le differenze dei singoli casi studio. Da questo grafico si evincono particolarmente le differenze riscontrate con lo strumento GreenRouter nei casi studio 3A e 4A.

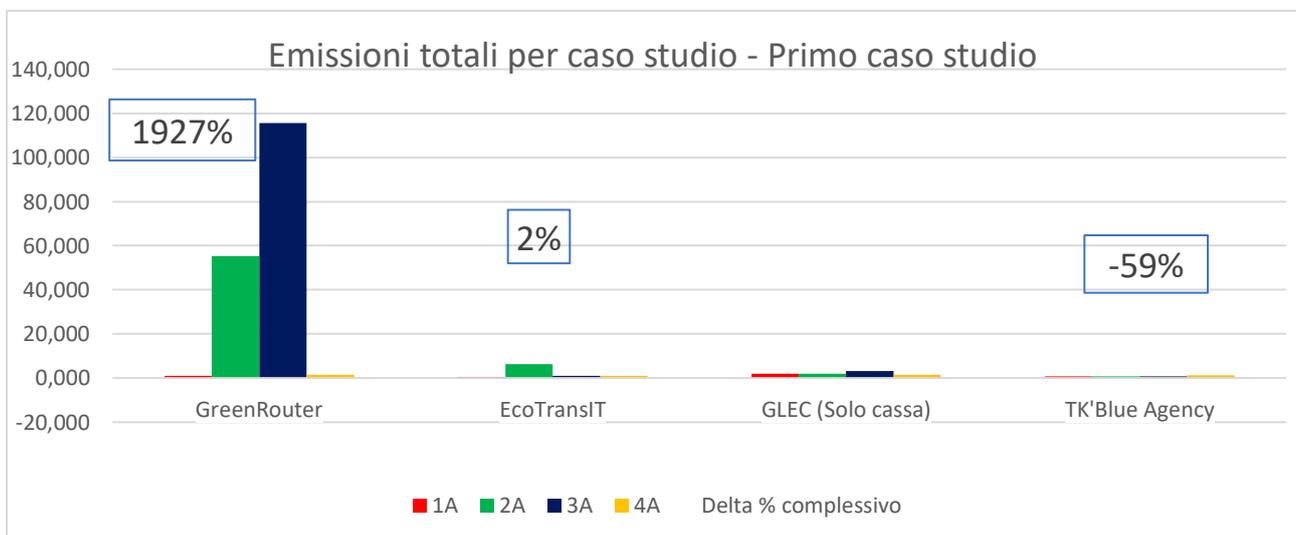


Figura 6.1: Emissioni totali per caso studio – Primo caso studio (Semitrailer come unità di carico).

Nell'allegato sono presenti anche delle tabelle riassuntive incentrate sugli scostamenti delle singole modalità di trasporto, per ogni modalità e strumento sono state sommate le relative emissioni. Con queste tabelle si può notare la mancanza di omogeneità tra i parametri di calcolo dei diversi strumenti. Solamente nel caso di trasporto via treno, per gli strumenti EcoTransIT e TK'Blue, le differenze possono sembrare trascurabili. Analizzandole nello specifico, una differenza di 0,02 tonnellate rispetto alle 0,16, calcolate dallo strumento EcoTransIT, corrispondono al 12,5%. Di seguito le tabelle relative al primo caso studio, (Tabella 6.3) riportante i valori assoluti e, (Tabella 6.4) con gli scostamenti percentuali di ogni strumento rispetto alla metodologia GLEC.

Tabella 6.3: Emissioni totali per modalità di trasporto – primo caso studio.

Emissioni espresse in tonnellate di CO2 equivalenti				
Modalità di trasporto	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC (Solo cassa)	TK'Blue Agency
Truck	3,672	2,030	3,393	2,965
Treno	0,345	0,160	1,398	0,180
Nave Ro-Ro	54,684	5,960	1,225	0,169
Nave Ropax	114,838	0,519	2,546	0,169

Tabella 6.4: Delta percentuali rispetto alla metodologia GLEC per modalità di trasporto – primo caso studio.

Modalità di trasporto	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC (Solo cassa)	TK'Blue Agency
Truck	8%	-40%	0%	-13%
Treno	-75%	-89%	0%	-87%
Nave Ro-Ro	4363%	386%	0%	-86%
Nave Ropax	4411%	-80%	0%	-93%

In (Figura 6.2) vengono riportate le emissioni di gas serra calcolate dai diversi strumenti per le diverse modalità di trasporto. Anche in questo caso si nota come le differenze riscontrate da EcoTransIT quasi si annullino tra le diverse modalità di trasporto, il trasporto con nave Ro-Ro riporta una differenza equiparabile a quelle delle altre modalità di trasporto combinate.

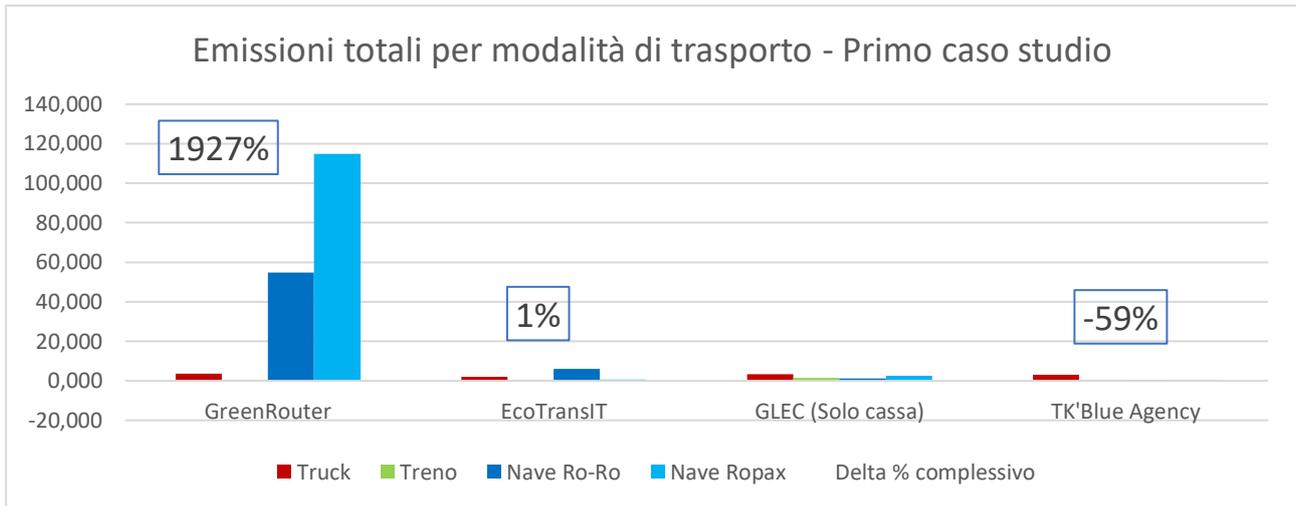


Figura 6.2: Emissioni totali per modalità di trasporto – Primo caso studio (Semitrailer come unità di carico).

All'interno di questo primo caso studio sono presenti tre casistiche per analizzare i singoli strumenti e metodologia. Per lo strumento GreenRouter i casi studio sono stati calcolati con i valori standard forniti dallo stesso strumento e con i parametri GLEC. Le emissioni calcolate con i parametri della metodologia risultano inferiori rispetto a quelle calcolate con i valori forniti dallo strumento, questa differenza si nota particolarmente per il trasporto marittimo. L'unico caso, contrario a questo andamento, riguarda il trasporto ferroviario, (Tabella 6.5) e (Tabella 6.6).

Tabella 6.5: GreenRouter caso 2A standard VS valori GLEC.

Caso 1A - Standard	Distanza (km)	CO2e (kg)	CO2e (ton)	Caso 1A - GLEC	Distanza (km)	CO2e (kg)	CO2e (ton)
Polito-Busto Arsizio	138,09	218,65	0,219	Polito-Busto Arsizio	138,09	203,45	0,203
Busto Arsizio - Barcellona	1021,22	190,2	0,190	Busto Arsizio - Barcellona	1021,22	344,92	0,345
Barcellona - Uni Saragozza	307,1	485,4	0,485	Barcellona - Uni Saragozza	307,1	452,46	0,452
Totale	1466,41	894,25	0,894	Totale	1466,41	1000,83	1,001

Tabella 6.6: GreenRouter caso 2A standard VS valori GLEC.

Caso 2A - Standard	Distanza (km)	CO2e (kg)	CO2e (ton)	Caso 2A - GLEC	Distanza (km)	CO2e (kg)	CO2e (ton)
Polito-Genova	166,46	264,04	0,264	Polito-Genova	166,46	245,25	0,245
Genova - Barcellona	854,45	136706,53	136,707	Genova - Barcellona	854,45	54684	54,684
Barcellona - Uni Saragozza	311,67	494,36	0,494	Barcellona - Uni Saragozza	311,67	459,19	0,459
Totale	1332,58	137464,93	137,465	Totale	1332,58	55388,44	55,388

Un secondo test del funzionamento degli strumenti è stato eseguito per EcoTransIT. Per questo strumento vengono confrontate le emissioni calcolate per il primo caso (1A), eseguendo il calcolo separatamente, (Tabella 6.7), per le diverse modalità e, in un secondo momento, calcolando le emissioni totali del viaggio con un unico passaggio, (Figura 6.3). Le due casistiche riportano gli stessi valori, nei casi successivi, per ottenere i valori delle singole tratte, i calcoli sono stati eseguiti separatamente.

Tabella 6.7: EcoTransIT caso studio 1A calcolato separatamente.

Caso 1A - Separatamente	Distanza (km)	GHG CO2 e WTW (ton)
Polito-Busto Arsizio	133	0,11
Busto Arsizio - Barcellona	1072	0,16
Barcellona - Uni Saragozza	305	0,25
Totale	1510	0,52

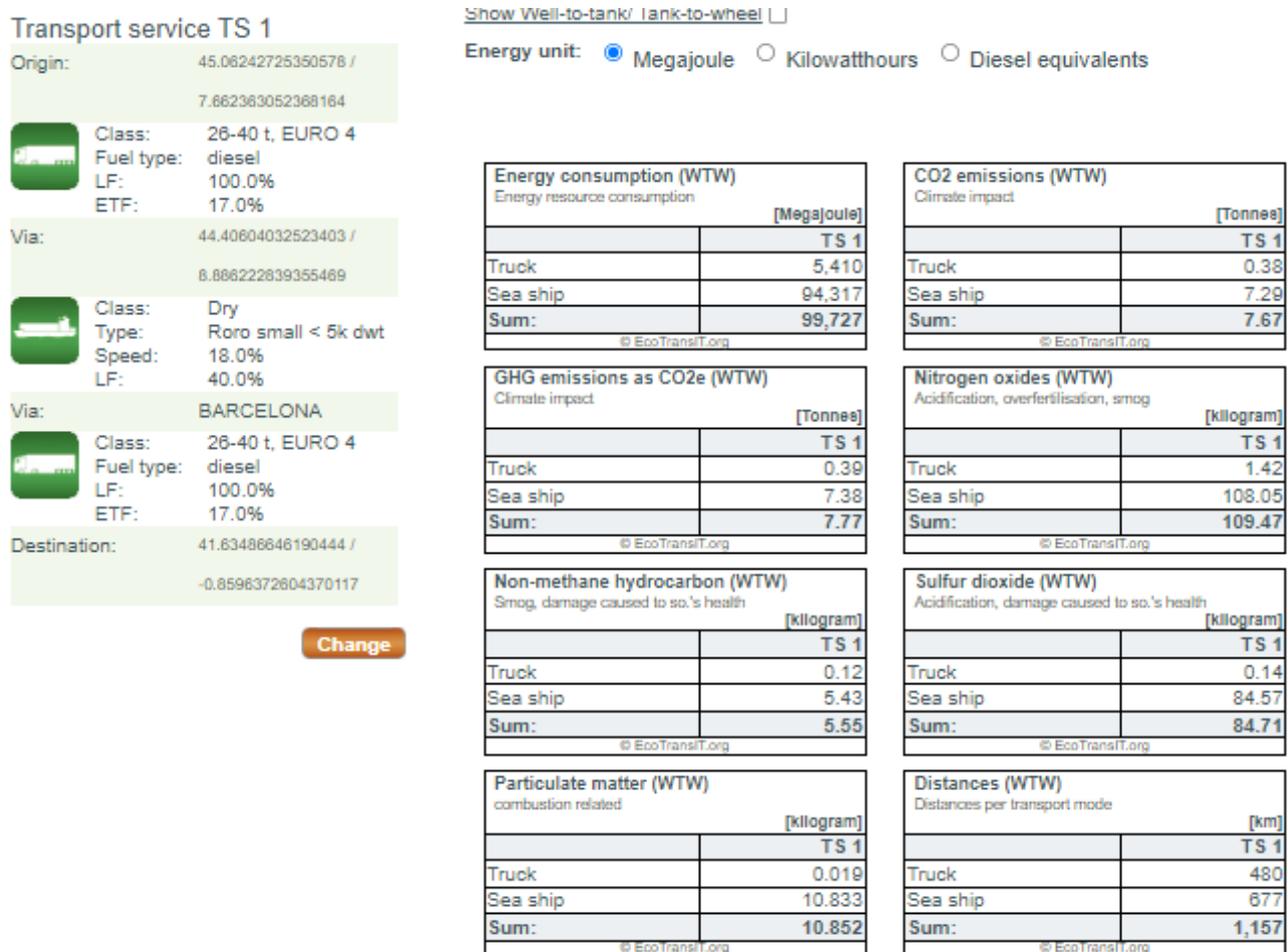


Figura 6.3: EcoTransIT caso studio 1A calcolato con un passaggio unico.

Fonte: allegato "Casi Studio – Mantovani".

Per questo strumento è stata anche verificata l'incidenza del parametro di saturazione. Per farlo sono state calcolate le emissioni del caso 4A inserendo una saturazione del cento per cento, (Tabella 6.8), e, successivamente, del 60%, (Tabella 6.9).

Tabella 6.8: EcoTransIT caso studio 4A con saturazione al 100%.

Caso 4A	Distanza (km)	GHG CO2 e WTW (ton)
Polito - Uni Saragozza	1133	0,91

Tabella 6.9: EcoTransIT caso studio 4A con saturazione al 60%.

Caso 4A	Distanza (km)	GHG CO2 e WTW (ton)
Polito - Uni Saragozza	1133	1,34

Come è possibile notare, la casistica con saturazione minore è caratterizzata da livelli maggiori di emissioni.

Questo potrebbe essere dovuto al fatto che il sistema ipotizzi la presenza di altre consegne all'interno dello stesso viaggio.

L'ultimo controllo riguarda la metodologia GLEC. In questo caso le emissioni del trasporto su rotaia sono state calcolate in due casistiche differenti. In un primo caso viene spostato anche il truck via treno, nel secondo viene spostata solo la merce/cassa mobile. Le emissioni totali di queste due casistiche sono riportate in (Tabella 6.10) e (Tabella 6.11).

Tabella 6.10: GLEC caso studio 1A Spostando anche il mezzo.

Caso 1A	Distanza (km)	GHG CO2e WTW (ton)
Truck	135,545	0,181
Treno	1046,61	1,649
Truck	306,05	0,410
Totale	1488,205	2,240

Tabella 6.11: GLEC caso studio 1A Spostando solo la cassa.

Caso 1A	Distanza (km)	GHG CO2e WTW (ton)
Truck	135,545	0,181
Treno	1046,61	1,398
Truck	306,05	0,410
Totale	1488,205	1,989

6.2. Analisi del secondo caso studio (B).

Questo secondo caso studio presenta delle similarità con il primo. La metodologia GLEC riporta i valori massimi per il trasporto su rotaie, mentre, GreenRouter per il trasporto marittimo. Invece, TK'Blue riporta i valori minimi per tutte le casistiche analizzate all'interno di questo secondo caso studio (Tabella 6.12).

Tabella 6.12: Emissioni totali - secondo caso studio. Tabella tratta dall'allegato "Casi studio – Mantovani".

Emissioni espresse in tonnellate di CO2 equivalenti				
Caso	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC (Solo cassa)	TK'Blue Agency
1B	1,013	0,840	1,061	0,730
2B	21,265	0,790	1,026	0,775
3B	1,738	1,460	1,898	1,128

Le differenze, espresse in percentuale, con la metodologia GLEC sono riportate in (Tabella 6.13).

Tabella 6.13: Delta percentuale dalla metodologia GLEC – secondo caso studio.

Caso	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC (Solo cassa)	TK'Blue Agency
1B	-4%	-21%	0%	-31%
2B	1973%	-23%	0%	-24%
3B	-8%	-23%	0%	-41%

Lo strumento GreenRouter, per il caso 1B, ha riportato dei valori simili a quelli calcolati con la metodologia GLEC. La differenza percentuale in questo caso era del 4%. Anche EcoTransIT e TK'Blue riportano valori simili per il caso 2B, con una differenza del 2%.

Le emissioni calcolate e il delta complessivo rispetto ai valori riportati dalla metodologia GLEC, espressi in percentuale, per ogni caso studio dai diversi strumenti sono riportate di seguito (Figura 6.4)

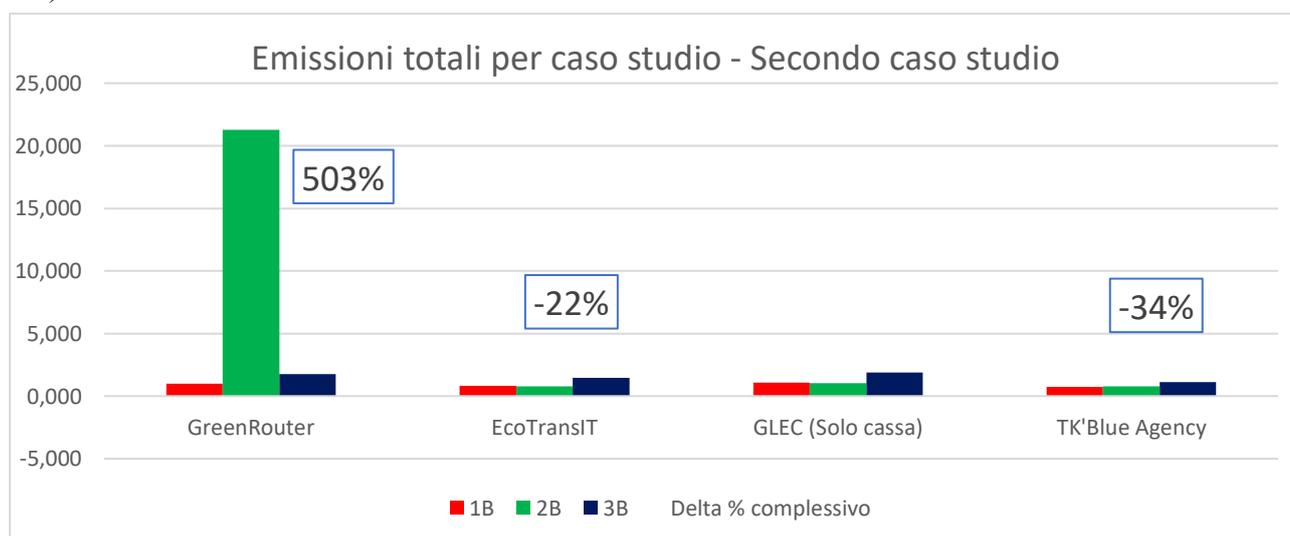


Figura 6.4: Emissioni totali per caso studio – Secondo caso studio (Container come unità di carico).

Di seguito, in (Tabella 6.14), sono riportati i valori calcolati dai diversi strumenti per le diverse modalità di trasporto.

Tabella 6.14: Emissioni totali per modalità di trasporto – secondo caso studio.

Emissioni espresse in tonnellate di CO2 equivalenti				
Modalità di trasporto	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC (Solo cassa)	TK'Blue Agency
Truck	3,203	2,640	3,411	2,299
Treno	0,307	0,270	0,331	0,165
Nave Ro-Ro	20,507	0,163	0,244	0,169

In (Tabella 6.15) sono riportate le differenze, espresse in percentuale, tra i diversi strumenti e la metodologia GLEC per ogni modalità di trasporto.

Tabella 6.15: Delta percentuali rispetto alla metodologia GLEC per modalità di trasporto – secondo caso studio.

Modalità di trasporto	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC (Solo cassa)	TK'Blue Agency
Truck	-6%	-23%	0%	-33%
Treno	-7%	-18%	0%	-50%
Nave Ro-Ro	8319%	-33%	0%	-31%

Nessuno strumento ha calcolato dei valori di emissioni paragonabili, sotto il 5%, alla metodologia GLEC. GreenRouter è poco superiore a questa soglia con una differenza del 6%. Gli unici strumenti, che in questo caso riportano dei valori simili tra loro, sono EcoTransIT e TK'Blue per il trasporto navale Ro-Ro, con una differenza del 3,6%.

Le emissioni di gas serra calcolate dai diversi strumenti e dalla metodologia GLEC sono raffigurate in (Figura 6.5) insieme al delta complessivo, calcolato come differenza tra le emissioni dei singoli strumenti e le emissioni calcolate seguendo la metodologia GLEC ed espressa in termini percentuali.

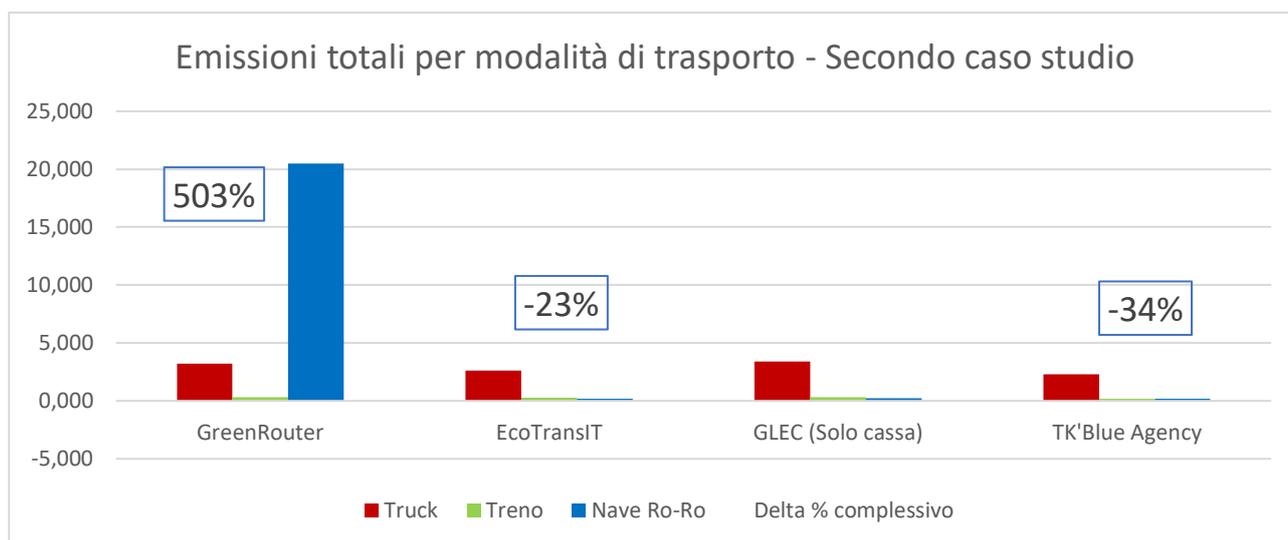


Figura 6.5: Emissioni totali per modalità di trasporto – Secondo caso studio (Container come unità di carico).

L'analisi dei risultati ottenuti può essere estesa al confronto tra i diversi casi, e non più all'interno dello stesso. In questo modo è possibile confrontare come variano, in percentuale, i valori nel caso in cui la merce venga movimentata con una cassa mobile o con un container. Nello specifico il confronto è stato fatto calcolando le emissioni totali delle singole modalità di trasporto, nel caso di trasporto marittimo è stato scelto il solo trasporto Ro-Ro, differenze riportate in (Figura 6.16).

Tabella 6.16: Delta percentuali tra il trasporto con semitrailer e con container.

Modalità di trasporto	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC (Solo cassa)	TK'Blue Agency
Truck	-15%	23%	1%	-29%
Treno	-12%	41%	-323%	-9%
Nave Ro-Ro	-167%	-3556%	-403%	0%

Nel caso del trasporto su gomma, spostando la merce con un container si assiste ad un aumento, che varia dall'uno percento al -29% delle emissioni. Variazioni opposte sono presenti per il trasporto via mare, in questo caso le emissioni diminuiscono notevolmente. Per questa modalità si nota, che le emissioni calcolate nei due casi con lo strumento TK'Blue Agency riportano gli stessi valori. Per quanto riguarda l'ultima modalità di trasporto, trasporto via treno, non si hanno delle variazioni omogenee. Nel caso di EcoTransIT si assiste ad un aumento delle emissioni nel caso di trasporto con container, mentre, negli altri casi si assiste ad una diminuzione delle emissioni totali, diminuzione accentuata per la metodologia GLEC.

Come per il primo caso, sono stati eseguiti dei controlli sul funzionamento di alcuni dei parametri di input dei diversi strumenti. In questo caso, si è prestata attenzione all'impatto della saturazione delle UTI nel trasporto navale e, in secondo momento, alla scelta dei parametri di definizione del mezzo utilizzato per il trasporto e la tratta percorsa. Il parametro UTI è riferito alla saturazione del veicolo, utilizzato per trasportare la merce, quando è caricato su un secondo veicolo. Nell'esempio analizzato, 2B, il veicolo UTI è riferito al camion caricato sulla nave.

Riguardo al controllo sul parametro di UTI, per lo strumento GreenRouter, sono state calcolate le emissioni del trasporto marittimo del caso 2B, inserendo come percentuale di saturazione UTI 70%. Le relative emissioni sono esattamente il settanta per cento di quelle calcolate lasciando 100% come valore di saturazione. In (Tabella 6.17) sono riportati i valori calcolati inserendo 100% come saturazione mentre, in (Tabella 6.18) sono riportati i valori relativi ai calcoli eseguiti con 70% come saturazione UTI.

Tabella 6.17: EcoTransIT caso 2B calcolo con saturazione UTI al 100%.

Caso 2B	Distanza (km)	CO2e (kg)	GHG CO2e WTW (ton)
Polito-Genova	166,46	264,03	0,26
Genova - Barcellona	854,45	20506,80	20,51
Barcellona - Uni Saragozza	311,67	494,36	0,49
Totale	1332,58	21265,19	21,27

Tabella 6.18: EcoTransIT caso 2B calcolo con saturazione UTI al 70%.

Caso 2B	Distanza (km)	CO2e (kg)	GHG CO2e WTW (ton)
Polito-Genova	166,46	264,03	0,26
Genova - Barcellona	854,45	14354,76	14,35
Barcellona - Uni Saragozza	311,67	494,36	0,49
Totale	1332,58	15113,15	15,11

Nel secondo controllo, invece di inserire i parametri relativi alla tratta percorsa dalla nave, nello specifico la tratta mediterranea, e come tipologia di nave utilizzata, sono stati selezionati i valori medi. Questo ha comportato un drastico aumento delle emissioni calcolate. Questo controllo è stato fatto con lo strumento GreenRouter, (Tabella 6.19).

Tabella 6.19: EcoTransIT caso 2B calcolo valori medi per la tratta percorsa.

Caso 2B	Distanza (km)	CO2e (kg)	GHG CO2e WTW (ton)
Polito-Genova	166,46	264,03	0,26
Genova - Barcellona	854,45	26481,11	26,48
Barcellona - Uni Saragozza	311,67	494,36	0,49
Totale	1332,58	27239,50	27,24

Un ulteriore controllo è stato fatto per EcoTransIT. Per questo caso la merce viene spostata con l'ausilio di un quaranta piedi ma, questo strumento permette di selezionare solo l'opzione da venti piedi, per questo motivo i calcoli sono stati eseguiti spostando due container da venti. Le emissioni del caso 1B calcolate spostando due TEU, (Tabella 6.20). Per il caso 1B, le emissioni sono state calcolate anche ipotizzando di spostare un solo TEU, (Tabella 6.21). Come ci si poteva aspettare le emissioni sono la metà di quanto calcolato spostando due TEU.

Tabella 6.20: EcoTransIT caso 1B spostando 2 TEU.

Caso 1B	Distanza (km)	GHG CO2e WTW (ton)
Polito-Busto Arsizio	133,00	0,17
Busto Arsizio - Barcellona	1072,00	0,27
Barcellona - Uni Saragozza	305	0,40
Totale	1510,00	0,84

Tabella 6.21: EcoTransIT caso 1B spostando 1 TEU.

Caso 1B	Distanza (km)	GHG CO2e WTW (ton)
Polito-Busto Arsizio	133	0,09
Busto Arsizio - Barcellona	1072	0,13
Barcellona - Uni Saragozza	305	0,20
Totale	1510	0,42

Per quanto riguarda la metodologia GLEC, in questo caso le emissioni sono state allocate in funzione sia del peso, (Tabella 6.22), che del volume. Allocando in funzione del peso, le emissioni totali sono divise per il peso mediamente trasportato dalla nave, TEU trasportabile moltiplicati per la saturazione media e il peso medio di un container da venti piedi. Nel caso in cui le emissioni vengano allocate in funzione del volume, le emissioni totali sono divise per i container mediamente trasportati dalla nave. Lavorando con i valori di peso medio le due allocazioni riportano le stesse emissioni.

Tabella 6.22: GLEC caso 2B allocando le emissioni usando il peso trasportato.

Caso 2B	t-km	Consumi carburante (kg)	Emissioni totali (Kg CO2e)	GHG CO2e WTW (ton)
Truck	3294,6	65,892	256,979	0,257
Nave	1065715,00		170514,400	0,244
Truck	6166,7	123,334	481,003	0,481
Totale			171252,381	0,982

6.3 Analisi del terzo caso studio (C).

Per quest'ultimo caso, lo strumento di TK'Blue Agency continua a riportare l'errore relativo ad una scelta non perfetta di indice GHG. Questo errore rimane per tutti gli indici provati, la quasi totalità. In conclusione è stato scelto l'indice relativo ai viaggi Less Than Truckload/Dry.

I trasporti su gomma, trattandosi di trasporti groupage, sono stati eseguiti, a differenza dei casi precedenti, con una motrice e non un bilico. Nel primo sotto caso la merce viene spostata su un aereo. Vengono analizzate le emissioni sia nel caso in cui la merce venga spostata con un mezzo "Belly freight" che nel caso venga utilizzato un "Freighter".

La prima particolarità, che risalta dai risultati di questo caso, è che TK'BlueAgency riporta il valore minimo per tutte le casistiche, la stessa cosa è capitata nel caso 2, (Tabella 6.23)

Tabella 6.23: Emissioni totali – terzo caso studio.

Caso	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC	TK'Blue Agency
1C - Belly freighter	0,470	0,428	0,397	0,375
1C - Freighter	0,430	0,405	0,361	0,338
2C	0,261	0,082	0,133	0,048

Le differenze tra i diversi strumenti e la metodologia GLEC sono riportati in figura “Delta percentuale – terzo caso studio”.

Tabella 6.24: Delta percentuali rispetto alla metodologia GLEC – terzo caso studio.

Caso	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC	TK'Blue Agency
1C - Belly freighter	18%	8%	0%	-6%
1C - Freighter	19%	12%	0%	-6%
2C	96%	-38%	0%	-64%

TK'Blue, per il trasporto aereo, riporta delle differenze quasi trascurabile con la metodologia GLEC, in entrambi i casi la differenza è del 6%.

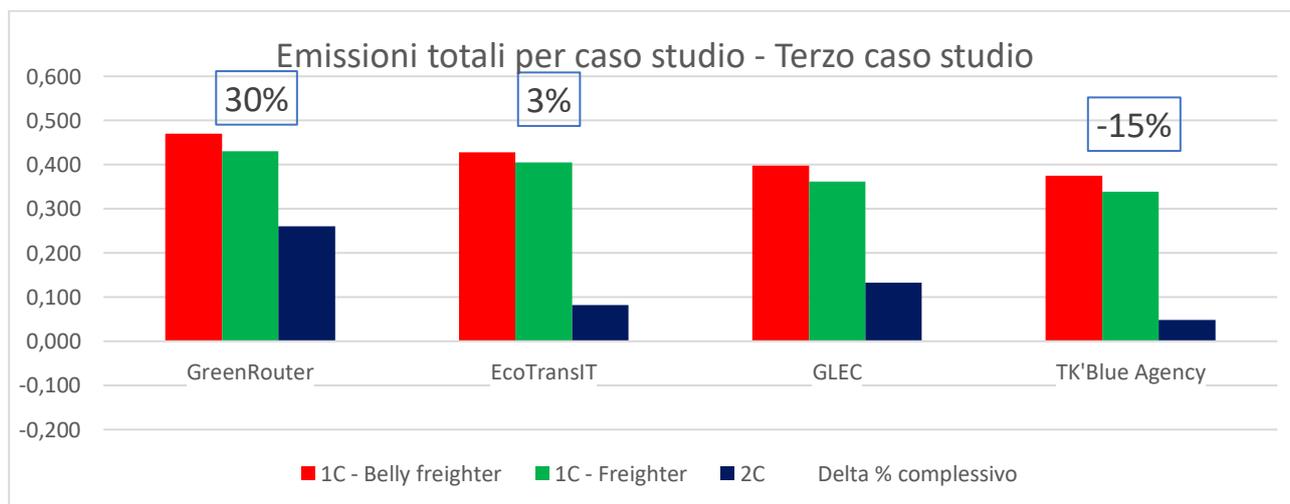


Figura 6.6: Emissioni totali per caso studio – Terzo caso studio (Trasporto groupage).

Come nel primo caso studio anche in questo caso la differenza complessiva tra EcoTransIT e la metodologia GLEC è inferiore al 5%.

Per questo terzo caso studio sono riportate le differenze per le due modalità di trasporto aereo. Queste differenze sono state calcolate in termini assoluti, delta tra le emissioni calcolate per il trasporto con

“Belly freighter” e con “Freighter”, e in termini percentuali rispetto alle emissioni del caso “Freighter”, cioè la modalità che riporta i valori minori in tutti i casi, (Tabella 6.25).

Tabella 6.25: differenze, in termini assoluti e percentuali, tra le due tipologie di trasporto aereo.

	Confronto trasporto aereo			
	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC	TK'Blue Agency
Valore assoluto	0,040	0,023	0,036	0,036
% rispetto al caso con freighter	10,07%	5,63%	10,07%	10,04%

In tutti i casi utilizzare un velivolo “Belly freighter” comporta un aumento delle emissioni di trasporto. In particolare, si riscontra un aumento di circa il dieci per cento, 5.63% nel caso in cui i calcoli siano fatti con EcoTransIT.

All’interno di questo caso studio, per la prima volta, due strumenti riportano, quasi, gli stessi valori di emissioni, le differenze sono di 0,001 tonnellate che corrispondono al 03%, per una modalità di trasporto. Si parla della metodologia GLEC e di TK’Blue Agency per il calcolo delle emissioni nel trasporto aereo. Le emissioni calcolate per le diverse modalità di trasporto sono riportate in (Tabella 6.26) mentre, in (Tabella 6.27) riporta le differenze percentuali con la metodologia GLEC.

Tabella 6.26: Emissioni totali per modalità di trasporto – terzo caso studio.

Modalità di trasporto	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC	TK'Blue Agency
Truck	0,407	0,129	0,208	0,076
Aereo (Belly freighter)	0,397	0,405	0,360	0,361
Aereo (Freighter)	0,357	0,382	0,324	0,325

Tabella 6.27: Delta percentuali rispetto alla metodologia GLEC per modalità di trasporto – terzo caso studio.

Modalità di trasporto	GreenRouter	EcoTransIT	GLEC	TK'Blue Agency
Truck	95%	-38%	0%	-64%
Aereo (Belly freighter)	10%	12%	0%	0,31%
Aereo (Freighter)	10%	18%	0%	0,34%

Come per i casi precedenti (Figura 6.7) riporta le emissioni totali suddivise per modalità di trasporto. TK’Blue Agency nel terzo caso è lo strumento che più si è avvicinato ai valori calcolati con la metodologia GLEC, 0,3% di differenza ma, se si tiene conto anche del trasporto aereo il delta percentuale diventa del -15%.

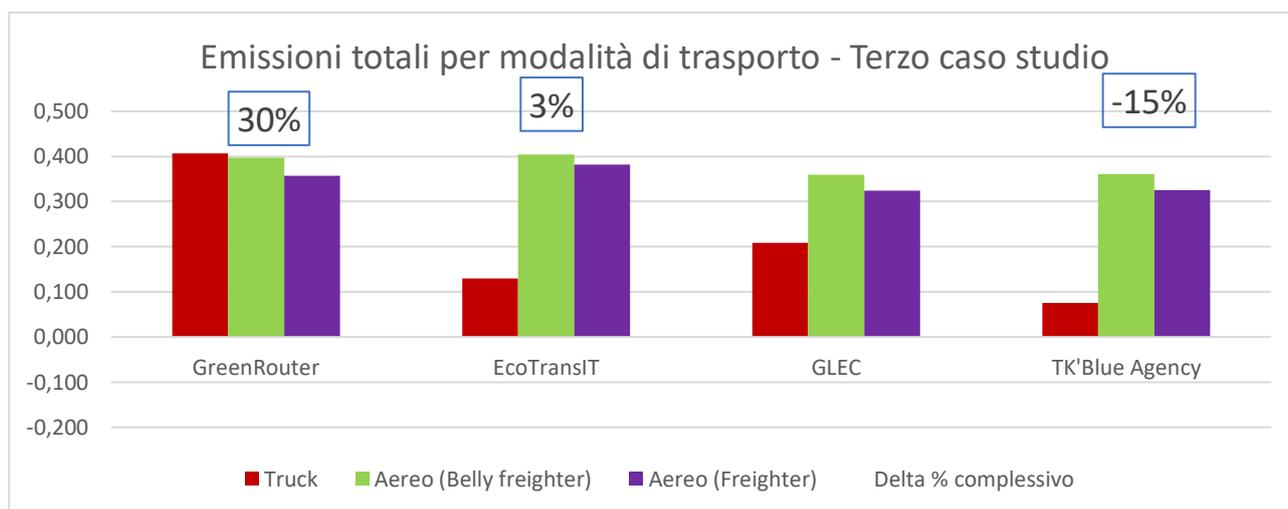


Figura 6.7: Emissioni totali per modalità di trasporto – Terzo caso studio (Trasporto groupage).

6.4 Analisi delle differenze con la metodologia GLEC

In tutti i casi i diversi strumenti sono stati paragonati alla metodologia GLEC, questo perché essa è alla base della nuova normativa e nasce il bisogno di quantificare le differenze che esistono tra i diversi strumenti e questa metodologia.

Queste differenze possono essere dovute ad uno, o più, delle seguenti motivazioni:

- parametri utilizzati durante il calcolo. Con parametri si intendono tutte le variabili e costanti che vengono utilizzate per calcolare le emissioni totali partendo dalle tonnellate chilometro percorse e dalla tipologia di veicolo impiegato. Gli esempi principali, di questi parametri, sono le intensità di emissioni o il parametro di conversione dalle tonnellate-chilometro ai chili, o litri, di carburante utilizzati.

Questa è probabilmente la differenza che causa l'impatto maggiore, infatti è sufficiente un leggero scostamento, anche di solo alcune variabili, per produrre dei risultati che non sono più paragonabili tra loro.

Su questo punto è importante ricordare che TK'Blue Agency non permette di inserire la saturazione e percentuale di viaggi vuoti;

- individuazione delle specifiche di trasporto. Con questo punto si intende la selezione da parte dell'utente del veicolo che viene utilizzato per la movimentazione. Questa scelta avviene in modi differenti a seconda dello strumento che si vuole utilizzare, TK'Blue, per il trasporto su ferro, permette di scegliere il veicolo in funzione della fonte energetica, del livello di performance e, con un secondo parametro, della tipologia di merce trasportata.

Anche EcoTransIT permette di scegliere usando questi parametri, anche se non dispone di tutte le categorie dello strumento francese, in particolare la possibilità di trasportare solo la

merce o anche il veicolo. Ma, dall'altra parte, permette di inserire lo standard di emissioni di riferimento, la saturazione e % di viaggi vuoti, la presenza, o meno, di un filtro di particelle.

Differente ancora è il caso di GreenRouter, che permette di selezionare solo la dimensione del treno e la percentuale di ritorno a vuoto.

Oltre alla scelta del veicolo è necessario anche selezionare il percorso che viene eseguito. In questo momento si intende la tratta che viene percorsa dalla nave o il tratto di strada e il livello di traffico incontrato. Questi parametri non sono sempre noti all'azienda, come detto all'interno del capitolo riguardante le difficoltà del calcolo ma, almeno per il trasporto marittimo possono essere scelte diverse tratte. Ognuna di queste tratte è caratterizzata da parametri differenti, primo punto analizzato;

- distanza percorsa. All'interno di questi casi studio solo la metodologia GLEC e TK'Blue Agency hanno usato la stessa distanza percorsa per i diversi leg come parametro di input. Gli altri strumenti dispongono un proprio strumenti di routing, che stima valori differenti di distanze;

Queste differenze dipendono dal percorso che viene ipotizzato e dalla percentuale di correzione che viene utilizzata. Questa percentuale secondo la guida GLEC dipende dalla modalità di trasporto e permette di tenere conto di eventuali pause e deviazione che possono essere fatte durante il trasporto.

Una volta, descritti i possibili fattori che possono aver generato le differenze riscontrate tra i diversi strumenti e la metodologia GLEC, è possibile passare all'analisi di queste differenze per definire lo strumento, che si avvicina maggiormente ai risultati della metodologia.

Queste analisi vengono eseguite separatamente per i trasporti massivi, primo e secondo caso, e per i trasporti groupage, terzo caso.

6.4.1 GREENROUTER

Nel primo caso, questo strumento presenta i delta, espressi in percentuale, minori, sia per il trasporto su gomma che per il trasporto via treno. In particolare, nei due casi studio interessati, è stato riscontrato un distacco del 8 e -6% per il trasporto su gomma, e del -75 e -7% per il trasporto su rotaia. Per quest'ultima modalità, è stata riscontrata una differenza significativa nel primo caso studio, anche se si tratta della differenza minore, tra gli strumenti analizzati, per questa modalità.

I trasporti via mare sono caratterizzati dalla situazione opposta, infatti, per questa modalità di trasporto vengono riscontrate le differenze maggiori tra tutti gli strumenti analizzati.

Passando ai trasporti groupage, questo strumento è soggetto alla differenza massima per il trasporto su gomma e di differenze del dieci per cento per le due tipologie di trasporti aerei.

Di seguito sono state riportate le differenze percentuali rilevate nei diversi casi studio (Tabella 6.28)

Tabella 6.28: Sintesi delle differenze, in termini percentuali, di GreenRouter rispetto alla metodologia GLEC.

GreenRouter			
Modalità di trasporto	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Truck	8%	-6%	95%
Treno	-75%	-7%	
Nave Ro-Ro	4363%	8319%	
Nave Ropax	4411%		
Aereo (Belly freighter)			10%
Aereo (Freighter)			10%

6.4.2 ECOTRANSIT WORLD

Per questo strumento si riscontrano le differenze massime per i trasporti su strada e su rotaia nel caso in cui la merce venga spostata con cassa mobile. Queste differenze diminuiscono nel caso in cui si usi un container, in particolare passano dal 40 e 89% a circa il venti per cento di differenza percentuale.

Andamento simile viene riscontrato anche per il trasporto marittimo, nel primo caso studio si è verificata una differenza del ottanta e quasi quattrocento per cento, mentre, nel caso di trasporto con container, la differenza scende a poco sopra il 30%.

Nel terzo caso studio, le differenze oscillano tra il dodici per cento e il trentotto. Nello specifico, si assiste alla differenza minima nel caso del trasporto su strada.

Le differenze percentuali riscontrate nei diversi casi studio sono riportate in (Tabella 6.29).

Tabella 6.29: Sintesi delle differenze, in termini percentuali, di EcoTransIT World rispetto alla metodologia GLEC.

EcoTransIT World			
Modalità di trasporto	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Truck	-40%	-23%	-38%
Treno	-89%	-18%	
Nave Ro-Ro	386%	-33%	
Nave Ropax	-80%		
Aereo (Belly freighter)			12%
Aereo (Freighter)			18%

6.4.3 TK'BLUE AGENCY

Lo strumento francese presenta delle differenze importanti con la metodologia alla base della nuova normativa. Queste differenze sono maggiormente calcate nel primo caso studio, oltre l'85% di scostamento per i trasporti via treno e nave, e un 13% di differenza per il trasporto su gomma.

Le differenze si appianano nel caso in cui gli spostamenti vengono effettuati usando un container. In questo secondo caso le differenze diventano, circa, del trenta per cento e del 50% nel caso in cui si usi un treno come modalità di trasporto.

Nel caso di trasporto groupage, le differenze sono nulle per i due casi di trasporto aereo e del 64% per il trasporto su gomma.

Le differenze riscontrate per questo strumento sono riassunte in (Tabella 6.30).

Tabella 6.30: Sintesi delle differenze, in termini percentuali, di TK'Blue Agency rispetto alla metodologia GLEC.

TK'Blue Agency			
Modalità di trasporto	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Truck	-13%	-33%	-64%
Treno	-87%	-50%	
Nave Ro-Ro	-86%	-31%	
Nave Ropax	-93%		
Aereo (Belly freighter)			0%
Aereo (Freighter)			0%

CONCLUSIONI

Il 30% delle emissioni di gas serra a livello globale sono dovute al settore dei trasporti. L'energia richiesta da questo settore è in continuo aumento ed è generata principalmente bruciando combustibili di origine fossile. Per questi motivi, diversi enti/organizzazioni si stanno impegnando per diversificare le fonti energetiche di questo settore e di conseguenza ridurre l'impatto ambientale. Per poter procedere in questa direzione è imperativo poter misurare oggettivamente l'impatto totale di tutti i soggetti che operano all'interno di questo settore.

L'urgenza di quantificare e diminuire le emissioni di gas serra è dovuta all'impatto che tali emissioni stanno avendo sull'ecosistema planetario. Gli impatti principali di questi gas sul globo terrestre sono: l'aumento delle temperature globali, lo scioglimento dei ghiacciai e conseguente innalzamento dei livelli marini, l'incremento di incendi spontanei ed un cambiamento dei cicli delle piogge. In aggiunta a questi effetti ce ne sono altri che influenzano direttamente la fauna globale, ad esempio la migrazione di diverse specie di animali oppure problemi al sistema respiratorio o la comparsa di nuove malattie per le specie animali, incluso l'uomo.

Il settore dei trasporti è caratterizzato da diverse modalità di trasporto, ognuna con un impatto differente sulle emissioni totali. L'impatto di ogni modalità dipende dai volumi che sono trasportati, dai chilometri percorsi, dai suoi livelli di intensità, la fonte energetica utilizzata e la sua provenienza, dalla tipologia di merce trasportata, oltre che dalla percentuale di riempimento dei mezzi (e dal conseguente impatto dei viaggi a vuoto).

Uno degli obiettivi della futura normativa europea ISO 14083, e della attuale normativa EN 16258, è di standardizzare e supportare gli operatori per il calcolo delle emissioni di gas serra in modo da ottenere valori precisi e confrontabili. Avere strumenti di calcolo riconosciuti rende più semplice e veloce il calcolo delle emissioni da parte delle diverse aziende ed enti che operano all'interno del settore dei trasporti. Inoltre, una maggiore quantità di dati può agevolare l'aggiornamento dei parametri necessari per il calcolo. In questo modo è possibile ottenere risultati sempre più precisi e che riflettono sempre meglio l'impatto dell'intero settore e dei singoli attori.

Per accertarsi che questi strumenti riportino valori tra loro paragonabili, dovranno essere conformi alle normative che regolano il calcolo delle emissioni, EN 16258 e in futuro ISO 14083.

La presente tesi ha avuto l'obiettivo di confrontare alcuni degli strumenti attualmente presenti per il calcolo delle emissioni di gas serra con la metodologia GLEC del Smart Freight Center, che è alla base della nuova normativa europea.

Sono stati analizzati diversi casi studio reali evidenziando differenze e similitudini tra le emissioni calcolate dai diversi strumenti e dalla metodologia GLEC. Analizzando le emissioni calcolate dai diversi strumenti per le modalità di trasporto considerate all'interno dei casi studio, si può concludere che non vi è uno strumento migliore degli altri. Queste differenze possono essere causate da diversi fattori, alcuni dei quali sono: dall'uso di parametri di calcolo differenti (problematica particolarmente accentuata nel caso del calcolo di emissioni per il trasporto marittimo dello strumento GreenRouter); dal seguire processi di allocazione delle emissioni diversi; Da stime differenti delle distanze percorse.

Se venissero aggiornati i parametri e l'algoritmo di calcolo delle emissioni di gas serra dello strumento GreenRouter, esso sarebbe lo strumento che meglio rappresenta la nuova normativa europea. Questa decisione è stata presa tenendo in considerazione che questo strumento permette di

calcolare le emissioni dei terminali logistici, oltre che di tutte le principali modalità di trasporto, e che presenta un algoritmo di routing.

Una volta che questi strumenti saranno allineati alla metodologia GLEC, e di conseguenza alla nuova normativa europea, permetteranno, ad aziende private e ad enti pubblici, di calcolare automaticamente e in tempi contenuti le loro emissioni di gas serra. Per il momento date le differenze riscontrate dai diversi strumenti, soprattutto nel caso del trasporto marittimo, viene consigliato di seguire il processo di calcolo riportato dalla metodologia GLEC e di utilizzare parametri standard aggiornati nel caso in cui non si abbiano a disposizione tutte le informazioni necessarie.

Ci sono poi temi su cui bisogna continuare a porre particolare attenzione in modo da avere un processo di calcolo sempre più completo e preciso. Alcuni di questi temi sono: come allocare le emissioni nel caso di trasporti groupage o RO-PAX, fornendo una guida univoca che regoli il processo; fornire in tempi brevi i parametri relativi alle emissioni di nuove fonti energetiche e di nuove categorie di veicoli; trovare dei parametri sempre più precisi che definiscano il livello di consumo delle singole tratte, per quanto riguarda le tratte marittime questo dipenderà soprattutto dalle correnti e dal periodo dell'anno mentre, per le tratte stradali questo parametro sarà influenzato dalle condizioni dell'asfalto e dai livelli di traffico medio registrati.

Bibliografia e Sitografia

Bibliografia

[1] Noussan M., Hafner M., Tagliapietra S. *The Future of Transport Between Digitalization and Decarbonization. Trends, Strategies and Effects on Energy Consumption*. (2020) Springer Cham. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37966-7>

[2] Review of Maritime Transport: <https://unctad.org/webflyer/review-maritime-transport-2018>
Document symbol: UNCTAD/RMT/2018

[3] Greene S., Lewis A. *Global Logistic Emission Council Framework for Logistic Emission Accounting and Reporting*. (2019)
ISBN 978-90-82-68790-3.

[4] Dessens, O., Köhler, M. O., Rogers, H. L., Jones, R. L. & Pyle, J. A. Aviation and Climate Change. *Transp. Policy* 34, 14–20 (2014).

[5] International Energy Agency & International Union of Railways. *Railway Handbook 2017: Energy Consumption and CO2 Emissions*. (2017).

[6] Rüdiger, D. & Dobers, K. *Vergleichsrechnung Straßengütertransport*. (2012).

[7] Schmeid M., Knörr W. *Calculating GHG emission for freight forwarding and logistic services in accordance with EN 16258*, Friedl C. (2012)

[8] Farrag Thibault A. et al. *Clean Cargo Working Group Carbon Emissions Accounting Methodology*. (2015)

Sitografia

[1S] Incremento del consumo energetico nel settore dei trasporti:
<https://www.eia.gov/totalenergy/data/browser/?tbl=T02.05#/?f=M> (Ultimo accesso 29/06/2022)

[2S] J.M.K.C. Donev et al. *Energy Education – Transportation energy use*. Available:
https://energyeducation.ca/encyclopedia/Transportation_energy_use. (2021) (Ultimo accesso

29/06/2022)

[3S] Definizione di esternalità: <https://www.treccani.it/enciclopedia/esternalita> (Ultimo accesso 08/03/2022).

[4S] NASA climate:

<https://climate.nasa.gov/news/2915/the-atmosphere-getting-a-handle-on-carbon-dioxide/#:~:text=Carbon%20dioxide%20is%20a%20different,between%20300%20to%201%2C000%20years.> (Ultimo accesso 09/03/2022).

[5S] National geographic GHG:

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/greenhouse-gases#:~:text=Effects%20of%20greenhouse%20gases&text=They%20cause%20climate%20change%20by,change%20caused%20by%20greenhouse%20gases.> (Ultimo accesso 11/03/2022).

[6S] NASA cause riscaldamento globale: <https://climate.nasa.gov/causes/> (Ultimo accesso 09/03/2022).

[7S] IPCC GWP: https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf (Ultimo accesso 11/03/2022)

[8S] National geographic effetti delle emissioni di gas serra:

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/global-warming-effects> (Ultimo accesso 11/03/2022)

[9S] NASA effetti delle emissioni di gas serra: <https://climate.nasa.gov/effects/> (Ultimo accesso 09/03/2022).

[10S] Statistiche OECD: <https://stats.oecd.org/> (Ultimo accesso il 10/02/2021)

[11S] OECD: <https://www.oecd.org/> (Ultimo accesso 20/01/2022)

[12S] Modal split per il trasporto merce - interno europeo: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Freight_transport_statistics_-_modal_split (Ultimo accesso il 15/02/2021)

- [13S] Volumi europei per il trasporto su vie navigabili interne:
[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share of inland waterways in total inland freight transport, 2008, 2018 and 2019 \(%25 in tonne-kilometres\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_inland_waterways_in_total_inland_freight_transport,_2008,_2018_and_2019_(%25_in_tonne-kilometres).png) (Ultimo accesso il 15/02/2021)
- [14S] Modal split per il trasporto merci in Europa: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Modal split of freight transport, EU, 2010, 2019 and 2020 \(%25 based on tonne-kilometres\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Modal_split_of_freight_transport,_EU,_2010,_2019_and_2020_(%25_based_on_tonne-kilometres).png) (Ultimo accesso il 15/02/2021)
- [15S] Wikipedia portacontainer:
[https://it.wikipedia.org/wiki/Nave portacontainer#Le navi portacontainer pi%C3%B9 grandi](https://it.wikipedia.org/wiki/Nave_portacontainer#Le_navi_portacontainer_pi%C3%B9_grandi).
(Ultima modifica 05/03/2022) (Ultimo accesso 10/03/2022)
- [16S] OECD library: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/0c13b23d-en/index.html?itemId=/content/component/0c13b23d-en#figure-d1e21644> (Ultimo accesso il 01/03/2022)
- [17S] China waterways: <https://www.wvinn.org/china-inland-waterways> (Ultimo accesso il 02/03/2022)
- [18S] Wikipedia oleodotti: <https://it.wikipedia.org/wiki/Oleodotto> (Ultima modifica il 23/02/2021)
(Ultimo accesso il 28/06/2022)
- [19S] Boeing forecast per il trasporto merci via aerea:
<https://www.boeing.com/commercial/market/cargo-forecast/> (Ultimo accesso 13/03/2022)
- [20S] Impatto trasporto stradale sulle emissioni di gas serra del settore dei trasporti:
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/share-of-transport-ghg-emissions-2/#tab-dashboard-01> (Ultimo accesso 10/04/2022)
- [21S] Sweden Smartroad: <https://www.electrive.com/2019/04/12/sweden-inductive-road-to-be-built/> (Ultimo accesso 18/03/2022).
- [22S] Michigan wireless road: <https://www.michigan.gov/whitmer/news/press-releases/2022/02/01/announces-first-in-the-u-s--wireless-electric-vehicle-charging-road-system-contract-aw> (Ultimo accesso 19/03/2022)

- [23S] Idrogeno come fonte energetica alternativa per il trasporto marittimo: <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/Five-lessons-to-learn-on-hydrogen-as-ship-fuel.html> (Ultimo accesso 20/06/2022)
- [24S] ammoniaca come fonte energetica alternativa per il trasporto marittimo: <https://www.ammoniaenergy.org/topics/ammonia-internal-combustion-engine/> (Ultimo accesso 20/06/2022)
- [25S] Emissioni TTW e WTW: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/jec-activities/well-wheels-analyses_en (Ultimo accesso 3/02/2022)
- [26S] ISO 14001: <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html> (Ultimo accesso 02/04/2022)
- [27S] Wikipedia 14000: https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_14000 (Ultima modifica 19/02/2022) (Ultimo accesso 02/04/2022)
- [28S] Reteclima ISO 14064-1: <https://www.reteclima.it/iso-14064-1-inventario-dei-gas-serra-delle-organizzazioni-ghg-carbon-footprint/> (Ultimo accesso 02/04/2022)
- [29S] EPA.gov per la registrazione e reportistica dei carburanti: <https://www.epa.gov/fuels-registration-reporting-and-compliance-help> (Ultimo accesso 20/04/2022)
- [30S] EPA.gov certificazioni per veicoli e motori: <https://www.epa.gov/compliance-and-fuel-economy-data> (Ultimo accesso 20/04/2022)
- [31S] GHG protocols definizione di emissioni di terzo livello: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf (01/05/2022)
- [32S] planA.earth spiegazione dei diversi scopes di emissioni: <https://plana.earth/academy/what-are-scope-1-2-3-emissions/> (01/05/2022).
- [33S] Smartfreightcenter: <https://www.smartfreightcentre.org> (Ultimo accesso 20/05/2022)
- [34S] GreenRouter: (<https://www.greenrouter.it/?ln=en>)
- [35S] EcoTransIT World: <https://www.ecotransit.org/en/>

[36S] TK'Blue Agency: <https://www.tkblueagency.com/en/home/>

[37S] Clean Cargo: <https://www.clean-cargo.org/>

[38S] Guida Port Link:

http://simport.portdeBarcellona.cat/portlinks/static/APB/portlinks/docs/Guia_PORTLINKS_ES.pdf

(Ultimo accesso 10/03/2022)

[39S] Port Link: <http://www.portdeBarcellona.cat/es/web/port-dels-negocis/port-links>

[40S] Strumento GHG Protocols: <https://ghgprotocol.org/ghg-emissions-calculation-tool>

[41S] Strumenti GHG Protocols: <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>