



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea magistrale (*ordinamento
ex D.M. 270/2004*)
in Scienze Ambientali

Tesi di Laurea

—

Ca' Foscari
Dorsoduro 3246
30123 Venezia

Analisi e stima degli impatti ambientali dei mezzi utilizzati per la raccolta dei rifiuti dalla società Contarina SpA

Relatore

Dott.ssa Elena Semenzin

Correlatori:

Dott. Alex Zabeo

Dott.ssa Lisa Pizzol

Dott.ssa Elisa Giubilato

Dott. Paolo Cremona

Laureando

Caterina Bellio

Matricola 835090

Anno Accademico

2015 / 2016

Indice

1. Sommario.....	4
2. Motivazioni ed obiettivi.....	6
3. Articolazione della tesi.....	8
PARTE A: Materiali e metodi.....	9
A.1. Analisi dell’Impronta di carbonio (CF)	11
A.2. Il software SimaPro per l’analisi dell’Impronta di carbonio	17
A.3. Valutazione economica.....	20
A.4. Caso studio: l’azienda Contarina SpA	24
A.1.1. Il sistema di raccolta dei rifiuti solidi urbani	24
A.1.2. Il servizio di raccolta porta a porta	27
A.1.3. I mezzi impiegati per la raccolta porta a porta	30
A.1.1. Descrizione degli scenari di analisi.....	33
PARTE B: Parte applicativa.....	35
B.1 Descrizione del database utilizzato per l’analisi della sostenibilità.....	37
B.1.1. Database per l’analisi ambientale	38
B.1.2. Database per la valutazione economica	43
B.2 Adattamento del software SimaPro e risultati ottenuti	46
B.3 Discussione dei risultati	51
4. Conclusioni.....	57
5. Bibliografia	58
Allegati	61
Allegato 1: Dati per l’elaborazione dell’analisi ambientale	61
Allegato 2: Dati impiegati per la valutazione economica	69
Ringraziamenti	77

1. Sommario

L'Impronta di carbonio (Carbon Footprint, CF) è un indicatore ambientale utilizzato nell'analisi del ciclo di vita che consente di misurare l'ammontare totale delle emissioni di CO₂ causate direttamente o indirettamente da un'attività o accumulate nel corso delle fasi di vita di un prodotto (ISO 14064-14067).

In questo studio, la CF è stata utilizzata per stimare gli impatti ambientali derivanti dai mezzi impiegati per la raccolta porta a porta dei rifiuti solidi urbani dalla Società Contarina SpA.

L'Azienda presa in esame si occupa della gestione dei rifiuti all'interno della provincia di Treviso, servendo circa 260.000 utenze presenti in 50 comuni distribuiti nel territorio. Grazie al suo efficiente sistema di raccolta porta a porta, Contarina riesce a riciclare il 85% dei rifiuti raccolti.

Per il caso studio in esame si è determinata la CF dell'anno 2015 relativa ai mezzi impiegati nella raccolta porta a porta dei rifiuti solidi urbani. Inoltre, è stata effettuata una valutazione comparativa attraverso lo sviluppo di uno scenario futuro che prende in considerazione ipotesi migliorative, volte a valutare la convenienza dei mezzi a metano nel caso in cui questi sostituiscano parte dei mezzi a gasolio attualmente impiegati per la raccolta. La CF è stata calcolata con l'utilizzo del software SimaPro 8.2 e successivamente integrata con considerazioni economiche che prendono in esame le informazioni inerenti i costi d'acquisto, esercizio e gestione dei mezzi utilizzati.

I risultati ottenuti evidenziano come l'alternativa a metano sia sostenibile dal punto di vista ambientale perché diminuisce notevolmente la CF rispetto all'alternativa a gasolio ed, allo stesso tempo, economicamente vantaggiosa per il risparmio derivante dal minor costo del metano al Km rispetto al gasolio. Tuttavia, l'investimento iniziale richiesto sarebbe molto importante, e non ammortizzabile nei 15 anni di utilizzo dei mezzi con il solo risparmio dovuto al minore costo al Km del metano. Per rendere questa soluzione economicamente sostenibile, l'Azienda dovrebbe quindi valutare altre ipotesi quali la possibilità di diminuire il costo complessivo di rinnovo del parco mezzi (ad esempio vendendo i vecchi mezzi a

gasolio) o di diminuire ulteriormente il costo relativo all'acquisizione del metano (ad esempio auto-producendo biometano dalla lavorazione del rifiuto umido raccolto).

Il lavoro di tesi risulta rilevante per l'Azienda al fine di indirizzarla nello sviluppo e nella sperimentazione di nuove tecnologie volte a ridurre le proprie emissioni di gas serra in atmosfera, rendendo più sostenibile il servizio svolto e migliorando al tempo stesso l'immagine dell'Azienda nel campo della sostenibilità.

2. Motivazioni ed obiettivi

La crescente preoccupazione per i gas serra (greenhouse gas, GHG) a livello internazionale sta spingendo sempre più nazioni ad attuare politiche di mitigazione volte a ridurre le loro emissioni in atmosfera, ritenute responsabili di disastrosi e repentini cambiamenti al sistema climatico come lo scioglimento dei ghiacciai, lunghi periodi di siccità, forti perturbazioni, l'aumento della temperatura media globale e di quella superficiale degli oceani.

Un'aspetto centrale per affrontare tali cambiamenti è la possibilità, per un' individuo o un'organizzazione, di avere a disposizione strumenti per quantificare le proprie emissioni e quindi individuare strategie di riduzione attraverso la valutazione del reale impatto ambientale di un prodotto o di un servizio sul cambiamento climatico (Pernigotti, 2013).

A tal fine, lo strumento più potente sperimentato da una quarantina di anni, con una documentazione aggiornata ed un'esperienza applicativa maturata nelle più importanti università e nei centri di ricerca di tutto il mondo è l'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) che, declinata al solo impatto sul cambiamento climatico, quindi alle sole emissioni di GHG, consente di ottenere l'Impronta di carbonio (Carbon Footprint, CF) (Pernigotti, 2013).

I principali documenti che delineano le linee guida per quantificare la CF sono (Pandey et al., 2010):

1. ISO 14064 (parti 1 e 2): standard per determinare e quantificare le emissioni derivanti da un'organizzazione con implementazione di progetti di mitigazione dei gas serra; questo standard sarà descritto nel capitolo A.1;
2. Publicly Available Specifications-2050 (PAS 2050) of British Standard Institution (BSI): norma che delinea i requisiti per valutare le emissioni di gas serra del ciclo di vita di beni e servizi;
3. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: testo che estende i contenuti delle linee guida IPCC 2006 (2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) inerenti le fonti antropogeniche di emissioni di GHGs per le zone umide e i terreni organici, oltre

a colmare le lacune nei fattori di emissione e fornire informazioni aggiornate che documentino i progressi scientifici (Hiraishi et al., 2013);

4. ISO 14067: standard per determinare e quantificare le emissioni derivanti da un prodotto con implementazione di progetti di mitigazione dei gas serra; questo standard sarà descritto nel capitolo A.1.

Tuttavia, poichè in questi documenti vengono presentate delle linee guida molto generali, la loro applicazione a contesti specifici richiede di volta in volta specifici adattamenti e l'individuazione di soluzioni da parte di esperti del settore.

Al fine di illustrare tali operazioni nonché la flessibilità dello strumento CF, in questo elaborato di tesi si è preso in esame un caso particolare, per il quale ad oggi non sono disponibili altri esempi in letteratura, ovvero il parco mezzi utilizzato da un'azienda operante nel settore dei rifiuti (Contarina SpA) per la raccolta porta a porta del rifiuto solido urbano. Tale caso studio è stato proposto dall'azienda Contarina stessa, spinta e motivata dalla crescente attenzione e sensibilità alle tematiche della sostenibilità (soprattutto quella ambientale), con l'obiettivo di implementare ulteriormente l'efficienza del sistema di raccolta porta a porta, non solo dal punto di vista del materiale differenziato raccolto, ma anche da quello dei mezzi impiegati per lo svolgimento di tale servizio al fine di renderli il più possibile rispettosi dell'ambiente e sostenibili.

L'obiettivo specifico dello studio è stato quindi quello di realizzare un'analisi della sostenibilità dei mezzi utilizzati dall'Azienda per la raccolta porta a porta dei rifiuti solidi urbani, e di un ipotetico scenario migliorativo (in cui alcuni mezzi a gasolio sono sostituiti da mezzi metano), affiancando l'analisi della CF con valutazioni di tipo economico. Tale lavoro ha consentito di approfondire la conoscenza del metodo della CF e dello strumento software disponibile per la sua stima (SimaPro 8.2) permettendo di lavorare sulle soluzioni migliori per adattarlo allo specifico caso studio in esame.

I risultati ottenuti saranno utilizzati dall'Azienda come supporto alle decisioni relative al miglioramento delle proprie prestazioni ambientali in un'ottica di rafforzamento della propria politica di sostenibilità.

3. Articolazione della tesi

L'elaborato di tesi è articolato in una parte metodologica (A), in cui sono presentati i materiali e metodi dello studio condotto, ed una applicativa (B), in cui le metodologie presentate vengono applicate al caso studio oggetto di analisi ed i risultati ottenuti vengono descritti e discussi.

Nello specifico, nel primo capitolo (A.1) viene illustrato il metodo della CF, seguito (A.2) dalla descrizione del software utilizzato nel presente lavoro di tesi per la sua stima, SimaPro 8.2. Segue un capitolo (A.3) dedicato ad illustrare come è stata impostata la valutazione economica da affiancare all'analisi della sostenibilità ambientale. Infine, nel capitolo A.4 viene presentato il caso studio in esame inerente Contarina SpA descrivendo la realtà ed il territorio in cui opera, il suo servizio di raccolta porta a porta dei rifiuti solidi urbani, il parco mezzi impiegato e gli scenari (attuali e futuro) utilizzati nello studio.

La parte applicativa (B) si articola invece in un primo capitolo (B.1) nel quale viene descritto il database utilizzato per l'analisi della CF e per la valutazione economica secondo gli scenari precedentemente delineati, seguito (capitolo B.2) dalla descrizione degli adattamenti apportati a SimaPro 8.2 per l'applicazione al caso di studio e dei risultati ottenuti ed infine, (B.3) dalla discussione dei risultati.

Chiude la tesi un capitolo dedicato alle Conclusioni.

PARTE A: Materiali e metodi

A.1. Analisi dell'Impronta di carbonio (CF)

Negli ultimi anni si è riscontrato un significativo cambiamento del sistema climatico. In particolare, è stata riconosciuta l'influenza delle attività umane rispetto al riscaldamento dell'atmosfera e degli oceani, alle variazioni del ciclo globale dell'acqua, alla riduzione delle coperture di neve e ghiaccio e all'innalzamento a livello globale del livello medio del mare (IPCC, 2013).

Nell'ultimo Report dell'IPCC (IPCC, 2013), è stato evidenziato come le concentrazioni atmosferiche, soprattutto di alcuni gas serra, quali: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O), siano tutte aumentate dal 1750 per effetto delle attività umane. In particolare, nel 2011 le concentrazioni di questi gas serra erano di 391 ppm per la CO₂, 1803 ppb per il CH₄ e 324 ppb per il N₂O, superando i livelli pre-industriali rispettivamente di circa il 40%, 150% e 20% (IPCC, 2013).

Attualmente, le concentrazioni di CO₂, CH₄ e N₂O superano notevolmente le più alte concentrazioni registrate nelle carote di ghiaccio negli ultimi 800.000 anni. I tassi medi di aumento delle concentrazioni atmosferiche durante il secolo scorso sono, con confidenza molto alta, senza precedenti negli ultimi 22.000 anni (IPCC, 2013).

Le emissioni annuali di CO₂ sono principalmente causate dall'uso di combustibili fossili nella quantità mediamente di 8,3 (intervallo 7,6-9,0) GtC/anno (miliardi di tonnellate di carbonio/anno) nel periodo 2002-2011 e di 9,5 (intervallo 8,7-10,3) GtC/anno nel 2011; 54% in più rispetto al livello del 1990. Altra causa fondamentale di emissioni di CO₂ in atmosfera è il cambiamento di uso del suolo di origine antropica contribuendo con una quantità media pari a 0,9 (intervallo 0,1-1,7) GtC/anno nel periodo 2002-2011 (IPCC, 2013).

Nell'arco di tempo compreso tra il 1750 e il 2011, le emissioni di biossido di carbonio dovute all'utilizzo di combustibili fossili hanno rilasciato 375 (intervallo 345-405) GtC nell'atmosfera, mentre si stima che la deforestazione e altri cambiamenti di uso del suolo abbiano rilasciato all'incirca 180 (intervallo 100-260) GtC. Questo ha portato ad un totale di 555 (intervallo 470-640) GtC di emissioni antropogeniche rilasciate nell'ambiente (IPCC, 2013).

Come documentato dal report IPCC del 2013, il continuo aumento di gas ad effetto serra in atmosfera ha causato un repentino cambiamento del sistema climatico, uno dei più pressanti e principali problemi di sostenibilità della società moderna che mette in crisi il benessere umano e la qualità della vita.

Il concetto di sostenibilità nasce dall'interazione e dal dialogo tra le sfere ambientale, economica e sociale (US-EPA, 2011) che caratterizzano la società attuale ed, in particolare, lo sviluppo sostenibile è dato dagli sforzi della società umana di allineare il progresso con il rispetto e la protezione dell'ambiente terrestre in modo tale che entrambi riescano ad operare in armonia e in modo sinergico senza deteriorarsi a vicenda, ovvero, come enunciato anche nel quarto principio della Conferenza di Rio del 1992: "Al fine di raggiungere uno sviluppo sostenibile, la tutela dell'ambiente è parte integrante e non può essere considerata separata da esso".

Ad oggi, il raggiungimento dello sviluppo sostenibile attraverso l'integrazione tra sviluppo economico, benessere sociale e protezione dell'ambiente è fortemente compromesso soprattutto dall'impatto dell'essere umano sul clima.

La questione del cambiamento climatico è un argomento sempre più rilevante e all'ordine del giorno nelle odierne politiche nazionali. Le poche persone che si ostinano ancora a negare il fenomeno o le dirette responsabilità dell'umanità, considerati da Kofi Annan "senza argomenti e fuori dal tempo" già nel 2006, vedono ridurre sempre più le fila dei propri adepti e le argomentazioni a disposizione (Pernigotti, 2013).

Tuttavia, resta ancora moltissimo da fare per rendere la gente consapevole della vastità e gravità del fenomeno, così come delle azioni da mettere in atto per contrastare la deriva, sebbene la sensibilità sul tema si sia evoluta notevolmente negli ultimi 5 – 10 anni ed è praticamente assicurato che aumenterà in futuro (Pernigotti, 2013).

In tale ottica, i diversi paesi sviluppati e in via di sviluppo hanno iniziato ad assumersi impegni e responsabilità politiche nell'intraprendere azioni di mitigazione contro il riscaldamento globale. Ad esempio, gli Stati Uniti hanno imposto l'obbligo, ad imprese ed aziende, di tenere un registro delle emissioni (Rich, 2008), mentre il

governo del Regno Unito, attraverso il piano attuato dal 2009 “Low Carbon Transition Plan”, cerca di indirizzare le famiglie a compiere azioni che porteranno ad un futuro con basse emissioni di carbonio (Department of Energy and Climate Change, 2010).

Per limitare i repentini cambiamenti del sistema climatico c'è bisogno di una riduzione sostanziale e prolungata nel tempo delle emissioni di gas serra in atmosfera (IPCC, 2013). Nell'IPCC del 2013, la richiesta di ridurre entro il 2050 l'80% delle emissioni prodotte dai paesi sviluppati comporta l'introduzione di un cambiamento a livello globale, molto articolato e pervasivo, difficile da immaginare concretamente (Pernigotti, 2013).

Una certezza legata a tale cambiamento è che a livello internazionale si sta cercando di implementare e migliorare uno tra gli strumenti ambientali più importanti per valutare la sostenibilità e quindi calcolare, nello specifico, le quantità di GHG emessi: la Carbon footprint, CF.

Questo strumento viene utilizzato per quantificare i contributi derivanti dalle varie attività umane al riscaldamento globale del pianeta, nello specifico, le emissioni di gas inquinanti in atmosfera causate da una popolazione, un sistema o un'attività. Inoltre, la CF permette di delineare, in risposta all'aumento dei GHG in atmosfera, delle appropriate misure di mitigazione e riduzione (Pandey et al., 2010).

La CF rappresenta, nello specifico, un indicatore ambientale volto a misurare l'ammontare totale delle emissioni di CO₂ causate direttamente o indirettamente da un'attività o accumulate nel corso delle fasi di vita di un prodotto, di un individuo o di un'organizzazione (ISO 14067, 2013). La CF viene utilizzata a supporto dell'analisi della sostenibilità ambientale e coincide con una delle categorie di impatto (il riscaldamento globale) dell'analisi del ciclo di vita (LCA), un metodo per indagare e valutare gli impatti ambientali derivanti dalla realizzazione, uso e smaltimento di un bene o servizio (ISO 14040, 2006).

Nel calcolo della CF si prendono in considerazione tutti i gas clima alteranti, ovvero i Greenhouse Gases (GHG) del Protocollo di Kyoto (14064-1, 2006):

- Anidride carbonica (CO₂);
- Metano (CH₄);

- Ossido nitroso (N_2O);
- Gruppo degli idrofluorocarburi (HFC_s);
- Gruppo dei perfluorocarburi (PFC_s);
- Esafluoruro di zolfo (SF_6).

Tali gas derivano principalmente da processi energetici e, tra tutti, la CO_2 contribuisce maggiormente all'effetto serra (WRI/WBCSD, 2004).

L'unità di misura della CF è il chilogrammo di anidride carbonica equivalente ($KgCO_{2eq}$) (Badiru, 2013). La CO_{2eq} viene determinata moltiplicando le emissioni di ciascuno dei gas ad effetto serra per il suo potenziale di riscaldamento globale (GWP – Global Warming Potential; ISO 14064, 2006), il quale rappresenta il rapporto fra il riscaldamento causato da un gas ad effetto serra in uno specifico intervallo di tempo (normalmente 100 anni) ed il riscaldamento causato nello stesso periodo dalla medesima massa di CO_2 . Questo indice è basato su una scala relativa che confronta il gas considerato con un'uguale massa di CO_2 , il cui GWP è per definizione pari a 1 (Luciani et al., 2011). Esso rappresenta il potenziale contributo all'effetto serra di ogni singolo gas in atmosfera; tale effetto è legato sia alle caratteristiche radiative delle molecole gassose (cioè alla diversa capacità di assorbire le diverse lunghezze d'onda della radiazione solare, nello specifico, la radiazione infrarossa) che al tempo di residenza dei diversi gas in atmosfera (Badiru, 2013). In tabella (Tab. 1) sono riportati i valori di GWP nell'intervallo temporale di 100 anni per i gas serra del Protocollo di Kyoto.

Tab.1: Gas ad effetto serra del Protocollo di Kyoto con i relativi GWP₁₀₀ (Fonte Report IPCC, 2013)

Gas ad effetto serra	Formula chimica	GWP ₁₀₀
Anidride carbonica	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Ossido nitroso	N ₂ O	298
Idrofluorocarburi	HFC _s	124 - 14.800
Esafluoturo di zolfo	SF ₆	22.800
Perfluorocarburi	PFC _s	7.390 - 12.200

La CF si distingue in due diverse tipologie: quella di organizzazione (CFO) e quella di prodotto (CFP), standardizzate rispettivamente dalle le norme ISO 14064 e ISO 14067.

La CFO è uno strumento volontario, rivolto ad imprese ed organizzazioni che vogliono quantificare le emissioni di gas ad effetto serra connesse alle loro attività ed, in particolare, sia quelle prodotte direttamente dall'organizzazione sia quelle indirette generate dalla produzione di energia elettrica e termica che l'organizzazione utilizza. Le altre emissioni indirette, che non sono collegate ai consumi elettrici e termici, possono essere quantificate su base volontaria. I risultati ottenuti si possono comunicare all'esterno mediante un processo di rendicontazione verificato o validato da un organismo terzo indipendente (ISO 14064-1, 2006). I vantaggi ottenuti dall'azienda attraverso l'utilizzo di questo strumento sono molteplici e consentono di facilitarla nello sviluppo di nuove strategie per il controllo e la riduzione dei GHG, individuando i colli di bottiglia all'interno dei propri processi produttivi e i processi con consumi energetici significativi in modo tale da ridurre le emissioni anche mediante meccanismi e progetti di compensazione. Inoltre, la CFO consente all'azienda di identificare e gestire gli obblighi, i vantaggi e i rischi legati alle emissioni di GHG oltre a creare informazioni di base validate e punto di riferimento per l'ingresso in mercati di scambio di quote di emissione. ISO 14064 è vantaggiosa non solo per la struttura aziendale ma anche per le attività di marketing e comunicazione

consentendo possibili finanziamenti, agevolazioni e riconoscimenti di crediti a seguito delle riduzioni di emissioni di GHG “certificate” da un organismo indipendente e di inserire tali risultati nei bilanci verificati all’interno dei bilanci ambientali e di sostenibilità migliorando la visibilità e l’immagine dell’organizzazione.

La CFP quantifica le emissioni di GHG lungo tutto il ciclo di vita di un prodotto o servizio “dalla culla alla tomba”, partendo dall’approvvigionamento delle materie prime, trattamento, lavorazione e produzione del bene, trasporto al cliente, utilizzo e smaltimento a fine vita (ISO 14067, 2013). In ciascuna di queste fasi le emissioni di GHG possono derivare da molteplici e diverse sorgenti quali: l’utilizzo di energia e di combustibili per il trasporto, i rifiuti e le perdite di refrigeranti da sistemi di refrigerazione, ecc., mentre i sequestri di GHG possono essere dovuti alla fissazione della CO₂ atmosferica da parte delle piante o del suolo. La norma ISO 14067 definisce i principi, i requisiti e le linee guida per la quantificazione e la comunicazione della CFP, riferendosi agli standard internazionali per gli studi di analisi del ciclo di vita - LCA (ISO 14040 e ISO 14044) inerenti la quantificazione della CF ed agli standard ISO 14020-14024 e 14025 per la parte relativa ad etichette e dichiarazioni ambientali utili ai fini della comunicazione.

Sia la CFO che la CFP si articolano secondo le seguenti fasi:

1. Definizione degli scopi e degli obiettivi andando a delineare l’unità funzionale, i confini del sistema, la qualità dei dati e il periodo temporale;
2. Analisi dell’inventario dei gas ad effetto serra, prendendo in esame tutte le fasi di vita del prodotto, servizio o attività;
3. Analisi degli impatti andando a convertire ciascun GHG in KgCO_{2eq} con l’appropriato valore di GWP;
4. Interpretazione e miglioramento dei risultati prodotti al fine di orientare al meglio, verso una maggiore sostenibilità del prodotto, servizio o attività, le future scelte gestionali e progettuali;
5. Produzione di un report;
6. Comunicazione dei risultati ottenuti.

Per il caso studio preso in esame, dovendo valutare la CF di un servizio, si è proceduto secondo la CFP.

A.2. Il software SimaPro per l'analisi dell'impronta di carbonio

SimaPro è uno strumento utilizzato per realizzare studi di LCA in linea con le norme ISO e volto a valutare l'impatto ambientale di prodotti e servizi lungo tutte le fasi del loro ciclo di vita. La versione più recente, SimaPro 8.2, è dotata di diverse banche dati Life Cycle Inventory (LCI) tra cui il database Ecoinvent v.3.2, il quale è una delle banche dati LCI internazionali più estese, contenente oltre 10.000 processi relativi ad una vasta gamma di settori.

La schermata principale del software presenta sul lato sinistro una barra chiamata LCA Explorer che permette l'accesso a tutte le funzioni di SimaPro. In particolare, la parte superiore consente di utilizzare dati specifici per il progetto, come ad esempio quelli richiesti per la descrizione degli obiettivi e l'ambito di applicazione attraverso l'impiego di fonti bibliografiche che fanno riferimento a dati e metodologie di valutazione d'impatto standard. Inoltre, sempre attraverso l'utilizzo di dati specifici è possibile definire la fase d'inventario e la valutazione degli impatti. Successivamente, la barra Explorer presenta una parte inerente l'interpretazione dei dati ottenuti, concepita come una lista di controllo (che include ad esempio i controlli di completezza e di coerenza), in linea con la norma ISO 14044, per verificare se le conclusioni siano adeguatamente supportate dai dati e dalle procedure utilizzate. In particolare, il controllo di completezza permette di controllare se le informazioni inserite durante le diverse fasi per l'analisi del ciclo di vita siano sufficienti per ottenere delle conclusioni in conformità con la definizione degli obiettivi e del campo di applicazione; il controllo di coerenza, invece, permette di verificare se le ipotesi formulate, i metodi sviluppati e i dati utilizzati sono applicati coerentemente nel corso dell'intera analisi del ciclo di vita, in conformità sempre con la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione, prima di giungere alle conclusioni (ISO 14044, 2006).

Infine, la parte inferiore della barra, chiamata in SimaPro “dati generali”, contiene informazioni che non sono presenti nei progetti ma vengono utilizzati a supporto dell’analisi con SimaPro, come ad esempio riferimenti bibliografici o procedure guidate per la conversione delle unità di misura. La barra LCA Explorer è strutturata come una lista di controllo e consente di modificare i dati nell’ordine definito dall’elenco al fine di condurre al meglio l’analisi (Goedkoop et al., 2016) (Fig. 1).

I pulsanti della barra degli strumenti, presente nella parte superiore dello schermo (vedi Fig. 1), servono per eseguire i comandi che sono più frequentemente necessari come ad esempio aprire e chiudere il progetto, mostrare formule e valori, i processi di analisi attraverso grafici ad albero, analizzare o comparare i dati inerenti LCA oppure eseguire un’analisi Monte Carlo (Goedkoop et al., 2016) .

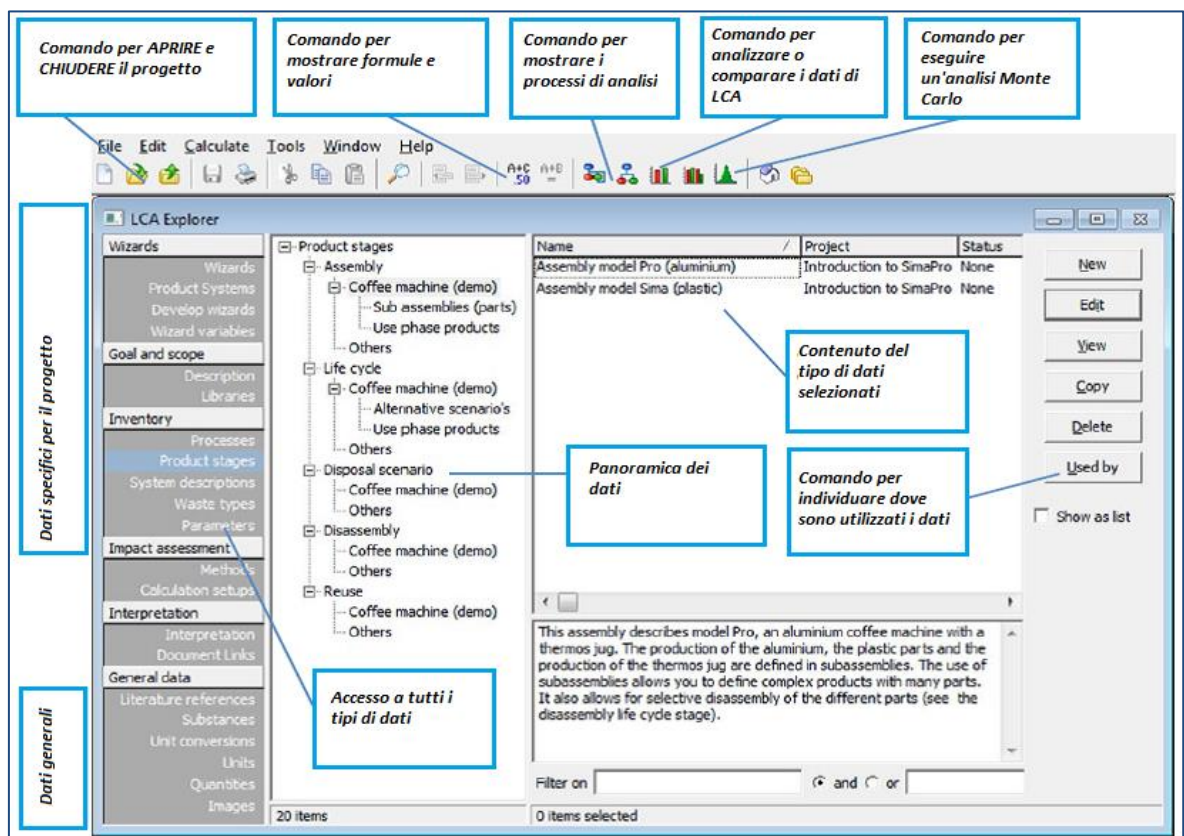


Fig. 1: Schermata principale del software SimaPro

Poichè la CF è calcolata considerando solo una delle categorie di impatto previste nell’LCA, quella relativa al riscaldamento globale, per l’utilizzo di SimaPro a questo

scopo è sufficiente procedere allo studio LCA considerando solo tale categoria di impatto. Inoltre, per considerare gli impatti derivanti dai soli trasporti (come richiesto nel caso studio preso in esame), è necessario utilizzare quella parte della barra LCA Explorer inerente l'inventario che presenta, tra i processi presi in esame, la categoria "trasporti". Questo consente di determinare la CF di tale servizio prendendo in esame le emissioni di gas serra derivanti rispettivamente da cinque elementi fondamentali:

1. Utilizzo del mezzo, che quantifica le sole emissioni dirette prodotte dal mezzo nel consumare carburante per la circolazione;
2. Raffinazione del combustibile, che quantifica le emissioni indirette legate alla produzione di combustibile impiegato dal mezzo;
3. Realizzazione strada, che quantifica le emissioni indirette derivanti dalla costruzione delle strade che vengono utilizzate dal mezzo per circolare;
4. Manutenzione del mezzo, che quantifica le emissioni indirette derivanti dalla produzione di pezzi di sostituzione da impiegare quando il mezzo si rompe;
5. Costruzione del mezzo, che quantifica le emissioni indirette legate alla realizzazione del mezzo.

Nella categoria "trasporti" sono disponibili diverse categorie di mezzi pesanti, raggruppati per tipologia di alimentazione, classe ambientale ed intervallo di portata (ad esempio: Lorry DIESEL - EURO3 – 3.5-7.5). Per ciascuna di queste categorie di mezzi sono presenti parametri di default che permettono di calcolare la CF secondo i cinque elementi fondamentali precedentemente presentati, fornendo come dato di input le quantità totali di combustibile impiegato per la distanza annuale percorsa dai rispettivi mezzi.

Il metodo utilizzato da SimaPro per il calcolo della categoria di impatto riscaldamento globale è quello delineato dal "Greenhouse Gas Protocol", uno standard internazionale che nasce da una collaborazione tra World Resources Institute (WRI) e World Business Council on Sustainable Development (WBCSD) (Badiru, 2013) al fine di:

- delineare standard utili per l'Impronta di carbonio;

- stabilire standard globali per misurare, gestire e comunicare le emissioni di gas serra;
- sostenere aziende ed organizzazioni nell'utilizzo di questo strumento per gestire le loro emissioni e diventare organizzazioni più efficienti e resistenti attraverso la riduzione di produzione di gas ad effetto serra.

Il metodo implementato in SimaPro ha quindi lo scopo principale di stimare l'impatto dei GHG sul clima (Badiru, 2013) fornendo come output la quantificazione delle emissioni di CO_{2eq} per ciascuno dei cinque elementi precedentemente presentati, distinte secondo due principali provenienze:

1. Emissioni dirette: tutte le fonti di carbonio generate dall'utilizzo di combustibile fossile per la realizzazione del servizio;
2. Emissioni indirette: tutte le fonti di carbonio generate dal cambiamento di uso del suolo o dalla perdita di piante ed alberi per la realizzazione del servizio.

Per l'applicazione di SimaPro al caso studio in esame è stato necessario adattare alcune delle sue funzionalità, come verrà spiegato meglio nel paragrafo relativo all'elaborazione dei dati (vedi capitolo B.2.).

A.3. Valutazione economica

Come introdotto nel capitolo A.1, la sostenibilità è garantita dall'integrazione tra i pilastri ambientale, economico e sociale. Per l'analisi economica, vi sono degli strumenti volti a valutare le condizioni e i processi (ad es. produzione, reddito, ricchezza, tasso di occupazione) e le tecnologie che li supportano al fine di facilitare la presa di decisioni relative a politiche, programmi e progetti in un'ottica di sviluppo sostenibile.

In particolare, uno degli strumenti più impiegati è l'analisi costi benefici, processo sistematico per calcolare, monetizzare e confrontare i benefici e i costi di una particolare azione, processo, regolamento o progetto in termini monetari, utilizzando una metrica comune (National Research Council, 2014) in modo tale da:

- Comprendere se un progetto o una politica fornisce un beneficio economico o un'ulteriore costo all'azienda o alla società;

- Confrontare i risultati tra diverse alternative di un progetto o di una politica.

Questo strumento può implementare l'analisi della sostenibilità attraverso la descrizione e rappresentazione dei diversi impatti economici, sociali ed ambientali; inoltre è supportato da strumenti complementari di analisi e consente di evitare la possibilità di conteggiare due volte lo stesso aspetto preso in esame.

Nell'analisi costi benefici è prevista anche la misurazione e valorizzazione di alcuni impatti ambientali e sociali che non sono beni di mercato come ad esempio gli effetti sulla salute umana o la salvaguardia dell'ambiente attraverso due principali metodi di supporto:

1. Revealed preference methods: metodo indiretto per ricavare il valore di un bene da altre fonti come ad esempio la disponibilità a pagare per un certo servizio oppure il valore di un parco a seconda del numero di persone che lo visitano (Holland et al.,2010);
2. Stated preference method: metodo diretto per chiedere alle persone quanto vale, secondo loro, un particolare bene ambientale (Holland et al.,2010).

L'applicazione dell'uno o dell'altro metodo dipende dal contesto specifico che si sta analizzando, dalla popolazione e dai mercati presi in esame.

Inoltre, poiché molti degli impatti ambientali, come ad esempio la presenza di sostanze contaminanti, sono difficilmente quantificabili in termini monetari, questa analisi consente di stimare dei valori non di mercato attraverso i metodi delle preferenze rivelate e rilevate dai consumatori (National Research Council, 2014).

In particolare, il metodo delle preferenze rivelate utilizza i dati sul comportamento umano (ad esempio il denaro speso per visitare un parco oppure quello investito per acquistare una casa in prossimità di un parco) al fine di dedurre il valore monetario di alcune risorse naturali e dei servizi a loro associati. Al contrario, il metodo delle preferenze rilevate utilizza sofisticati disegni di indagine e metodi di modellazione per chiedere alle persone di indicare esplicitamente il valore che associano ad una risorsa o un servizio. Anche queste metodologie dipendono dalla popolazione e dai mercati presi in esame, generalmente si concentrano su medie o risposte nazionali (National Research Council, 2014).

L'analisi costi benefici può essere impiegata e combinata con altri strumenti economici (valutazione dei servizi ecosistemici, ciclo di vita dei costi, contabilità verde, ecc.) al fine di considerare tutti i costi e i benefici che derivano dall'attuazione di specifiche scelte o politiche economiche.

Oltre all'analisi costi benefici come strumento per la valutazione della sostenibilità economica viene anche utilizzata l'analisi di "eco-efficienza" (ECO - Efficiency Analysis) al fine di quantificare il rapporto tra la creazione di un valore economico ed l'impatto ambientale da esso generato, durante l'intero ciclo di vita di un prodotto o servizio (National Research Council, 2014). Il termine ECO – Efficiency è stato definito per la prima volta dal World Business Council for Sustainable Development come: "l'utilizzo di beni e servizi che soddisfano i bisogni umani apportando un miglioramento della qualità della vita, riducendo progressivamente gli impatti ecologici e l'intensità di risorse sfruttate in tutto il ciclo vita di un prodotto o servizio a prezzi competitivi".

A differenza dell'analisi costi benefici, l'ECO - Efficiency Analysis non monetizza i costi e i benefici ambientali ma determina il rapporto tra il valore totale dei beni e servizi prodotti in rapporto alle pressioni ambientali creati dalla produzione di tali beni o servizi (National Research Council, 2014).

Questo strumento è utile per incrementare il valore di un bene o servizio diminuendo contemporaneamente gli impatti ambientali negativi; inoltre, consente alle aziende di identificare alternative ed opportunità per ridurre i danni ambientali ed aumentare la produttività (National Research Council, 2014).

Altri strumenti utili nella determinazione della sostenibilità economica sono la valutazione dei servizi ecosistemici e il "green accounting".

In particolare, la valutazione dei servizi ecosistemici è uno strumento volto a quantificare il benessere dell'umanità derivante da un servizio ecosistemico e le conseguenze derivanti dalle alterazioni degli ecosistemi poiché quando si perde un servizio bisogna investire ingenti somme di denaro per cercare di ripristinarlo.

Attraverso tale strumento è possibile quantificare tutti i servizi diretti ed indiretti apportati alla popolazione umana che riflettono e derivano dalle complesse

interazioni tra gli organismi viventi e il loro ambiente naturale (National Research Council, 2014).

I servizi ecosistemici si distinguono principalmente in quattro categorie:

1. servizi di approvvigionamento: beni primari come acqua e cibo;
2. servizi di regolazione: utili per proteggere l'essere umano principalmente da malattie e catastrofi naturali;
3. servizi culturali: utili per il mantenimento del benessere umano e legati all'esistenza di un particolare paesaggio, parco, ecc.;
4. servizi di supporto: utili per il mantenimento della vita sulla terra come ad esempio il ciclo dei nutrienti, la formazione di suolo e la produttività primaria.

Questo strumento è continuamente in fase di sviluppo in risposta alla crescente necessità di individuare e comunicare informazioni complete e precise, inerenti i benefici forniti dagli ecosistemi per identificare soluzioni sostenibili a specifici problemi ambientali (National Research Council, 2014).

Infine, il "green accounting" o "contabilità verde" è uno strumento che permette di analizzare i costi e i benefici della protezione ambientale e l'esaurimento del capitale naturale nazionale; sono delle misure di benessere nazionale che integrano i costi e i benefici sociali ed ecologici derivanti dall'ambiente naturale in termini di contabilità economica tradizionale al fine di identificare l'interdipendenza e le interazioni dinamiche tra i pilastri della sostenibilità, valutare più accuratamente i costi e i benefici delle risorse naturali e sviluppare politiche economiche e commerciali adeguate e sostenibili (National Research Council, 2014).

Gli strumenti precedentemente presentanti non sono impiegati direttamente nel lavoro di tesi ma presi in considerazione per individuare alcuni indicatori di costo da affiancare all'analisi ambientale, per rafforzarla e supportare il processo decisionale dell'Azienda nelle sue future scelte di sviluppo.

Al fine di conseguire il raggiungimento di tale obiettivo si è scelto di calcolare un indicatore relativo al costo del combustibile impiegato annualmente per chilometro percorso (espresso in €/Km) dai mezzi dell'Azienda impegnati nella raccolta porta a

porta e, nel solo caso dello scenario futuro, di combinare tale dato con quello relativo all'investimento economico necessario all'acquisto dei nuovi mezzi.

A.4. Caso studio: l'azienda Contarina SpA

Contarina SpA è l'azienda che si occupa della raccolta dei rifiuti solidi urbani all'interno della provincia di Treviso. Essa è diretta e coordinata dal Consiglio di Bacino Priula ed è espressione delle Amministrazioni Comunali e quindi delle comunità locali che hanno il compito di regolare, controllare e di garanzia pubblica nei confronti dei cittadini stessi (Cuccu et al., 2015).

Attraverso un sistema integrato, l'Azienda considera il rifiuto dalla sua produzione presso la specifica utenza, alla raccolta, al trattamento e recupero cercando di produrre un impatto positivo sia sulla natura che sulla vita dei cittadini (Artuso et al., 2014).

In particolare, Contarina, all'interno della provincia di Treviso, si occupa della gestione dei rifiuti in un territorio molto diversificato e complesso con superficie totale di 1.300 kmq, abitato da circa 554.000 persone. Per questo l'Azienda, a seconda della zona di utenza, ha pensato a tipologie di raccolte, tariffe e mezzi molto diversi tra di loro (Cuccu et al., 2015).

A.1.1. Il sistema di raccolta dei rifiuti solidi urbani

L'azienda Contarina è nata occupandosi inizialmente della raccolta e smaltimento dei rifiuti, successivamente, ha ampliato le sue prospettive, rivolgendo la propria attenzione anche a servizi dedicati al territorio. Oltre alla raccolta porta a porta dei rifiuti solidi urbani, punto di forza dell'azienda ed esempio a livello nazionale ed europeo, vengono svolte numerose altre attività (Artuso et al., 2014) che includono:

1) SERVIZI di BASE, rivolti alla molteplicità e diversità di utenze distinti in:

1.a) Servizi di base **standard** per garantire la gestione integrata dei rifiuti attraverso: la raccolta "porta a porta", la gestione dei rifiuti nei mercati rionali, nelle manifestazioni ed eventi temporanei e delle utenze non domestiche, integrate con la gestione degli EcoCentri e degli impianti di trattamento dei

rifiuti. L'efficiente sistema di raccolta porta a porta permette a Contarina di riciclare l'85% dei rifiuti raccolti ed, oltre a tale servizio, vi sono tra i servizi di base standard anche la raccolta manuale di imballaggi in carta e cartone, indumenti usati e la raccolta e trasporto di rifiuti urbani potenzialmente pericolosi. Inoltre, tra i servizi di base standard, l'Azienda fornisce anche il servizio di spazzamento delle strade, di netturbino di quartiere, la gestione dei depuratori, del servizio di pulizia delle caditoie stradali e di raccolta differenziata presso i cimiteri (Artuso et al., 2014);

1.b) Servizi di base **aggiuntivi** per intensificare la frequenza del servizio di raccolta che comprendono: svuotamento dei cestini stradali, pulizia del territorio e mantenimento del decoro urbano in zone urbanisticamente complesse come i centri storici (Artuso et al., 2014);

1.c) Servizi di base di **supporto aggiuntivo** eseguiti con mezzi ed attrezzature particolari presidiati costantemente da personale addetto come i servizi EcoBus ed EcoStop che vengono eseguiti soprattutto in zone urbanisticamente complesse (Artuso et al., 2014).

I servizi di base di supporto aggiuntivo sono stati sviluppati da Contarina solo per il Comune di Treviso mettendo a disposizione dei cittadini automezzi mobili itineranti, chiamati EcoBus ed EcoStop, al fine di garantire, nel modo più efficiente possibile, il decoro urbano e allo stesso tempo gestire e supportare al meglio la raccolta porta a porta (Cuccu et al., 2015).

Gli automezzi impiegati per i servizi di EcoBus ed EcoStop seguono un calendario ed una cartina che indicano: tipologia di rifiuto, giorni, orari, linee e fermate in cui sostare durante la raccolta. La particolarità di questi servizi è che sono sempre in movimento e quindi sono gli utenti stessi a portare i rifiuti direttamente presso le apposite fermate dei mezzi.

L'EcoBus è un "autobus" che effettua soste da 30 minuti ad orari prestabiliti. Il piano tecnico del servizio di EcoBus è costituito da 6 linee per un totale di 24 fermate riguardanti tutti i quartieri più centrali. L'operatore è costantemente presente e fornisce indicazioni ai cittadini sul corretto conferimento dei rifiuti,

rileva lo svuotamento mediante la lettura del trasponder del contenitore e/o sacchetto e verifica la conformità del rifiuto (Cuccu et al., 2015).

A differenza dell'EcoBus, l'EcoStop è costituito da un mezzo che posiziona un cassone per la durata di un'ora in zone fisse prestabilite e che raccoglie contemporaneamente tutte e quattro le tipologie di rifiuto: secco non riciclabile, vetro-plastica-lattine (VPL), carta e umido. Il cassone è posizionato in zone sufficientemente ampie da consentirne lo stanziamento e le operazioni di manovra in sicurezza e senza intralciare il traffico (Fig. 2).



Fig. 2: Cassone EcoStop a Treviso

L'operatore è sempre presente, verifica la conformità del rifiuto ed aiuta il cittadino al corretto conferimento del rifiuto all'interno dello scomparto del cassone. Come per il servizio di EcoBus, anche quest'ultimo rileva lo svuotamento mediante la lettura del trasponder del contenitore e/o sacchetto. Il piano tecnico EcoStop è costituito da 2 linee con 7 fermate (Cuccu et al., 2015).

- 2) **SERVIZI AGGIUNTIVI:** complementari ai servizi di base precedentemente elencati, pensati per soddisfare particolari esigenze come ad esempio la raccolta di rifiuti ingombranti a domicilio o la progettazione di servizi di raccolta differenziata in strutture complesse come scuole, ospedali ed aeroporti. Rientrano nei servizi aggiuntivi gestiti da Contarina anche le pulizie straordinarie, la raccolta di deiezioni animali, lo svuotamento aggiuntivo di cestini, la rimozione di rifiuti abbandonati, di carogne di animali, di rifiuti contenenti amianto, la pulizia di

monumenti pubblici, muri, ponti e fontane, il lavaggio di pavimenti e loggiati ad uso pubblico ed il diserbo di aree pedonali.

A.1.2. Il servizio di raccolta porta a porta

Tra i diversi servizi descritti nel paragrafo precedente, in questo lavoro si è presa in esame solo la raccolta differenziata porta a porta poiché è alla base del sistema di gestione dei rifiuti di Contarina e consente di:

- Migliorare l'estetica della città attraverso l'eliminazione dei cassonetti che ingombrano le strade ed incentivano l'abbandono dei rifiuti;
- Ridurre la quantità di rifiuto secco da avviare in discarica;
- Rispettare maggiormente l'ambiente con azioni consapevoli dei cittadini volte alla riduzione del materiale rifiutato aumentando la quantità di materiale avviato al riciclo.

Il servizio porta a porta di Contarina gestisce un'area che interessa 50 comuni con circa 260.000 utenze (Cuccu et al., 2015).

Il raggio di azione di Contarina è quindi molto esteso e allo stesso tempo complesso, dovendo fornire un servizio puntuale ed adeguato in un territorio caratterizzato da zone rurali e piccole città, aree industriali e artigianali, grossi centri urbani e località storiche (Fig. 3).

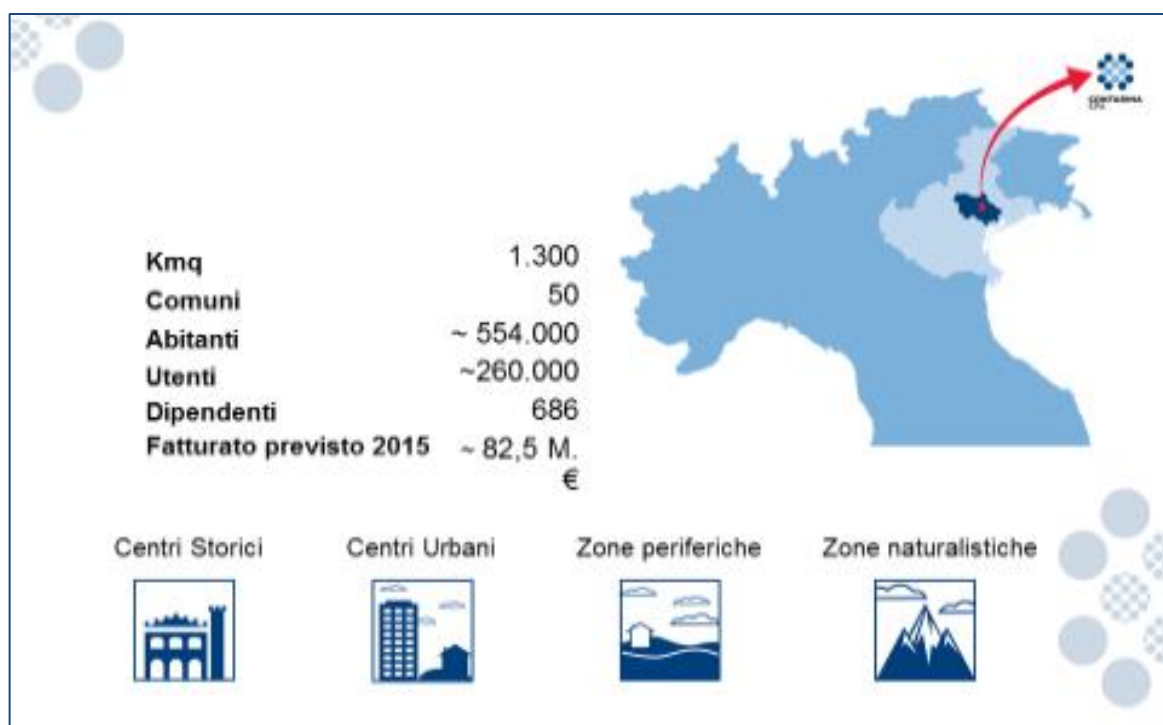


Fig. 3: I numeri di Contarina

La raccolta porta a porta viene eseguita seguendo un calendario che consente di raccogliere a domicilio le più comuni tipologie di rifiuto urbano, quali: secco non riciclabile, umido, VPL, vegetale, carta e cartone (Artuso et al., 2014).

I rifiuti vengono conferiti dai cittadini in appositi contenitori messi a loro disposizione da Contarina, contraddistinti da diversi colori a seconda del tipo di rifiuto conferito (principalmente giallo per la carta, blu per VPL, grigio per il rifiuto secco indifferenziato e marrone per l'umido) e da capienze differenti in funzione della zona dove gli utenti risiedono: 30 L per utenze con spazi ridotti (ad esempio nei centri storici) e 120 L per utenze con spazi appositi alla dimensione del bidone (ad esempio zone periferiche e rurali). Tali contenitori vengono ripetutamente esposti dagli utenti e raccolti porta a porta dagli operatori di Contarina durante tutto l'arco dell'anno.

In particolare, nel Comune di Treviso il servizio di raccolta porta a porta è stato pensato suddividendo il comune in tre zone con lo scopo di gestire al meglio il vasto bacino di utenze e di rendere più efficiente la raccolta. Il territorio è suddiviso in (Fig. 4):

- ZONA 1: centro storico (parte interna le mura storiche);

- ZONA 2: centro urbano Treviso (parte esterna le mura storiche);
- ZONA 3: zona periferica fuori Treviso, denominata cintura urbana.

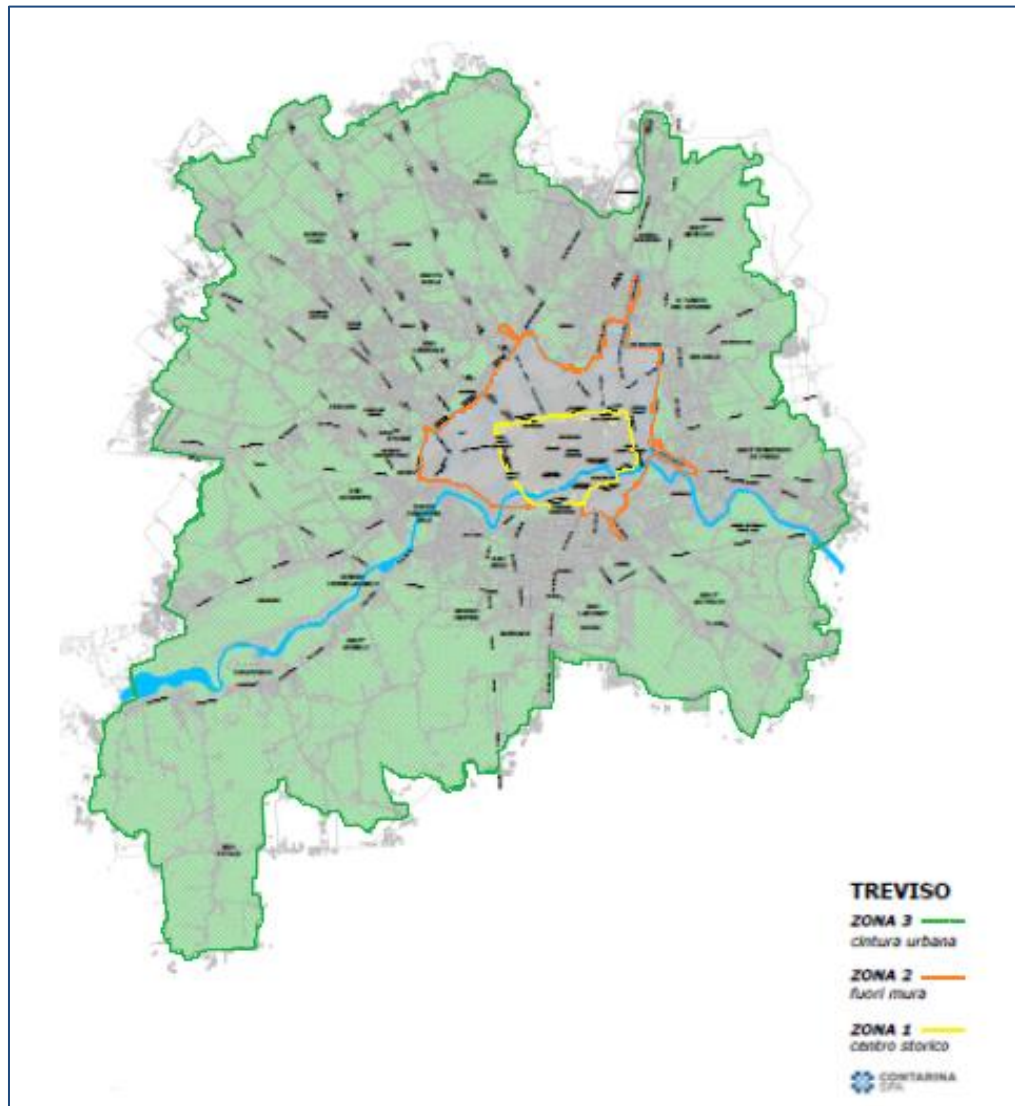


Fig. 4: Zone di gestione raccolta Comune di Treviso

Per estensione, appartengono alla ZONA 1 anche i centri storici di Castelfranco Veneto, Montebelluna ed Asolo, nei quali la frequenza delle raccolte è maggiore per la ridotta dimensione dei bidoni (contenitori da 30 L). Questi presentano giorni di raccolta diversi tra loro a seconda del bacino di utenze gestite ma bidoni della stessa dimensione ed uguale tariffa puntuale, commisurata cioè all'effettiva quantità di rifiuti prodotti dal cittadino (Cuccu et al., 2015).

Per facilitare la realizzazione delle raccolte e l'applicazione delle tariffe, le ZONE 2 e 3 del Comune di Treviso sono gestite come tutti gli altri comuni serviti da Contarina ad eccezione dei centri storici discussi precedentemente.

A.1.3. I mezzi impiegati per la raccolta porta a porta

Il parco mezzi di Contarina è molto ampio e differenziato; in particolare i mezzi utilizzati per la raccolta porta a porta dei rifiuti solidi urbani sono 290, raggruppati nelle sei tipologie elencate in tabella (Tab. 2).

Tab. 2: Mezzi impiegati per la raccolta porta a porta.

TIPOLOGIA DI MEZZO	DESCRIZIONE	TIPO DI ALIMENTAZIONE	QUANTITA'
RU	Automezzo a singola vasca	Gasolio	250
ADV	Automezzo a doppia vasca	Metano	8
ADV	Automezzo a doppia vasca	Gasolio	1
ACM	Mini compattatore posteriore	Gasolio	18
PM	Porter	GPL/Benzina	5
TR	Trattore stradale	Gasolio	8
TOTALE			290

I mezzi RU, ADV e PM vengono definiti “mezzi satellite” poiché conferiscono i rifiuti in un semirimorchio (SR) (Fig. 5a) dalla capienza di circa 20 tonnellate; in questo modo il trasporto del materiale raccolto e destinato agli impianti avviene movimentando il minor numero possibile di mezzi, ottimizzando così la fase finale del servizio (Fig. 5b).



Fig. 5a: Semirimorchio, SR



Fig. 5b: Conferimento RU su SR

In particolare, i mezzi ADV, essendo a doppia vasca (a differenza dei mezzi RU che possiedono un'unica vaschetta), raccolgono contemporaneamente due tipologie di rifiuto (Fig. 6a). Questi mezzi conferiscono i rifiuti raccolti nella vaschetta posteriore nel semirimorchio, mentre quelli raccolti nella vaschetta laterale (Fig. 6b) (che non consente tale operazione) vengono portati, dopo la raccolta, direttamente all'impianto di destino.



Fig. 6a: Automezzo a doppia vasca, ADV



Fig. 6b: Particolare carico laterale ADV

Per le stradine molto strette dei centri storici, in cui i mezzi ADV e RU non riuscirebbero a passare, vengono utilizzati piccoli mezzi chiamati porter (PM) con alimentazione a benzina/gpl (Fig. 7).



Fig. 7: Mezzo Porter

Infine, i mezzi ACM raccolgono un'unica tipologia di rifiuto senza l'ausilio del semirimorchio e conferiscono direttamente all'impianto di destino (Fig. 8).



Fig. 8: Automezzo con mini compattatore posteriore, ACM

Come si può facilmente constatare, la grande diversità di mezzi è pensata per coprire giri di raccolte diversi all'interno di un territorio molto variegato che va dalle zone pedemontane, ai centri storici, alle zone rurali, e per svolgere tutti i diversi servizi offerti al cliente (Artuso et al., 2014). Nello specifico, nella ZONA 3 (zona periferica) operano sia i mezzi RU che mezzi di dimensioni più grandi, come gli ACM.

Anche nella ZONA 2 (centro urbano di Treviso, parte esterna le mura storiche), presente solo nel Comune di Treviso, vengono utilizzati mezzi RU, mentre nei centri storici (ZONA 1), lavorano mezzi diversi a seconda dell'assetto urbanistico ed

architettonico del centro storico. In particolare, nella ZONA 1 della città di Treviso, vengono utilizzati mezzi a metano ADV che si suddividono il centro storico in otto zone supportati nella raccolta da mezzi PM per servire le stradine più strette. A Castelfranco Veneto, invece, vengono utilizzati tre mezzi ACM; questi sono sufficienti per coprire tutte le utenze e al termine della raccolta conferiscono direttamente all'impianto. Ad Asolo, centro storico di piccole dimensioni, viene utilizzato un unico mezzo a gasolio RU con vaschetta posteriore poiché la tipologia a carico laterale, caratteristica dei mezzi ADV, non consente le operazioni di raccolta dei rifiuti nelle stradine molto strette del centro; mentre a Montebelluna viene utilizzato oltre ad un mezzo RU, anche un mezzo ACM. I mezzi dei centri storici di Asolo e Montebelluna conferiscono direttamente all'impianto senza l'ausilio del semirimorchio. Tutti i mezzi presentano guida a destra, cambio automatico, seduta vicino a terra per facilitare il saliscendi e con comandi semplificati per agevolare le operazioni di carico dei rifiuti, inoltre, l'Azienda ha iniziato a sperimentare con i mezzi ADV l'alimentazione a metano per rendere il servizio porta a porta ecologico e più rispettoso dell'ambiente, migliorando la propria immagine pubblica (Artuso et al., 2014).

A.1.1. Descrizione degli scenari di analisi

Per l'analisi del caso studio (stima della CF affiancata da una valutazione economica), sono stati presi in considerazione i seguenti scenari:

SCENARIO 1: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta;

SCENARIO 2: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta nei soli centri storici;

SCENARIO 1bis: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta in cui si includono delle ipotesi migliorative.

Di seguito vengono descritti in dettaglio gli scenari elencati.

SCENARIO 1: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta

Il primo scenario di analisi va a considerare il calcolo della CF relativo ai mezzi impiegati nella raccolta porta a porta per l'ultimo anno per cui siano disponibili dati quantitativi, e la valutazione economica ad essi associata.

Vengono quindi presi in considerazione tutti i mezzi RU ed ACM a gasolio, PM a benzina/ gpl e ADV a metano impiegati in quell'anno. Inoltre, per gli ADV, viene sottratto il lavoro (in termini di costi di combustibile, quantità utilizzata e chilometri percorsi) relativo al servizio di EcoBus per quegli ADV che lo svolgono oltre al servizio porta a porta.

SCENARIO 2: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta nei soli centri storici

Il secondo scenario di analisi va a considerare la CF dei mezzi impiegati nella raccolta porta a porta per i soli quattro centri storici gestiti da Contarina, e la valutazione economica ad essi associata. In questo scenario di analisi viene preso in considerazione l'ultimo anno per cui sono disponibili dati quantitativi per quei mezzi che hanno lavorato solo a Treviso, Castelfranco Veneto, Montebelluna ed Asolo, distinti e raggruppati a seconda del centro storico gestito.

SCENARIO 1bis: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta in cui si includono delle ipotesi migliorative

Nello scenario di analisi 1bis viene presa in considerazione come ipotesi migliorativa la sostituzione di parte del parco mezzi con mezzi a metano.

Nello specifico, viene calcolata l'impronta di carbonio annuale di un ipotetico parco mezzi in cui tutti i mezzi RU a gasolio siano sostituiti da analoghi mezzi a metano, affiancandola con un'opportuna valutazione economica.

PARTE B: Parte applicativa

B.1 Descrizione del database utilizzato per l'analisi della sostenibilità

Nel caso studio, i mezzi presi in esame sia per l'analisi ambientale che per la valutazione economica sono distinti a seconda degli scenari delineati nel capitolo A.1.4, in particolare:

SCENARIO 1: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta

Nel primo scenario di analisi vengono considerati, per l'intero anno 2015, i seguenti mezzi: 277 mezzi a gasolio, 8 mezzi a metano e 5 con alimentazione a benzina/gpl per un totale di 290 mezzi.

SCENARIO 2: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta nei centri storici

Nel secondo scenario di analisi vengono considerati, per l'intero anno 2015, i mezzi impiegati unicamente nel servizio di raccolta porta a porta dei centri storici di Treviso, Castelfranco Veneto, Montebelluna ed Asolo (Tab.3).

Questi mezzi, durante il 2015, hanno svolto il loro servizio solo ed unicamente nei centri storici. Non avendo lavorato in altre zone, come invece accade per tutti gli altri mezzi che lavorano al di fuori del centro storico (ZONE 2 e 3), i dati raccolti per tali mezzi sono rappresentativi dell'effettiva zona servita.

Tab. 3: Mezzi impiegati nei quattro centri storici e relativa tipologia di alimentazione

Centri storici	TREVISO		CASTELFRANCO VENETO	MONTEBELLUNA		ASOLO
	Tipologia di mezzo impiegato e codice identificativo	ADV 02-03-04-05-06-07-09-10	PM 26	ACM 38-39-47	ACM 44	RU 57
Tipo di alimentazione	Metano	Benzina /gpl	Gasolio	Gasolio	Gasolio	Gasolio

SCENARIO 1bis: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta in cui si includono delle ipotesi migliorative

Nello scenario di analisi 1bis viene presa in considerazione la possibilità di convertire a mezzi ADV a metano tutti i mezzi RU attualmente a gasolio, quindi per tale analisi vengono presi in considerazione 258 mezzi a metano, 27 a gasolio e 5 con alimentazione a benzina/gpl. Questa proiezione è possibile andando ad utilizzare i dati disponibili per gli ADV a metano attualmente utilizzati dall'Azienda. Le due tipologie di mezzi, infatti, anche se caratterizzati da un allestimento diverso, sono molti simili poiché presentano lo stesso telaio e la singola vasca del mezzo RU è equivalente alle due vaschette del mezzo ADV.

B.1.1. Database per l'analisi ambientale

Per l'analisi ambientale, tutti i mezzi considerati nei diversi scenari sono stati classificati, sulla base delle informazioni disponibili in Azienda (riportate nell'Allegato 1), secondo le categorie incluse nel software SimaPro, ciascuna caratterizzata da: tipologia di alimentazione (gasolio, metano e benzina/gpl), classe ambientale (EURO 3, EURO 4, ecc.) e portata, quest'ultima intesa come la massa a massimo carico ammissibile del veicolo in servizio espressa in tonnellate e per la quale SimaPro prevede cinque possibili range (0 – 3,5, 3,5 - 7,5, 7,5 – 16,16 - 32 e 32 – 100 tonnellate).

Per quanto riguarda la tipologia di alimentazione, poiché il software non presenta una categoria relativa ai mezzi con alimentazione a benzina/gpl (mezzi PM del caso studio), il dato di input per questi mezzi è suddiviso equamente nelle categorie "Lorry LPG" (per il consumo di gpl) e "Lorry PETROL" (per il consumo di benzina). Le emissioni relative ai PM sono state successivamente ricavate sommando le emissioni relative a queste due categorie.

Per quanto concerne le classi ambientali, poichè SimPro non prevede la classe ambientale EURO 2, i cinque mezzi EURO 2 considerati negli scenari sono stati approssimati a mezzi EURO 3.

Le informazioni riguardanti le tonnellate di rifiuto sono state invece calcolate sommando le diverse quantità di rifiuto pesate prima che i mezzi conferiscano all'impianto di destino. Per i mezzi ADV quest'ultimo dato è stato ulteriormente elaborato come descritto in seguito.

I mezzi ADV in forza a Contarina sono in totale dieci (ADV 02 – 03 – 04 – 05 – 06 – 07 – 08 – 09 – 10 - 11) ma solo otto di questi vengono presi in esame negli scenari di analisi poiché durante l'anno 2015 il mezzo ADV 08 è stato impiegato per servizi aggiuntivi in centro storico a Treviso e il mezzo ADV 11 non è stato utilizzato a causa di guasti meccanici e mancanza di antenna per la lettura dei cassonetti. Inoltre, 6 degli 8 mezzi ADV (ADV 02 – 03 – 04 – 05 - 06 - 07) svolgono anche il servizio aggiuntivo di EcoBus oltre alla tradizionale raccolta porta a porta. Sulla base di tali informazioni si è ritenuto opportuno, ai fini delle analisi, sottrarre le tonnellate di rifiuto derivanti dal servizio di EcoBus da quelle totali. Per arrivare a definire tali quantità, non avendo pesate differenziate per i due servizi gestiti, rispettivamente porta a porta ed EcoBus, si è stimato, sulla base del numero di conferimenti dei cittadini, registrati con appositi moduli dagli operatori, e chiedendo direttamente ad essi una valutazione circa l'afflusso dei cittadini al servizio fornito, che solo un 10% del rifiuto totale raccolto in un anno sia attribuibile al servizio di EcoBus. Infatti, durante un giro di raccolta, raramente il mezzo riempie entrambe le vaschette e, a volte, non esegue neppure la compattazione in vaschetta del rifiuto perché non necessaria a causa delle basse quantità di materiale conferito. Analogamente si sono ricavati i dati relativi ai Km percorsi e al combustibile utilizzato dai mezzi ADV. In particolare, i Km percorsi per l'intero anno 2015 sono stati calcolati conoscendo, mediante i sistemi informatici dell'Azienda, i Km percorsi da ciascuna delle sei linee dell'EcoBus. Infatti, poiché il percorso di raccolta è sempre lo stesso ed eseguito sempre con lo stesso mezzo, le distanze percorse dal mezzo per ciascun giro non possono variare e sono state quindi moltiplicate per i 5 giorni di raccolta settimanale

e le 52 settimane annue servite. I Km così calcolati sono stati poi sottratti ai Km totali ricavati dal gestionale. Le quantità di metano utilizzate per la raccolta porta a porta sono state invece calcolate in misura del 30% rispetto alle quantità totali di metano utilizzate da ciascun mezzo.

A questo proposito, per quanto riguarda i mezzi ADV è importante sottolineare che il serbatoio è costituito da cinque bombole a metano rispettivamente da 140, 56, 56, 30, 30 L ciascuna, per un totale di 312 L. Di queste cinque bombole, durante il servizio ne vengono utilizzate solo tre poiché le due più piccole da 30 L ciascuna contengono combustibile da impiegare solo nel caso in cui il mezzo non riesca a tornare in Azienda con il carburante a disposizione nelle prime tre bombole. I litri quindi effettivamente a disposizione nel mezzo ed impiegati durante il servizio di raccolta porta a porta dei rifiuti sono 252, contenenti all'incirca 40 Kg di metano.

Poiché per gli ipotetici mezzi a metano previsti nello scenario 1bis non erano ovviamente disponibili dati per il 2015, mediante il modello di regressione lineare (Eq. 1)

$$y = 0,1826k_1 + 0,0008k_2 + 905,5524 \quad \text{Eq.1}$$

dove k_1 rappresenta la distanza percorsa dal mezzo e k_2 la quantità di rifiuti movimentati, si è stimato un ipotetico consumo di metano assumendo che i Km percorsi dai mezzi e le tonnellate di rifiuti movimentate fossero gli stessi dell'anno 2015.

Per tutti gli altri mezzi, i Km annuali percorsi sono stati semplicemente calcolati come differenza tra i Km riportati dal contachilometri di ciascun mezzo all'inizio e alla fine del 2015.

Inoltre, la quantità di combustibile impiegato è stata ricavata sommando le quantità di combustibile erogato durante l'anno ed utilizzato per tutte le attività compiute dal mezzo, comprensive sia del costante tragitto su strada per raggiungere la zona di inizio raccolta e tornare da quella di fine raccolta, sia delle ripetute soste compiute dal mezzo per raccogliere i rifiuti ad ogni utenza.

Il dato di input richiesto da SimaPro è la quantità di totale di combustibile utilizzato da ciascuna categoria di mezzi nel 2015 ed è riportato in tabella (Tab. 4a, b e c), per i tre scenari considerati.

Tab. 4: Dati di input in SimaPro per l'analisi ambientale degli scenari 1 (a), 2 (b) e 1bis (c).

(a)

Scenario 1		
Categoria in SimaPro	Numero di mezzi	Combustibile impiegato
Lorry CNG – EURO5 – 3 – 7.5	8	257,66 m ³
Lorry DIESEL – EURO3 – 3 – 7.5	3	8.358,4 L
Lorry DIESEL – EURO3 – 3.5 – 7.5	8	18.887,12 L
Lorry DIESEL – EURO3 – 7.5 – 16	6	36.553,04 L
Lorry DIESEL – EURO3 – 32 – 100	2	4.793,26 L
Lorry DIESEL – EURO4 – 3.5 – 7.5	113	758.391,50 L
Lorry DIESEL – EURO5 – 3.5 – 7.5	128	784.017,36 L
Lorry DIESEL – EURO5 – 7.5 – 16	11	99.560,32 L
Lorry DIESEL – EURO5 – 16 – 32	5	207.811,4 L
Lorry DIESEL – EURO6 – 16 – 32	1	24.162,71 L
Lorry LPG – EURO4 – 0 – 3.5	3	6.192,85 L
Lorry LPG – EURO5 – 0 – 3.5	2	5.275,76 L
Lorry PETROL – EURO4 – 0 – 3.5	3	1.876,81 L
Lorry PETROL – EURO5 – 0 – 3.5	2	815,68 L

(b)

Scenario 2			
Centri storici	Categoria in SimaPro	Numero di mezzi	Combustibile impiegato
Treviso	Lorry CNG – EURO5 – 3 - 7.5	8	257,66 m ³
	Lorry LPG – EURO5 – 0 – 3.5	1	1.481,86 L
	Lorry PETROL – EURO5 – 0 – 3.5	1	131,59 L
Castelfranco Veneto	Lorry DIESEL – EURO5 – 7.5 - 16	2	15.836,52 L
	Lorry DIESEL – EURO3 – 7.5 - 16	1	8.043,73 L
Montebelluna	Lorry DIESEL – EURO3 – 7.5 - 16	1	5.500,8 L
	Lorry DIESEL – EURO4 – 3.5 - 7.5	1	6 322,62 L
Asolo	Lorry DIESEL – EURO5 – 3.5 – 7.5	1	6.465,79 L

(c)

Scenario 1bis		
Categoria in SimaPro	Numero di mezzi	Combustibile impiegato
Lorry CNG – EURO5 – 3 - 7.5	258	9.496,51 m ³
Lorry DIESEL – EURO3 – 3 - 7.5	1	6.093,79 L
Lorry DIESEL – EURO3 – 7.5 - 16	6	36.553,04 L
Lorry DIESEL – EURO3 – 32 - 100	2	4.793,26 L
Lorry DIESEL – EURO4 – 3.5 - 7.5	1	1.328,33 L
Lorry DIESEL – EURO5 – 7.5 - 16	11	99.560,32 L
Lorry DIESEL – EURO5 – 16 - 32	5	207.811,4 L
Lorry DIESEL – EURO6 – 16 - 32	1	24.162,71 L
Lorry LPG – EURO4 – 0 – 3.5	3	6.192,85 L
Lorry LPG – EURO5 – 0 – 3.5	2	5.275,76 L
Lorry PETROL – EURO4 – 0 – 3.5	3	1.876,81 L
Lorry LPG – EURO5 – 0 – 3.5	2	815,68 L

Dalle tabelle si può notare come il dato relativo al consumo di metano sia espresso in m³, come richiesto dal software SimaPro e non in Kg, come dai database disponibili in Azienda. Tale conversione è stata possibile applicando l'equazione di stato dei gas perfetti (Eq. 2):

$$PV=nRT \quad \text{Eq. 2}$$

dove P è la pressione a cui viene compresso il metano (21.600 kPa), V è il volume occupato dal combustibile ed espresso in litri (L), n è il numero di moli di gas ottenute dalla massa del combustibile (g) divisa per il suo rispettivo peso molecolare (16,04 g/mol), R è la costante universale dei gas pari a 8,314 L kPa/K mol mentre T è la temperatura assoluta (298,15 K).

Dalla formula diretta è stato possibile determinare il volume di combustibile in litri secondo l'equazione (Eq. 2):

$$V = \frac{nRT}{P} \quad \text{Eq.2}$$

I litri di metano determinati sono stati successivamente trasformati in m³ al fine di inserire le corrette quantità di combustibile in SimaPro (come riportato nelle tabelle 4a, b e c).

B.1.2. Database per la valutazione economica

Per la valutazione economica, al fine di calcolare l'indicatore di costo per Km percorso (espresso in €/Km), sono stati raccolti i dati relativi alle distanze percorse dai mezzi (Km) e al costo del combustibile impiegato nel 2015 dal parco mezzi al netto di IVA (€).

Le distanze percorse (Km) e le quantità di combustibile impiegato dai mezzi nel 2015, dati utilizzati anche per l'analisi ambientale, sono stati ricavati come descritto in precedenza (B1.1). Per il dato inerente le quantità di combustibile, non è stato necessario in questa analisi convertire i Kg in m³ di metano.

Al fine di formulare una più completa discussione dei risultati ottenuti per la valutazione economica inerente l'analisi dello scenario 1bis è stato preso in considerazione il costo d'acquisto dei mezzi ADV a metano pari a € 79.000 ciascuno.

Per quanto riguarda il costo del gasolio utilizzato nel 2015, questo è stato calcolato moltiplicando i litri totali di gasolio impiegati dai mezzi nell'arco dell'anno per il prezzo medio del gasolio sostenuto da Contarina e pari a 1.08 €/L al netto di IVA.

Per lo scenario attuale i costi del metano, invece, sono stati calcolati dalle fatture e scorporati dall'IVA in quanto l'Azienda non possiede in sede delle pompe di erogazione del metano come nel caso del gasolio e deve necessariamente rifornirsi da un distributore esterno privato. Inoltre, per i mezzi ADV, i costi del combustibile impiegato per il solo servizio porta a porta, non comprensivo del servizio di Ecobus, sono stati calcolati moltiplicando i consumi di metano ricavati come descritto precedentemente nell'analisi ambientale per il prezzo medio sostenuto da Contarina durante l'anno 2015 e pari a 0,964 €/Kg, scorporato successivamente di IVA.

Per lo scenario 1bis, poichè i mezzi RU vengono convertiti a metano, non conoscendo l'effettivo costo sostenuto questo è stato calcolato a partire dalle ipotetiche quantità di metano stimate con il modello di regressione lineare, utilizzando le distanze percorse dai mezzi e le relative quantità di rifiuto movimentate durante l'intero anno 2015. Il costo del combustibile è stato calcolato moltiplicando le quantità di metano stimate per il prezzo medio del metano durante l'anno 2015 e successivamente scorporato di IVA.

Infine, i costi del combustibile per i mezzi a benzina/gpl sono stati calcolati sempre dalle fatture, scorporati dall'IVA e sommati per le due diverse tipologie di alimentazione.

Anche nella valutazione economica, come nell'analisi ambientale, è stato necessario classificare i mezzi in categorie, questa volta solo sulla base delle diverse tipologie di alimentazione, ovvero: metano, gasolio e benzina/gpl. Nelle tabelle (Tab. 5a, b e c) per ciascuno scenario vengono riportati i dati di input utilizzati per la valutazione economica, secondo le diverse categorie individuate.

Tab. 5: Dati di input per l'analisi economica degli scenari 1 (a), 2 (b) e 1bis (c).

(a)

Scenario 1				
Alimentazione	Numero totale mezzi	Totale distanze percorse (Km)	Totale costo combustibile (€)	Quantità totali combustibile
Metano	8	156.696	28.085,61	36.011,65 Kg
Gasolio	277	7.138.436	2.097.937,92	1.942.535,11 L
Benzina/gpl	5	85.014	7.791,87	14.161,10 L

(b)

Scenario 2					
Centri storici	Alimentazione	Numero totale mezzi	Totale distanze percorse (Km)	Totale costo combustibile (€)	Quantità totali combustibile
Treviso	Metano	8	156.696	28.085,61	36.011,65 Kg
	Benzina/gpl	1	7.094	869,85	1.613,45 L
Castelfranco Veneto	Gasolio	3	73.665	25.790,67	23.880,25 L
Montebelluna	Gasolio	2	43.327	12.769,29	11.823,42 L
Asolo	Gasolio	1	31.511	6.983,05	6.465,79 L

(c)

Scenario 1bis				
Alimentazione	Numero totale mezzi	Totale distanze percorse (Km)	Totale costo combustibile (€)	Quantità totali combustibile
Metano	258	6.229.218	1.048.375,76	1.327.250,21 Kg
Gasolio	27	1.065.914	410.727,08	380.302,85 L
Benzina/gpl	5	85.014	7.791,87	14.161,10 L

Inoltre, al fine di supportare la valutazione dello scenario 1bis, consultando la banca dati dell'Azienda è stato utilizzato il costo d'acquisto di un mezzo ADV a metano per calcolare in quanti anni, attraverso la minore spesa derivante dall'impiego di

combustibile a metano, l'azienda riuscirà ad ammortizzare la conversione di parte del parco mezzi da gasolio a metano.

La valutazione economica è quindi esclusivamente finalizzata ad evidenziare eventuali vantaggi derivanti dall'impiego del metano rispetto al gasolio per la stessa tipologia di mezzo (ADV), non prendendo in considerazione altri fattori quali:

- Gli attuali costi sostenuti da Contarina per il rifornimento di metano fuori casa (la ditta infatti non ha un impianto di distribuzione del metano in azienda, come invece ha per il gasolio);
- Il diverso costo del bollo dei mezzi a metano ed a gasolio;
- Le variazioni di prezzo del carburante (soprattutto del gasolio);
- La manutenzione dei mezzi ed anche quella straordinaria delle bombole di metano richiesta ogni 4 anni.

Tutti i dati raccolti per la valutazione economica sono riportati nell'Allegato 2.

B.2 Adattamento del software SimaPro e risultati ottenuti

L'applicazione del software SimPro al caso studio ha richiesto alcuni adattamenti.

Innanzitutto, poiché per le categorie di camion di portata superiore a 3 tonnellate il software presenta solo mezzi con alimentazione a gasolio, è stato necessario creare delle categorie di mezzi a metano. Queste sono state create da un esperto del software SimaPro a partire dalla categoria relativa ad un'automobile a metano presente nel software, mantenendo invariati il primo ed il secondo elemento (utilizzo del mezzo e raffinazione del combustibile) e sostituendo i restanti tre (realizzazione strada, manutenzione e costruzione del mezzo) con quelli disponibili per le categorie di camion a gasolio.

Analogamente si è proceduto nella creazione delle categorie di mezzi a benzina e a gpl (sostituendo nelle categorie disponibili di automobili a benzina e a gpl gli elementi relativi a realizzazione strada, manutenzione e costruzione del mezzo con quelli disponibili per le categorie di camion a gasolio). Queste nuove categorie sono state poi utilizzate per stimare le emissioni dei mezzi con alimentazione combinata benzina/gpl (mezzi PM) come spiegato in B.1.

Dall'elaborazione dei dati presentati in B.1., secondo gli adattamenti a SimaPro precedentemente descritti, per i tre scenari considerati sono stati ottenuti i seguenti risultati.

SCENARIO 1: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta

I risultati ottenuti dall'utilizzo del software SimaPro per l'analisi ambientale sono riportati in tabella (Tab. 6), distinti in emissioni totali, dirette ed indirette, espresse in Kg di CO₂ equivalenti.

Tab. 6: Emissioni SCENARIO 1

	Kg CO2eq
Emissioni TOTALI	7,87E+06
Emissioni DIRETTE	7,73E+06
Emissioni INDIRETTE	1,41E+05

In Tabella 7, per le emissioni dirette vengono inoltre presentati i contributi dei cinque elementi di analisi elencati nel capitolo A.2.

Tab. 7: Contributi alle emissioni DIRETTE dei cinque elementi di analisi, SCENARIO 1

Contributi emissioni DIRETTE	Kg CO2eq
Totale emissioni UTILIZZO DEL MEZZO	5,32E+06
Totale emissioni RAFFINAZIONE COMBUSTIBILE	9,83E+05
Totale emissioni REALIZZAZIONE STRADA	4,13E+05
Totale emissioni MANUTENZIONE DEL MEZZO	4,28E+05
Totale emissioni COSTRUZIONE DEL MEZZO	5,84E+05

I risultati ottenuti per la parte inerente la valutazione economica sono riportati in tabella (Tab. 8) e distinti sulla base delle diverse tipologie di alimentazione.

Tab. 8: Risultati della valutazione economica, SCENARIO 1

SCENARIO 1	
ALIMENTAZIONE	€/Km
METANO	0,179
GASOLIO	0,294
BENZINA/GPL	0,092

SCENARIO 2: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta nei centri storici

I risultati ottenuti dall'utilizzo del software SimaPro per l'analisi ambientale sono riportati in tabella (Tab. 9), distinti in emissioni totali, dirette ed indirette, espresse in Kg di CO₂ equivalenti.

Tab. 9: Emissioni SCENARIO 2

Centri storici	Emissioni TOTALI (Kg CO _{2eq})	Emissioni DIRETTE (Kg CO _{2eq})	Emissioni INDIRETTE (Kg CO _{2eq})
Treviso	5,39E+03	5,29E+03	1,04E+02
Castelfranco Veneto	9,38E+04	9,22E+04	1,60E+03
Montebelluna	4,71E+04	4,62E+04	8,22E+02
Asolo	2,64E+04	2,59E+04	4,88E+02

In Tabella 10, per le emissioni dirette vengono inoltre presentati i contributi dei cinque elementi di analisi elencati nel capitolo A.2.

Tab. 10: Contributi alle emissioni DIRETTE dei cinque elementi di analisi, SCENARIO 2

Centri storici	Contributi emissioni DIRETTE (Kg CO _{2eq})				
	Totale emissioni UTILIZZO DEL MEZZO	Totale emissioni RAFFINAZIONE COMBUSTIBILE	Totale emissioni REALIZZAZIONE STRADA	Totale emissioni MANUTENZIONE DEL MEZZO	Totale emissioni COSTRUZIONE DEL MEZZO
Treviso	3,37E+03	7,73E+02	2,93E+02	3,63E+02	4,94E+02
Castelfranco Veneto	6,51E+04	1,19E+04	5,94E+03	3,94E+03	5,36E+03
Montebelluna	3,20E+04	5,97E+03	2,56E+03	2,41E+03	3,28E+03
Asolo	1,77E+04	3,22E+03	1,25E+03	1,55E+03	2,11E+03

I risultati ottenuti per la parte inerente la valutazione economica sono riportati in tabella (Tab. 11) e distinti, per i quattro centri storici, sulla base delle diverse tipologie di alimentazione.

Tab. 11: Risultati della valutazione economica, SCENARIO 2

SCENARIO 2		
CENTRI STORICI	Alimentazione	€/Km
Treviso	Metano	0,179
	Benzina/gpl	0,123
Castelfranco Veneto	Gasolio	0,350
Montebelluna	Gasolio	0,294
Asolo	Gasolio	0,221

SCENARIO 1bis: Sostenibilità annuale del servizio di raccolta porta a porta in cui si includono delle ipotesi migliorative

I risultati ottenuti dall'utilizzo del software SimaPro per l'analisi ambientale sono riportati in tabella (Tab. 12), distinti in emissioni totali, dirette ed indirette, espresse in Kg di CO₂ equivalenti.

Tab. 12: Emissioni SCENARIO 1bis

	Kg CO2eq
Emissioni TOTALI	1,55E+06
Emissioni DIRETTE	1,53E+06
Emissioni INDIRETTE	2,62E+04

In Tabella 13, per le emissioni dirette vengono inoltre presentati i contributi dei cinque elementi di analisi elencati nel capitolo A.2.

Tab. 13: Contributi alle emissioni DIRETTE dei cinque elementi di analisi, SCENARIO 1bis

Contributi emissioni DIRETTE	Kg CO2eq
Totale emissioni UTILIZZO DEL MEZZO	1,08E+06
Totale emissioni RAFFINAZIONE COMBUSTIBILE	1,99E+05
Totale emissioni REALIZZAZIONE STRADA	1,13E+03
Totale emissioni MANUTENZIONE DEL MEZZO	5,69E+04
Totale emissioni COSTRUZIONE DEL MEZZO	7,74E+04

I risultati ottenuti per la parte inerente la valutazione economica sono riportati in tabella (Tab. 14) e distinti sulla base delle diverse tipologie di alimentazione.

Tab. 14: Risultati della valutazione economica, SCENARIO 1bis

SCENARIO 1bis	
ALIMENTAZIONE	€/Km
METANO	0,168
GASOLIO	0,385
BENZINA/GPL	0,092

B.3 Discussione dei risultati

Dal confronto tra lo scenario 1 attuale ed 1bis migliorativo (Fig. 9) emerge chiaramente come la CF si riduca notevolmente nel caso in cui il parco mezzi risulti costituito per la maggior parte da mezzi a metano (scenario 1bis); infatti, si può facilmente osservare come le emissioni dirette siano ridotte del 80,26% e quelle indirette del 81,39% rispetto alla situazione attuale rappresentata dall'anno 2015.

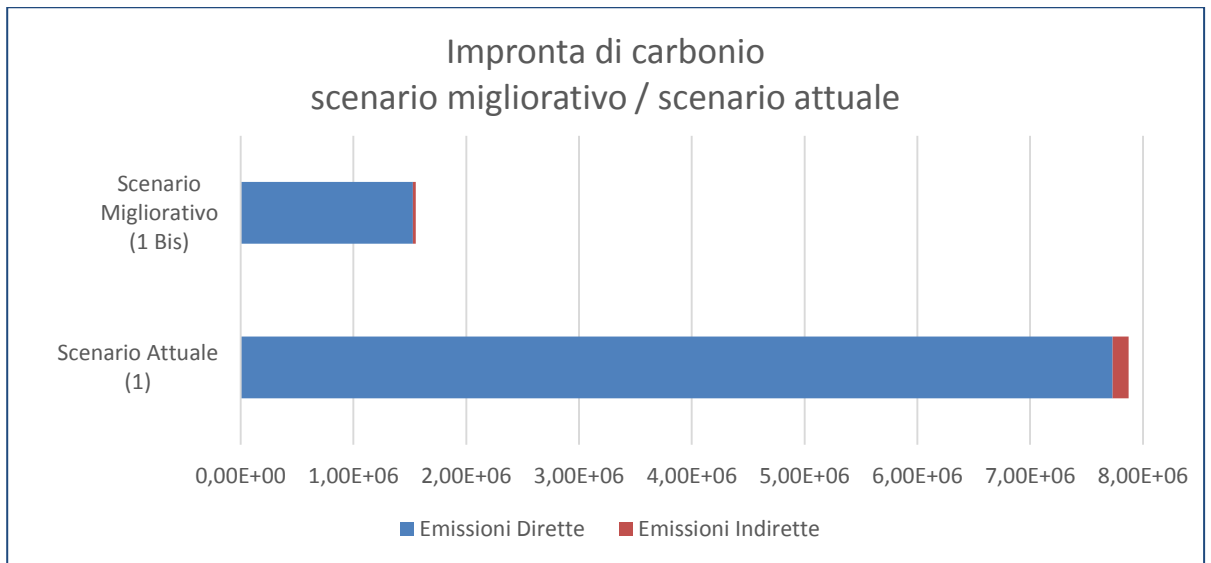


Fig. 9: Confronto tra le CF dello scenario attuale (1) e di quello migliorativo (1bis)

Il vantaggio dell'impiego di combustibile metano risulta ancora più evidente se si osserva la CF calcolata per lo scenario di analisi inerente i centri storici (scenario 2), distinta tra emissioni dirette ed indirette (Fig. 10).

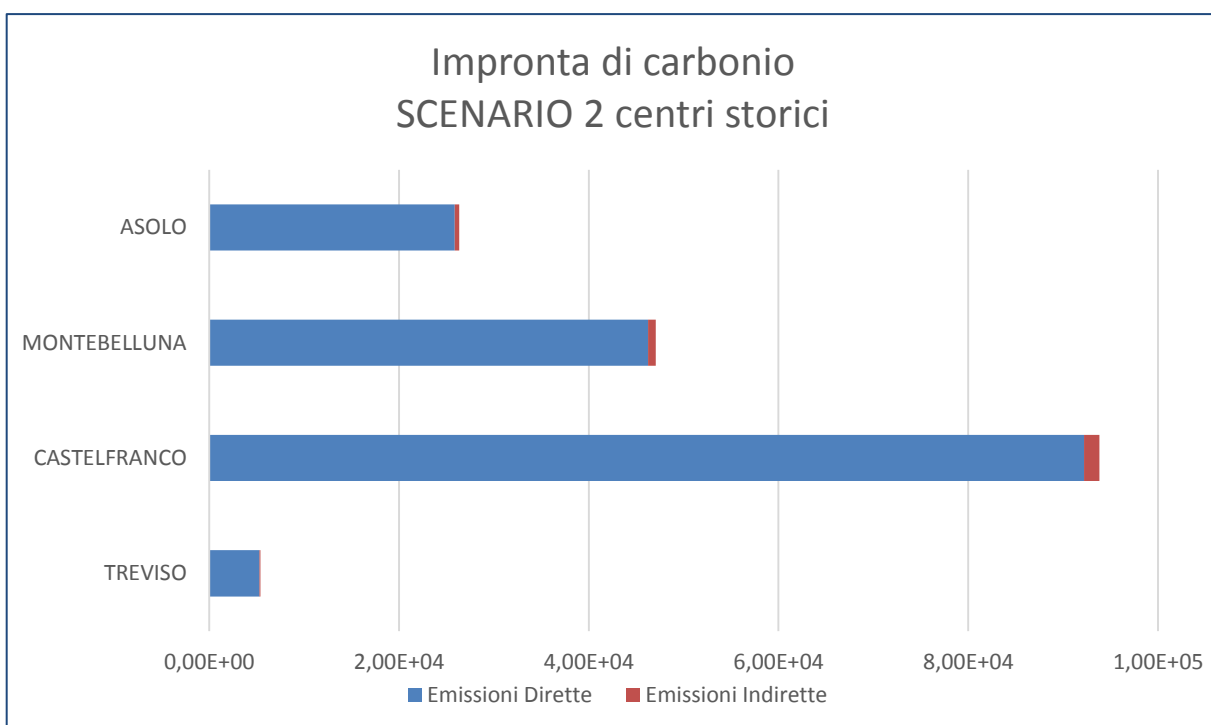


Fig.10: Confronto tra emissioni dirette ed indirette nei quattro centri storici, SCENARIO 2.

Dal grafico (Fig. 10) emerge infatti chiaramente come Treviso, sebbene impieghi nel servizio di raccolta porta a porta ben 9 mezzi, servendo un numero di utenze pari a 6.888, abbia una CF largamente inferiore rispetto agli altri centri storici in cui i mezzi impiegati sono 1 per Asolo, 2 per Montebelluna e 3 per Castelfranco, per un numero di utenze pari a 379, 2.198 e 2.547 rispettivamente. Questo perchè, dei 9 mezzi impiegati nel centro storico di Treviso, otto sono a metano ed uno a benzina/gpl, contro i mezzi esclusivamente a gasolio utilizzati negli altri centri storici.

Passando nel dettaglio ai contributi derivanti dalle emissioni dirette che determinano il contributo più significativo nel calcolo della CF (Fig. 11), emerge chiaramente come questi diminuiscano tutti fortemente nel caso in cui si utilizzi il metano. Infatti, si può constatare che le emissioni legate all'utilizzo del mezzo si riducono del 79,73%, quelle inerenti alla raffinazione del combustibile diminuiscono del 79,66%, quelle per la realizzazione della strada si riducono del 72,71%, quelle per la manutenzione del

mezzo dell'86,71% mentre quelle legate alla costruzione del mezzo diminuiscono del 86,71%.

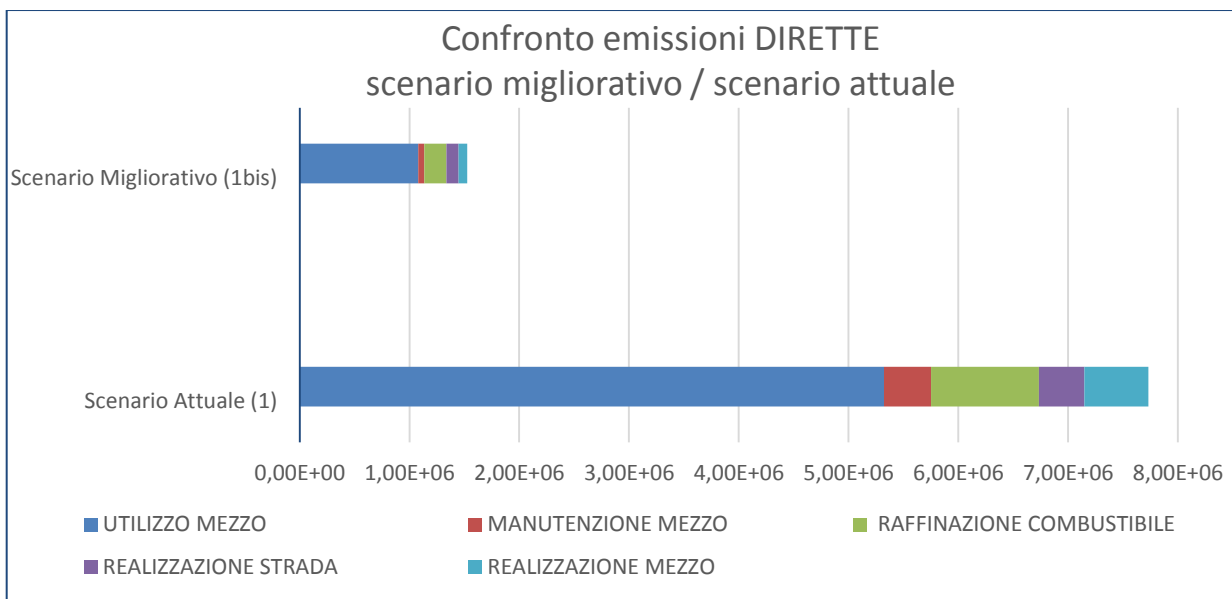


Fig. 11: Confronto tra scenario attuale e migliorativo delle emissioni dirette derivanti dai cinque elementi

Le stesse conclusioni vengono ulteriormente confermate dall'analisi delle emissioni dirette relative ai quattro centri storici (Fig. 12).

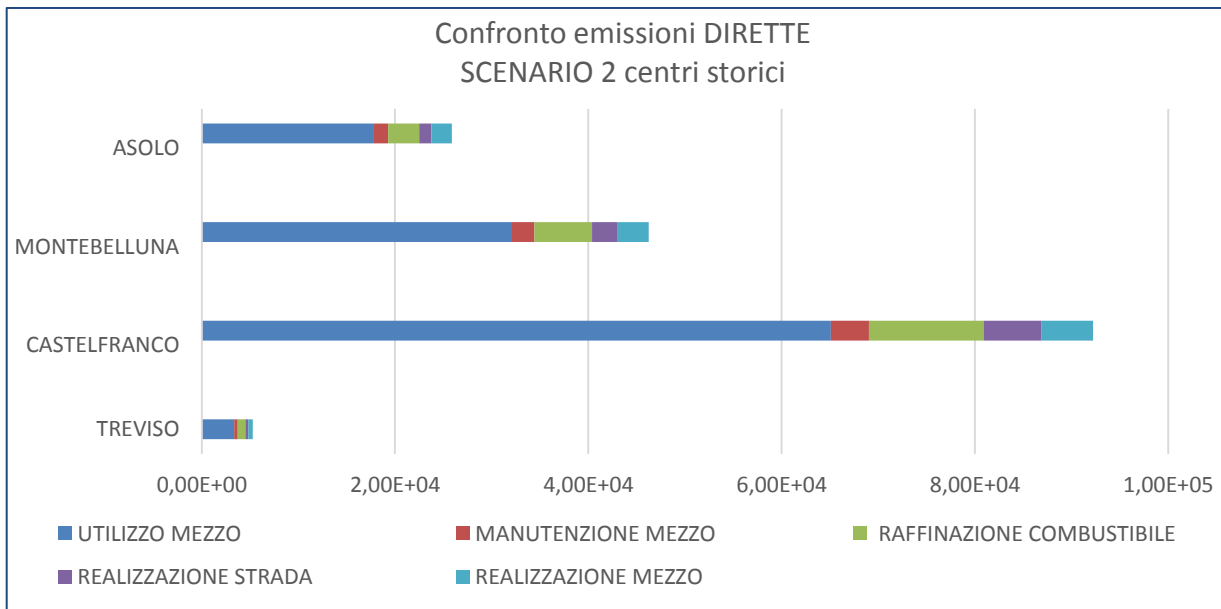


Fig. 12: Confronto tra i quattro centri storici delle emissioni dirette derivanti dai cinque elementi

Dal grafico (Fig. 12) si può osservare come a Treviso non solo le emissioni legate all'utilizzo del mezzo e raffinazione del combustibile diminuiscano significativamente rispetto agli altri centri storici ma anche le emissioni derivanti dagli altri tre elementi (realizzazione strada, manutenzione e costruzione del mezzo). Ciò è dovuto al fatto che in SimaPro tali emissioni sono calcolate sempre a partire dalla quantità di combustibile impiegato e sono quindi proporzionali alle emissioni dirette calcolate (sono ridotte anch'esse dall'impiego di combustibile a metano o benzina/gpl).

Tutte le considerazioni precedentemente formulate per l'analisi ambientale sono confermate anche dalla valutazione economica.

In particolare dalla valutazione dello scenario attuale (Tab. 8) emerge come il costo €/Km con l'impiego di combustibile a metano risulti nettamente inferiore (0,179 €/Km) rispetto all'impiego di combustibile a gasolio (0,294 €/Km).

Le stesse considerazioni emergono dall'analisi dello scenario 2 inerente i centri storici (Tab. 11), con un costo per gli 8 mezzi a metano impiegati a Treviso pari a 0,163 €/Km, nettamente inferiore rispetto a tutti gli altri tre centri storici in cui si utilizzano un minor numero di mezzi ma con alimentazione a gasolio rispettivamente pari a 0,350 €/Km per Castelfranco Veneto, 0,294 €/Km per Montebelluna e 0,221 €/Km per Asolo. Sommando il costo €/Km dei mezzi a metano con il costo €/Km dei mezzi a benzina/gpl, si ottiene un costo totale per il centro storico di Treviso pari a 0,286 €/Km, che risulta comunque inferiore a quanto speso al Km per i centri storici di Castelfranco Veneto e Montebelluna.

Per lo scenario 1bis i risultati nelle tabelle (Tab. 8 e 14) relativi al costo €/Km per le tipologie di alimentazione a metano e gasolio sono stati rapportati al costo d'acquisto impiegato per la conversione di parte del parco mezzi a metano al fine di stimare i tempi necessari ad ammortizzare la spesa iniziale di sostituzione dei mezzi a gasolio con analoghi mezzi a metano.

L'analisi è stata eseguita confrontando il dato relativo a 285 mezzi per lo scenario 1 (0,291 €/Km) con quello relativo a 285 mezzi per lo scenario 1bis (0,200 €/Km).

Quindi il risparmio di carburante al netto di IVA è pari a 0,091 €/Km. Considerando che i 285 mezzi compiono in media 7.182.000 Km per il servizio di raccolta porta a porta, nell'arco del loro utilizzo (stimato in media 15 anni) prima di essere rottamati o venduti, il risparmio annuo di carburante derivante dall'acquisto di metano risulta pari a € 656.578,17 (€ 9.848.672,55 nei 15 anni). Confrontando questo dato con quello relativo ai costi di acquisto di 250 mezzi (poiché otto sono già in forza a Contarina), l'ammontare totale del costo d'acquisto per la conversione del parco mezzi da metano a gasolio risulta pari a € 19.750.000,00. Quindi, come evidenziato dal grafico in Fig. 13, il costo totale della conversione di parte del parco mezzi da metano a gasolio, nell'arco di tempo di utilizzo dei mezzi non sarebbe ammortizzato.

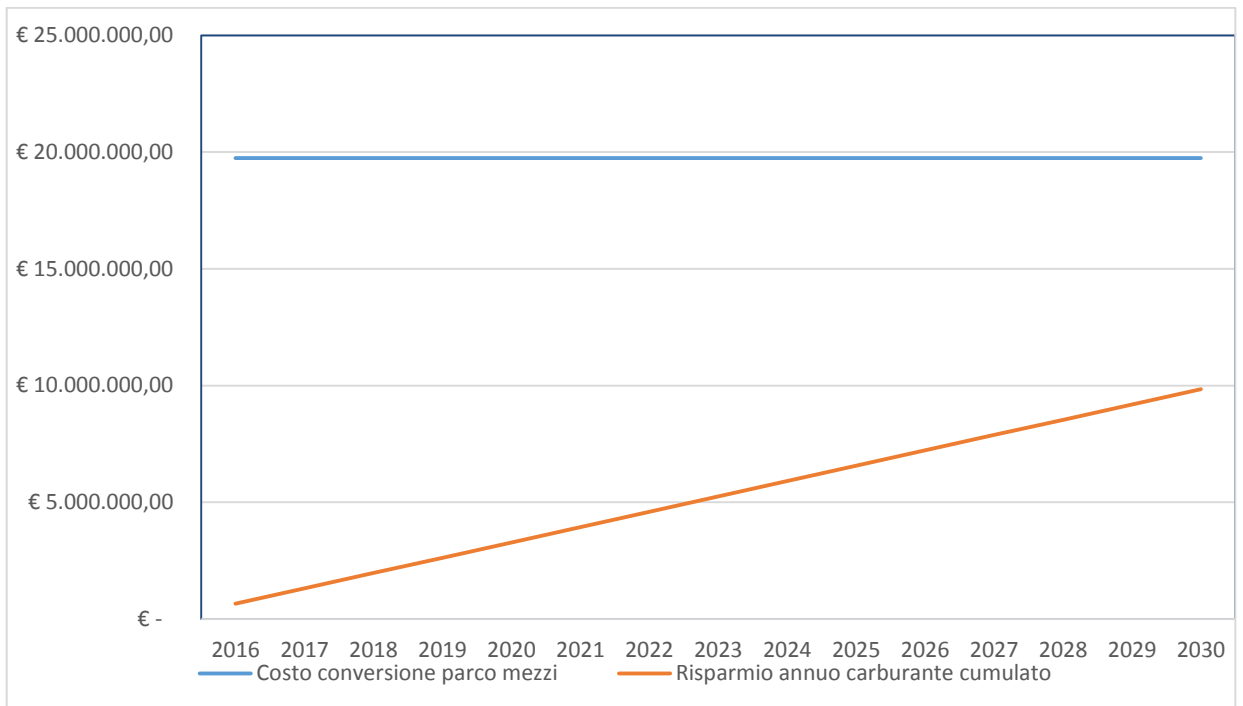


Fig. 13: Tempi di ammortizzazione dell'investimento iniziale nello SCENARIO 1bis

Tuttavia, il risultato emerso dal grafico (Fig. 13), può notevolmente migliorare se si considerano due elementi aggiuntivi. Il primo riguarda la spesa di acquisto dei mezzi che potrebbe essere ridotta dal fatto che: 1) parte dei mezzi RU a gasolio attualmente impiegati potrebbero essere venduti con un ricavo che andrebbe ad incidere positivamente sulla spesa totale di rinnovamento del parco mezzi, e 2)

l'acquisto in stock di un numero così consistente di mezzi potrebbe portare ad un costo effettivo inferiore per singolo mezzo rispetto a quello ipotizzato e pari a € 79,000.00. L'altro elemento riguarda la possibilità per l'Azienda di auto-produrre biometano a partire dai rifiuti raccolti, evitando così il rifornimento all'esterno di combustibile e diminuendo quindi notevolmente la spesa complessiva. E' da notare come questa soluzione inciderebbe positivamente anche sul bilancio complessivo di carbonio, poichè utilizzando come combustibile principale un prodotto della lavorazione del rifiuto (e non di origine fossile o derivato dal cambiamento di uso del suolo o dalla perdita di piante ed alberi) si andrebbe a diminuire ulteriormente la CF del servizio di raccolta porta a porta. Tale opzione non è stata indagata nell'ambito di questa tesi in quanto necessiterebbe di ulteriori dati ed informazioni relative all'efficienza di trasformazione rifiuto-biometano e a ai costi collegati a questa operazione.

4. Conclusioni

Con questo elaborato di tesi si è valutata la sostenibilità del servizio di raccolta porta a porta gestito dall'azienda Contarina attraverso il calcolo dell'Impronta di carbonio (CF) affiancato da un'opportuna valutazione economica.

L'analisi è stata condotta sia per il parco mezzi attualmente impiegato (con dati relativi al 2015), andando ad approfondire in particolare il servizio svolto nei centri storici, sia per un ipotetico parco mezzi in cui 250 mezzi a gasolio venissero sostituiti da analoghi a metano.

Dai risultati di tale studio emerge chiaramente come l'impiego di combustibile a metano, rispetto all'utilizzo del gasolio, sarebbe un'alternativa sostenibile in quanto rispettosa dell'ambiente ed economicamente vantaggiosa per l'Azienda. A parità di Km percorsi, infatti, il metano è responsabile di una più bassa quantità di emissioni di CO_{2eq}, ad un costo di acquisto nettamente inferiore.

Contarina, con la sostituzione di 250 mezzi RU a gasolio con analoghi a metano, riuscirebbe a ridurre la CF per il servizio di raccolta porta a porta di circa l'80%.

La scelta di sostituire i soli mezzi RU è dettata dalla diversa potenza dei motori a metano rispetto a quelli a gasolio. Solo i mezzi RU, infatti, presentano una portata tale da assicurare, con alimentazione a metano, anche a pieno carico, la movimentazione del mezzo per svolgere in piena sicurezza ed efficienza il servizio di raccolta porta a porta. Installare l'alimentazione a metano in mezzi di portata maggiore come ad esempio ACM o addirittura trattori stradali (che movimentano fino a 20 tonnellate di rifiuto), non sarebbe altrettanto efficiente e sicuro.

Tuttavia, sostituire i 250 RU a gasolio comporterebbe un investimento iniziale molto importante, non ammortizzabile nei 15 anni di utilizzo dei mezzi con il solo risparmio dovuto al minore costo al Km del metano. Al fine di rendere questa soluzione economicamente sostenibile l'Azienda dovrebbe valutare: 1) la possibilità di ridurre il costo di acquisto dei mezzi (vendendo i vecchi RU a gasolio o ottenendo un prezzo inferiore per singolo mezzo grazie all'acquisto in stock) e, 2) la possibilità di auto-produrre biometano dalla lavorazione del rifiuto umido raccolto, evitando il rifornimento di carburante dall'esterno e chiudendo così anche il ciclo del rifiuto.

5. Bibliografia

- Artuso, M., Bellotto, E., Brasolin, M., Bressan, A., Cattelan, D., Crosato, S., Cuccu, G., De Marchi, M., De Rosa, F., Donà, c., Favaro, C., Francescutti, L., Mattiello, M., Tonon, L., 2015. Bilancio di sostenibilità, 2014. Cooperativa Servizi Culturali (C.S.C.) s.c.r.l., Treviso, pp. 30-50.
- Badiru, A.B., 2013. Carbon footprint analysis. Concepts, Methods, Implementation, and Case Studies. Taylor & Francis Group, New York, cap. 5, pp. 47-56.
- Cuccu, G., Crosato, S., Rasera, M., Barea, D., Violante, V., 2015. Per l'ambiente con la gente – Uniti verso obiettivi comuni. Hadvard Group S.r.l., Verona, num. 10, pp. 4-5.
- Cuccu, G., Crosato, S., Rasera, M., Barea, D., Violante, V., 2015. Per l'ambiente con la gente – Avviato il porta a porta, un nuovo inizio per la città. Hadvard Group S.r.l., Verona, pp. 6-14.
- Department of Energy and Climate Change, 2010. Low carbon transition plan. London: DECC.
- Franchetti M., J., Apul, D., 2013. Carbon Footprint Analysis. Concepts, Methods, Implementation, and Case Studies, ed. CRC Press, New York.
- Goedkoop, M., Oele, M., Ponsioen, T., Meijer, E., 2016. Introduction to LCA with SimaPro. Pré, California, pp. 53-54.
- Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds), 2013. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Published: IPCC, Switzerland.
- Holland, D.S., Sanchirico, J.N., Johnston, R.J., Jogleka, D., 2010. Economic Analysis for Ecosystem – Based Management. Applications to Marine and Coastal Enviroments. RFF Press Resources for the future, London, cap. 4.
- ISO 14040:2006 (en). Enviromental management – Life cycle assessment – Principle and framework.
- ISO 14044:2006(en). Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

- ISO 14064 - 1:2006 (en): Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals, cap. 2.1 e 2.18.
- ISO/TS 14067:2013. Greenhouse gases – Carbon footprint – Requirements and guidelines for quantification and communication, cap. 3.1.1.1.
- Luciani, R., Masoni, P., Santino, D., 2011. Energia, Ambiente ed Innovazione 3/2011 – Indicatori di sostenibilità ambientale: la carbon footprint, pp. 49-50.
- Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer, L.A., 2007. Climate change 2007, Working Group I: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, cap. 2.10.2, pp. 211-213.
- National Research Council. Sustainability Concepts in Decision-Making: Tools and Approaches for the US Environmental Protection Agency. Washington, DC: The National Academies Press, 2014. Appendix D: Glossary of Sustainability Tools and Approaches, pp. 125-130.
- Pandey, D., Agrawal, M., Pandey, J., S., 2010. Carbon footprint: current methods of estimation. Springer Science+Business Media B. V. 2010.
- Pernigotti, D., 2013. La Carbon Footprint alla luce della nuova norma UNI ISO/TS 14067. Edizioni Ambiente srl, Milano, pp. 13-25.
- Rich, D. 2008. Designing a U.S. Greenhouse Gas Emissions Registry. Climate and energy. World Resource Institute.
- Stocker, F., T., Qin, D., Plattner, G., K., Tignor, M., B., M., Allen, K., S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, M., P., 2013. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change, Svizzera, cap. B5 - D3 - E, pp. 9-17.
- US-EPA, 2011. Sustainability and the US EPA, cap. 3, pp. 41-45.
- WRI/WBCSD, 2004. The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard revised edition. Geneva: World Business Council for Sustainable Development and World Resource Institute.

- http://www.eambiente.it/sites/default/files/Locati_Certiquality.pdf (consultato 14.08.2016) Gli strumenti volontari di rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra (GHG)_Lo standard ISO 14064 metodologie e vantaggi.
- <http://www.simapro.co.uk/simapro8.html> (consultato 15.08.2016).
- <http://www.ghgprotocol.org/> (consultato 16.09.2016).
- <http://www.carbon-footprint.it/carbon-footprint-organizzazione.html> (consultato 24.09.2016)
- <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/> (consultato 24.09.2016).
- <http://www.ilcarrello.net/libretto-carta-di-circolazione/guida-carta-di-circolazione.pdf> (consultato 24.09.2016) Lista completa dei codici comunitari armonizzati.

Allegati

Allegato 1: Dati per l'elaborazione dell'analisi ambientale

Mezzo	Tipo di alimentazione	Classe ambientale	Massa del mezzo (ton)	Distanza percorsa (Km)	Quantità rifiuto movimentato (ton)
ADV 01	GASOLIO	Euro 4	7,49	5.340	11.330
ADV 02	METANO	Euro 5	7,00	20.647	199.728
ADV 03	METANO	Euro 5	7,00	18.567	183.798
ADV 04	METANO	Euro 5	7,00	20.997	195.264
ADV 05	METANO	Euro 5	7,00	21.506	223.596
ADV 06	METANO	Euro 5	7,00	8.629	167.024
ADV 07	METANO	Euro 5	7,00	22.398	240.516
ADV 09	METANO	Euro 5	7,00	20.526	191.060
ADV 10	METANO	Euro 5	7,00	23.426	184.374
ACM 03	GASOLIO	Euro 2	7,50	23.600	251.180
ACM 35	GASOLIO	Euro 5	11,99	22.412	501.800
ACM 36	GASOLIO	Euro 5	11,99	25.989	471.133
ACM 37	GASOLIO	Euro 5	11,99	16.384	284.320
ACM 38	GASOLIO	Euro 5	11,99	20.205	351.580
ACM 39	GASOLIO	Euro 5	11,99	26.861	576.490
ACM 40	GASOLIO	Euro 5	11,99	27.030	479.950
ACM 41	GASOLIO	Euro 5	11,99	27.445	411.410
ACM 42	GASOLIO	Euro 5	11,99	27.056	371.300
ACM 43	GASOLIO	Euro 5	12,00	25.373	425.400
ACM 44	GASOLIO	Euro 3	10,00	15.204	348.760
ACM 45	GASOLIO	Euro 3	10,00	21.351	458.745
ACM 46	GASOLIO	Euro 3	11,99	22.304	337.260
ACM 47	GASOLIO	Euro 3	11,99	26.599	425.280
ACM 49	GASOLIO	Euro 3	11,50	23.072	247.320
ACM 50	GASOLIO	Euro 3	15,00	14.650	191.050
ACM 51	GASOLIO	Euro 5	15,00	35.546	924.767
ACM 52	GASOLIO	Euro 5	15,00	42.818	779.627
TR 01	GASOLIO	Euro 5	18,00	108.174	10.998.250
TR 04	GASOLIO	Euro 2	44,00	4.265	672.120
TR 05	GASOLIO	Euro 2	44,00	632	49.420
TR 06	GASOLIO	Euro 5	18,00	114.671	11.234.450
TR 07	GASOLIO	Euro 5	18,00	117.556	11.821.550
TR 08	GASOLIO	Euro 5	18,00	116.782	12.090.780
TR 09	GASOLIO	Euro 5	18,00	96.271	12.773.780

Mezzo	Tipo di alimentazione	Classe ambientale	Massa del mezzo (ton)	Distanza percorsa (Km)	Quantità rifiuto movimentato (ton)
TR 10	GASOLIO	Euro 6	18,00	58.324	6.616.240
PM 01	BENZINA/GPL	Euro 4	1,50	11.996	31.890
PM 03	BENZINA/GPL	Euro 4	1,50	16.091	34.480
PM 04	BENZINA/GPL	Euro 4	1,50	26.440	2.200
PM 25	BENZINA/GPL	Euro 5	2,20	23.393	109.150
PM 26	BENZINA/GPL	Euro 5	2,20	7.094	30.910
RU 01	GASOLIO	Euro 2	6,00	5.212	1.880
RU 10	GASOLIO	Euro 2	5,00	10.754	5.410
RU 109	GASOLIO	Euro 4	7,49	35.018	249.550
RU 110	GASOLIO	Euro 4	7,49	36.713	239.880
RU 111	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.178	107.700
RU 112	GASOLIO	Euro 4	7,49	37.900	62.170
RU 113	GASOLIO	Euro 4	7,49	27.187	266.360
RU 114	GASOLIO	Euro 4	7,49	33.349	171.420
RU 115	GASOLIO	Euro 4	7,49	27.367	221.350
RU 116	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.966	292.330
RU 117	GASOLIO	Euro 4	7,49	22.145	206.540
RU 118	GASOLIO	Euro 4	7,49	33.312	279.660
RU 119	GASOLIO	Euro 4	7,49	36.751	265.280
RU 120	GASOLIO	Euro 4	7,49	34.514	257.100
RU 121	GASOLIO	Euro 4	7,49	27.579	298.070
RU 122	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.661	244.350
RU 123	GASOLIO	Euro 4	7,49	30.260	115.790
RU 124	GASOLIO	Euro 4	7,49	18.489	233.230
RU 125	GASOLIO	Euro 4	7,49	30.616	182.350
RU 126	GASOLIO	Euro 5	7,49	38.736	164.690
RU 127	GASOLIO	Euro 4	7,49	35.195	258.310
RU 128	GASOLIO	Euro 4	7,49	34.919	267.840
RU 129	GASOLIO	Euro 4	7,49	35.934	116.350
RU 130	GASOLIO	Euro 4	7,49	27.097	332.690
RU 131	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.737	288.360
RU 132	GASOLIO	Euro 4	7,49	34.072	210.520
RU 133	GASOLIO	Euro 4	7,49	30.984	251.150
RU 134	GASOLIO	Euro 4	7,49	21.436	136.080
RU 135	GASOLIO	Euro 4	7,49	20.392	198.020
RU 136	GASOLIO	Euro 4	7,49	19.861	194.760
RU 137	GASOLIO	Euro 4	7,49	15.516	397.920
RU 138	GASOLIO	Euro 4	7,49	16.809	119.160
RU 139	GASOLIO	Euro 4	7,49	16.451	286.320

Mezzo	Tipo di alimentazione	Classe ambientale	Massa del mezzo (ton)	Distanza percorsa (Km)	Quantità rifiuto movimentato (ton)
RU 140	GASOLIO	Euro 4	7,49	22.220	177.200
RU 141	GASOLIO	Euro 4	7,49	20.235	247.040
RU 142	GASOLIO	Euro 4	7,49	20.252	69.980
RU 143	GASOLIO	Euro 4	7,49	20.075	253.080
RU 144	GASOLIO	Euro 4	7,49	22.078	292.860
RU 145	GASOLIO	Euro 4	7,49	23.454	343.980
RU 146	GASOLIO	Euro 4	7,49	17.272	225.180
RU 147	GASOLIO	Euro 4	7,49	14.483	148.940
RU 148	GASOLIO	Euro 4	7,49	22.055	213.580
RU 149	GASOLIO	Euro 4	7,49	18.075	257.690
RU 150	GASOLIO	Euro 4	7,49	21.679	280.460
RU 151	GASOLIO	Euro 4	7,49	22.648	271.050
RU 152	GASOLIO	Euro 4	7,49	14.754	354.140
RU 153	GASOLIO	Euro 4	7,49	15.754	283.620
RU 154	GASOLIO	Euro 4	7,49	17.510	151.670
RU 155	GASOLIO	Euro 4	7,49	21.116	427.320
RU 157	GASOLIO	Euro 4	7,49	19.257	208.380
RU 158	GASOLIO	Euro 4	7,49	20.643	251.560
RU 159	GASOLIO	Euro 4	7,49	17.016	328.170
RU 160	GASOLIO	Euro 4	7,49	21.689	297.860
RU 161	GASOLIO	Euro 4	7,49	25.505	196.160
RU 162	GASOLIO	Euro 4	7,49	24.322	227.080
RU 163	GASOLIO	Euro 4	7,49	22.343	207.590
RU 164	GASOLIO	Euro 4	7,49	21.274	173.160
RU 165	GASOLIO	Euro 4	7,49	18.522	82.420
RU 166	GASOLIO	Euro 4	7,49	25.409	242.700
RU 167	GASOLIO	Euro 4	7,49	16.412	324.970
RU 168	GASOLIO	Euro 5	7,49	20.724	186.020
RU 169	GASOLIO	Euro 5	7,49	23.983	182.920
RU 170	GASOLIO	Euro 5	7,49	18.777	216.570
RU 171	GASOLIO	Euro 5	7,49	21.818	285.180
RU 172	GASOLIO	Euro 5	7,49	23.303	301.300
RU 173	GASOLIO	Euro 5	7,49	23.071	225.840
RU 174	GASOLIO	Euro 5	7,49	20.596	27.580
RU 175	GASOLIO	Euro 5	7,49	16.234	467.920
RU 176	GASOLIO	Euro 5	7,49	27.590	178.400
RU 177	GASOLIO	Euro 5	7,49	25.597	181.240
RU 178	GASOLIO	Euro 5	7,49	21.656	300.520
RU 179	GASOLIO	Euro 5	7,49	19.168	53.050

Mezzo	Tipo di alimentazione	Classe ambientale	Massa del mezzo (ton)	Distanza percorsa (Km)	Quantità rifiuto movimentato (ton)
RU 18	GASOLIO	Euro 3	3,50	12.284	35.660
RU 180	GASOLIO	Euro 5	7,49	20.794	389.560
RU 181	GASOLIO	Euro 5	7,49	16.716	96.520
RU 182	GASOLIO	Euro 5	7,49	17.267	142.780
RU 183	GASOLIO	Euro 5	7,49	24.627	128.140
RU 184	GASOLIO	Euro 5	7,49	25.261	65.620
RU 185	GASOLIO	Euro 5	7,49	21.932	165.800
RU 186	GASOLIO	Euro 5	7,49	16.875	362.660
RU 187	GASOLIO	Euro 5	7,49	17.473	303.800
RU 188	GASOLIO	Euro 5	7,49	19.456	264.250
RU 189	GASOLIO	Euro 5	7,49	32.299	356.240
RU 19	GASOLIO	Euro 3	7,49	17.307	43.600
RU 190	GASOLIO	Euro 5	7,49	17.199	354.240
RU 191	GASOLIO	Euro 5	7,49	18.266	304.900
RU 192	GASOLIO	Euro 5	7,49	22.555	204.680
RU 193	GASOLIO	Euro 5	7,49	17.517	355.860
RU 194	GASOLIO	Euro 5	7,49	18.435	170.120
RU 195	GASOLIO	Euro 5	7,49	15.581	89.000
RU 196	GASOLIO	Euro 5	7,49	23.955	107.270
RU 197	GASOLIO	Euro 5	7,49	24.004	191.980
RU 198	GASOLIO	Euro 5	7,49	22.799	315.800
RU 199	GASOLIO	Euro 5	7,49	22.982	49.720
RU 20	GASOLIO	Euro 3	3,50	23.738	56.240
RU 200	GASOLIO	Euro 5	7,49	23.466	272.100
RU 201	GASOLIO	Euro 5	7,49	21.728	120.040
RU 202	GASOLIO	Euro 5	7,49	18.837	255.690
RU 203	GASOLIO	Euro 5	7,49	26.173	234.930
RU 204	GASOLIO	Euro 5	7,49	25.924	112.040
RU 205	GASOLIO	Euro 5	7,49	20.719	404.960
RU 206	GASOLIO	Euro 5	7,49	16.716	182.930
RU 207	GASOLIO	Euro 5	7,49	20.822	95.650
RU 208	GASOLIO	Euro 5	7,49	20.473	297.020
RU 209	GASOLIO	Euro 5	7,49	27.437	289.600
RU 21	GASOLIO	Euro 3	3,50	6.294	21.240
RU 210	GASOLIO	Euro 5	7,49	21.612	196.940
RU 211	GASOLIO	Euro 5	7,49	21.784	261.600
RU 212	GASOLIO	Euro 5	7,49	22.153	262.000
RU 213	GASOLIO	Euro 4	7,49	20.990	51.630
RU 214	GASOLIO	Euro 5	7,49	19.242	44.680

Mezzo	Tipo di alimentazione	Classe ambientale	Massa del mezzo (ton)	Distanza percorsa (Km)	Quantità rifiuto movimentato (ton)
RU 215	GASOLIO	Euro 5	7,49	23.816	153.360
RU 216	GASOLIO	Euro 5	7,49	18.392	25.850
RU 217	GASOLIO	Euro 5	7,49	15.838	176.480
RU 218	GASOLIO	Euro 5	7,49	21.410	223.880
RU 219	GASOLIO	Euro 5	7,49	22.901	69.380
RU 220	GASOLIO	Euro 5	7,49	20.646	181.860
RU 221	GASOLIO	Euro 5	7,49	20.989	178.140
RU 222	GASOLIO	Euro 5	7,49	34.314	210.680
RU 223	GASOLIO	Euro 5	7,49	38.479	90.550
RU 224	GASOLIO	Euro 5	7,49	29.888	207.880
RU 225	GASOLIO	Euro 5	7,49	29.017	199.100
RU 226	GASOLIO	Euro 5	7,49	36.589	196.540
RU 227	GASOLIO	Euro 5	7,49	30.377	246.060
RU 228	GASOLIO	Euro 5	7,49	31.511	159.420
RU 229	GASOLIO	Euro 5	7,49	18.265	220.320
RU 230	GASOLIO	Euro 3	5,20	2.665	31.900
RU 232	GASOLIO	Euro 5	3,50	15.127	88.160
RU 233	GASOLIO	Euro 5	3,50	16.137	96.760
RU 234	GASOLIO	Euro 5	3,50	18.463	81.900
RU 235	GASOLIO	Euro 5	3,50	20.805	105.160
RU 236	GASOLIO	Euro 5	3,50	24.580	47.980
RU 237	GASOLIO	Euro 5	3,50	23.629	97.840
RU 238	GASOLIO	Euro 5	7,50	32.245	267.140
RU 239	GASOLIO	Euro 5	7,50	31.468	321.460
RU 24	GASOLIO	Euro 3	3,50	21.447	56.580
RU 240	GASOLIO	Euro 5	7,50	28.777	272.570
RU 241	GASOLIO	Euro 5	7,50	26.098	122.890
RU 242	GASOLIO	Euro 5	7,50	22.269	96.970
RU 243	GASOLIO	Euro 5	7,50	27.548	198.580
RU 244	GASOLIO	Euro 5	7,50	22.435	267.160
RU 245	GASOLIO	Euro 5	7,50	19.370	291.810
RU 246	GASOLIO	Euro 5	7,50	20.745	201.730
RU 247	GASOLIO	Euro 5	7,50	20.600	213.580
RU 248	GASOLIO	Euro 5	7,50	22.514	255.280
RU 249	GASOLIO	Euro 5	7,50	20.745	181.350
RU 25	GASOLIO	Euro 3	3,50	26.316	56.460
RU 250	GASOLIO	Euro 5	7,50	19.301	115.360
RU 251	GASOLIO	Euro 5	7,50	21.374	62.560
RU 252	GASOLIO	Euro 5	7,50	20.534	74.030

Mezzo	Tipo di alimentazione	Classe ambientale	Massa del mezzo (ton)	Distanza percorsa (Km)	Quantità rifiuto movimentato (ton)
RU 253	GASOLIO	Euro 5	7,50	26.800	399.820
RU 254	GASOLIO	Euro 5	7,50	19.267	216.980
RU 255	GASOLIO	Euro 5	7,50	25.859	328.910
RU 256	GASOLIO	Euro 5	7,50	25.599	230.360
RU 257	GASOLIO	Euro 5	7,50	22.345	67.540
RU 258	GASOLIO	Euro 5	7,50	24.212	199.020
RU 259	GASOLIO	Euro 5	7,50	23.503	151.710
RU 26	GASOLIO	Euro 3	3,50	19.871	104.040
RU 260	GASOLIO	Euro 5	7,50	26.744	233.980
RU 261	GASOLIO	Euro 5	7,50	23616	222.230
RU 262	GASOLIO	Euro 5	7,50	18.873	287.680
RU 263	GASOLIO	Euro 5	7,50	21.208	164.380
RU 264	GASOLIO	Euro 5	7,50	20.686	187.040
RU 265	GASOLIO	Euro 5	7,50	19.674	170.200
RU 266	GASOLIO	Euro 5	7,50	20.108	245.260
RU 267	GASOLIO	Euro 5	7,50	25.290	81.230
RU 268	GASOLIO	Euro 5	7,50	25.285	291.410
RU 269	GASOLIO	Euro 5	7,50	19.234	51.620
RU 270	GASOLIO	Euro 5	7,50	22.108	181.560
RU 271	GASOLIO	Euro 5	7,50	19.187	367.370
RU 272	GASOLIO	Euro 5	7,50	19.548	274.340
RU 273	GASOLIO	Euro 5	7,50	22.659	68.210
RU 274	GASOLIO	Euro 5	7,50	19.150	27.480
RU 275	GASOLIO	Euro 5	7,50	20.508	165.600
RU 276	GASOLIO	Euro 5	7,50	21.228	224.920
RU 277	GASOLIO	Euro 5	7,50	20.494	79.700
RU 278	GASOLIO	Euro 5	7,50	22.445	234.740
RU 279	GASOLIO	Euro 5	7,50	17.044	273.320
RU 280	GASOLIO	Euro 5	7,50	26.416	163.960
RU 281	GASOLIO	Euro 5	7,50	21.571	142.540
RU 282	GASOLIO	Euro 5	7,50	24.113	256.720
RU 283	GASOLIO	Euro 5	7,50	20.338	91.300
RU 284	GASOLIO	Euro 5	7,50	21.916	221.380
RU 285	GASOLIO	Euro 5	7,50	18.588	316.600
RU 30	GASOLIO	Euro 5	7,49	13.096	173.190
RU 31	GASOLIO	Euro 5	7,49	14.262	95.440
RU 32	GASOLIO	Euro 5	7,49	16.399	174.720
RU 33	GASOLIO	Euro 4	7,49	20.554	146.380
RU 34	GASOLIO	Euro 5	7,49	14.700	215.240

Mezzo	Tipo di alimentazione	Classe ambientale	Massa del mezzo (ton)	Distanza percorsa (Km)	Quantità rifiuto movimentato (ton)
RU 35	GASOLIO	Euro 5	7,49	15.040	197.180
RU 36	GASOLIO	Euro 5	7,49	20.403	200.680
RU 38	GASOLIO	Euro 5	7,49	25.028	192.870
RU 39	GASOLIO	Euro 5	7,49	17.456	328.560
RU 40	GASOLIO	Euro 5	7,49	28.825	118.810
RU 41	GASOLIO	Euro 5	7,49	24.590	118.790
RU 42	GASOLIO	Euro 5	7,49	37.946	256.210
RU 43	GASOLIO	Euro 5	7,49	31.377	151.380
RU 44	GASOLIO	Euro 4	7,49	34.279	284.660
RU 45	GASOLIO	Euro 4	7,49	26.442	245.100
RU 46	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.219	214.860
RU 47	GASOLIO	Euro 4	7,49	30.923	236.150
RU 48	GASOLIO	Euro 4	7,49	26.794	302.640
RU 49	GASOLIO	Euro 4	7,49	27.867	296.810
RU 50	GASOLIO	Euro 4	7,49	32.367	182.990
RU 51	GASOLIO	Euro 4	7,49	36.745	236.840
RU 52	GASOLIO	Euro 4	7,49	29.188	222.870
RU 53	GASOLIO	Euro 4	7,49	24.745	310.440
RU 54	GASOLIO	Euro 4	7,49	30.954	294.880
RU 55	GASOLIO	Euro 4	7,49	34.133	251.780
RU 56	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.233	128.290
RU 57	GASOLIO	Euro 4	7,49	28.123	462.350
RU 58	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.138	269.540
RU 59	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.722	147.270
RU 60	GASOLIO	Euro 4	7,49	34.002	224.100
RU 61	GASOLIO	Euro 4	7,49	33.820	316.780
RU 62	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.123	211.240
RU 63	GASOLIO	Euro 4	7,49	30.848	265.740
RU 64	GASOLIO	Euro 4	7,49	26.800	267.400
RU 65	GASOLIO	Euro 4	7,49	28.805	207.970
RU 66	GASOLIO	Euro 4	7,49	33.269	107.630
RU 67	GASOLIO	Euro 4	7,49	29.187	264.360
RU 68	GASOLIO	Euro 4	7,49	13.917	245.840
RU 69	GASOLIO	Euro 4	7,49	27.554	284.470
RU 70	GASOLIO	Euro 4	7,49	26.400	106.010
RU 71	GASOLIO	Euro 4	7,49	34.228	277.220
RU 72	GASOLIO	Euro 4	7,49	24.602	319.760
RU 73	GASOLIO	Euro 4	7,49	27.071	241.090
RU 74	GASOLIO	Euro 4	7,49	28.830	248.220

Mezzo	Tipo di alimentazione	Classe ambientale	Massa del mezzo (ton)	Distanza percorsa (Km)	Quantità rifiuto movimentato (ton)
RU 75	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.297	323.930
RU 76	GASOLIO	Euro 4	7,49	32.278	213.260
RU 77	GASOLIO	Euro 4	7,49	24.803	297.040
RU 78	GASOLIO	Euro 4	7,49	28.058	299.370
RU 79	GASOLIO	Euro 4	7,49	29.372	253.990
RU 80	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.259	336.010
RU 81	GASOLIO	Euro 4	7,49	30.609	208.160
RU 82	GASOLIO	Euro 4	7,49	25.388	279.620
RU 83	GASOLIO	Euro 4	7,49	35.153	279.400
RU 84	GASOLIO	Euro 4	7,49	34.475	202.690
RU 85	GASOLIO	Euro 4	7,49	33.623	274.200
RU 86	GASOLIO	Euro 4	7,49	31.218	189.590
RU 87	GASOLIO	Euro 4	7,49	29.028	210.000
RU 88	GASOLIO	Euro 4	7,49	27.350	238.460
RU 89	GASOLIO	Euro 4	7,49	30.068	325.860
RU 90	GASOLIO	Euro 4	7,49	33.735	228.860
RU 91	GASOLIO	Euro 4	7,49	36.533	182.700
RU 92	GASOLIO	Euro 4	7,49	27.023	321.830
RU 93	GASOLIO	Euro 4	7,49	33.508	293.160
RU 94	GASOLIO	Euro 4	7,49	26.266	306.280
RU 95	GASOLIO	Euro 4	7,49	33.997	220.900
RU 96	GASOLIO	Euro 4	7,49	32.995	264.640

Allegato 2: Dati impiegati per la valutazione economica

Mezzo	Tipo di alimentazione	Distanza percorsa (Km)	Quantità combustibile (L gasolio o Kg metano)	Costo combustibile (€)	Costo acquisto mezzi (€)
ADV 01	GASOLIO	5.340	1.328,33	1.434,60	
ADV 02	METANO	20.647	4.653,11	4.434,64	79.000,00
ADV 03	METANO	18.567	5.380,53	5.120,82	79.000,00
ADV 04	METANO	20.997	3.810,32	3.630,54	79.000,00
ADV 05	METANO	21.506	4.751,85	4.511,20	79.000,00
ADV 06	METANO	8.629	1.872,70	1.792,75	79.000,00
ADV 07	METANO	22.398	4.855,41	4.620,00	79.000,00
ADV 09	METANO	20.526	5.294,70	5.034,96	79.000,00
ADV 10	METANO	23.426	5.393,03	5.119,54	79.000,00
ACM 03	GASOLIO	23.600	6.093,79	6.581,29	
ACM 35	GASOLIO	22.412	8.585,23	9.272,05	
ACM 36	GASOLIO	25.989	9.831,98	10.618,54	
ACM 37	GASOLIO	16.384	6.223,86	6.721,77	
ACM 38	GASOLIO	20.205	6.715,2	7.252,42	
ACM 39	GASOLIO	26.861	9.121,32	9.851,03	
ACM 40	GASOLIO	27.030	8.602,87	9.291,10	
ACM 41	GASOLIO	27.445	9.045,39	9.769,02	
ACM 42	GASOLIO	27.056	8.523,11	9.204,96	
ACM 43	GASOLIO	25.373	8.222,77	8.880,59	
ACM 44	GASOLIO	15.204	5.500,8	5.940,86	
ACM 45	GASOLIO	21.351	5.442,28	5.877,66	
ACM 46	GASOLIO	22.304	6.524,9	7.046,89	
ACM 47	GASOLIO	26.599	8.043,73	8.687,23	
ACM 49	GASOLIO	23.072	6.740,96	7.280,24	
ACM 50	GASOLIO	14.650	4.300,37	4.644,40	
ACM 51	GASOLIO	35.546	11.507,18	12.427,75	
ACM 52	GASOLIO	42.818	13.181,41	14.235,92	
TR 01	GASOLIO	108.174	37.846,33	40.874,04	
TR 04	GASOLIO	4.265	3.084,63	3.331,40	
TR 05	GASOLIO	632	1.708,63	1.845,32	
TR 06	GASOLIO	114.671	44.665,25	48.238,47	
TR 07	GASOLIO	117.556	43.591,71	47.079,05	
TR 08	GASOLIO	116.782	44.601,5	48.169,62	
TR 09	GASOLIO	96.271	37.106,61	40.075,14	
TR 10	GASOLIO	58.324	24.162,71	26.095,73	
PM 01	BENZINA/GPL	11.996	571,86 benzina	1.345,19	

Mezzo	Tipo di alimentazione	Distanza percorsa (Km)	Quantità combustibile (L gasolio o Kg metano)	Costo combustibile (€)	Costo acquisto mezzi (€)
			1.053,94 gpl		
PM 03	BENZINA/GPL	16.091	497,56 benzina	1.680,51	
			2.009,63 gpl		
PM 04	BENZINA/GPL	26.440	807,39 benzina	2.759,86	
			3.129,28 gpl		
PM 25	BENZINA/GPL	23.393	684,09 benzina	2.850,67	
			3.793,9 gpl		
PM 26	BENZINA/GPL	7.094	131,59 benzina	869,85	
			1.481,86 gpl		
RU 01	GASOLIO	5.212	816,28	881,58	
RU 10	GASOLIO	10.754	1.448,33	1.564,20	
RU 109	GASOLIO	35.018	7.615,58	8.224,83	
RU 110	GASOLIO	36.713	7.138,10	7.709,15	
RU 111	GASOLIO	31.178	7.035,96	7.598,84	
RU 112	GASOLIO	37.900	8.278,70	8.941,00	
RU 113	GASOLIO	27.187	6.435,45	6.950,29	
RU 114	GASOLIO	33.349	7.652,23	8.264,41	
RU 115	GASOLIO	27.367	6.160,03	6.652,83	
RU 116	GASOLIO	31.966	7.381,55	7.972,07	
RU 117	GASOLIO	22.145	6.079,17	6.565,50	
RU 118	GASOLIO	33.312	7.590,30	8.197,52	
RU 119	GASOLIO	36.751	7.995,13	8.634,74	
RU 120	GASOLIO	34.514	7.893,20	8.524,66	
RU 121	GASOLIO	27.579	6.603,55	7.131,83	
RU 122	GASOLIO	31.661	7.299,01	7.882,93	
RU 123	GASOLIO	30.260	7.065,26	7.630,48	
RU 124	GASOLIO	18.489	4.991,61	5.390,94	
RU 125	GASOLIO	30.616	7.359,63	7.948,40	
RU 126	GASOLIO	38.736	7.875,53	8.505,57	
RU 127	GASOLIO	35.195	7.314,76	7.899,94	
RU 128	GASOLIO	34.919	7.953,49	8.589,77	
RU 129	GASOLIO	35.934	7.282,71	7.865,33	
RU 130	GASOLIO	27.097	7.344,51	7.932,07	
RU 131	GASOLIO	31.737	7.582,17	8.188,74	
RU 132	GASOLIO	34.072	6.853,19	7.401,45	

Mezzo	Tipo di alimentazione	Distanza percorsa (Km)	Quantità combustibile (L gasolio o Kg metano)	Costo combustibile (€)	Costo acquisto mezzi (€)
RU 133	GASOLIO	30.984	6.744,19	7.283,73	
RU 134	GASOLIO	21.436	6.187,28	6.682,26	
RU 135	GASOLIO	20.392	5.862,29	6.331,27	
RU 136	GASOLIO	19.861	6.523,98	7.045,90	
RU 137	GASOLIO	15.516	4.980,21	5.378,63	
RU 138	GASOLIO	16.809	4.965,91	5.363,18	
RU 139	GASOLIO	16.451	6.278,96	6.781,28	
RU 140	GASOLIO	22.220	6.126,47	6.616,59	
RU 141	GASOLIO	20.235	6.195,17	6.690,78	
RU 142	GASOLIO	20.252	5.960,89	6.437,76	
RU 143	GASOLIO	20.075	6.600,97	7.129,05	
RU 144	GASOLIO	22.078	5.848,75	6.316,65	
RU 145	GASOLIO	23.454	6.797,68	7.341,49	
RU 146	GASOLIO	17.272	4.858,33	5.247,00	
RU 147	GASOLIO	14.483	5.176,12	5.590,21	
RU 148	GASOLIO	22.055	6.286,87	6.789,82	
RU 149	GASOLIO	18.075	5.826,17	6.292,26	
RU 150	GASOLIO	21.679	6.159,35	6.652,10	
RU 151	GASOLIO	22.648	6.257,43	6.758,02	
RU 152	GASOLIO	14.754	4.709,05	5.085,77	
RU 153	GASOLIO	15.754	5.159,09	5.571,82	
RU 154	GASOLIO	17.510	5.207,82	5.624,45	
RU 155	GASOLIO	21.116	5.793,19	6.256,65	
RU 157	GASOLIO	19.257	5.635,65	6.086,50	
RU 158	GASOLIO	20.643	6.022,52	6.504,32	
RU 159	GASOLIO	17.016	5.199,36	5.615,31	
RU 160	GASOLIO	21.689	6.752,54	7.292,74	
RU 161	GASOLIO	25.505	7.010,65	7.571,50	
RU 162	GASOLIO	24.322	6.415,46	6.928,70	
RU 163	GASOLIO	22.343	6.450,72	6.966,78	
RU 164	GASOLIO	21.274	5.659,56	6.112,32	
RU 165	GASOLIO	18.522	4.999,08	5.399,01	
RU 166	GASOLIO	25.409	6.285,57	6.788,42	
RU 167	GASOLIO	16.412	5.295,90	5.719,57	
RU 168	GASOLIO	20.724	5.990,57	6.469,82	
RU 169	GASOLIO	23.983	6.495,63	7.015,28	
RU 170	GASOLIO	18.777	6.086,89	6.573,84	
RU 171	GASOLIO	21.818	5.536,62	5.979,55	
RU 172	GASOLIO	23.303	7.185,24	7.760,06	

Mezzo	Tipo di alimentazione	Distanza percorsa (Km)	Quantità combustibile (L gasolio o Kg metano)	Costo combustibile (€)	Costo acquisto mezzi (€)
RU 173	GASOLIO	23.071	6.764,84	7.306,03	
RU 174	GASOLIO	20.596	5.703,84	6.160,15	
RU 175	GASOLIO	16.234	5.326,97	5.753,13	
RU 176	GASOLIO	27.590	7.289,15	7.872,28	
RU 177	GASOLIO	25.597	6.695,41	7.231,04	
RU 178	GASOLIO	21.656	5.759,55	6.220,31	
RU 179	GASOLIO	19.168	5.810,21	6.275,03	
RU 18	GASOLIO	12.284	1.772,51	1.914,31	
RU 180	GASOLIO	20.794	7.077,60	7.643,81	
RU 181	GASOLIO	16.716	6.202,66	6.698,87	
RU 182	GASOLIO	17.267	5.552,01	5.996,17	
RU 183	GASOLIO	24.627	5.774,62	6.236,59	
RU 184	GASOLIO	25.261	8.283,98	8.946,70	
RU 185	GASOLIO	21.932	6.711,12	7.248,01	
RU 186	GASOLIO	16.875	6.003,46	6.483,74	
RU 187	GASOLIO	17.473	5.772,68	6.234,49	
RU 188	GASOLIO	19.456	6.037,96	6.521,00	
RU 189	GASOLIO	32.299	8.491,10	9.170,39	
RU 19	GASOLIO	17.307	2.415,73	2.608,99	
RU 190	GASOLIO	17.199	5.517,16	5.958,53	
RU 191	GASOLIO	18.266	6.321,42	6.827,13	
RU 192	GASOLIO	22.555	5.342,95	5.770,39	
RU 193	GASOLIO	17.517	6.021,71	6.503,45	
RU 194	GASOLIO	18.435	5.670,67	6.124,32	
RU 195	GASOLIO	15.581	5.355,63	5.784,08	
RU 196	GASOLIO	23.955	6.453,42	6.969,69	
RU 197	GASOLIO	24.004	6.264,29	6.765,43	
RU 198	GASOLIO	22.799	6.606,44	7.134,96	
RU 199	GASOLIO	22.982	6.024,94	6.506,94	
RU 20	GASOLIO	23.738	3.631,24	3.921,74	
RU 200	GASOLIO	23.466	6.746,10	7.285,79	
RU 201	GASOLIO	21.728	5.746,72	6.206,46	
RU 202	GASOLIO	18.837	6.061,13	6.546,02	
RU 203	GASOLIO	26.173	7.339,77	7.926,95	
RU 204	GASOLIO	25.924	6.342,38	6.849,77	
RU 205	GASOLIO	20.719	6.509,14	7.029,87	
RU 206	GASOLIO	16.716	5.458,73	5.895,43	
RU 207	GASOLIO	20.822	6.141,03	6.632,31	
RU 208	GASOLIO	20.473	6.317,21	6.822,59	

Mezzo	Tipo di alimentazione	Distanza percorsa (Km)	Quantità combustibile (L gasolio o Kg metano)	Costo combustibile (€)	Costo acquisto mezzi (€)
RU 209	GASOLIO	27.437	6.782,59	7.325,20	
RU 21	GASOLIO	6.294	961,68	1.038,61	
RU 210	GASOLIO	21.612	5.567,78	6.013,20	
RU 211	GASOLIO	21.784	6.303,21	6.807,47	
RU 212	GASOLIO	22.153	6.026,07	6.508,16	
RU 213	GASOLIO	20.990	6.236,12	6.735,01	
RU 214	GASOLIO	19.242	5.937,87	6.412,90	
RU 215	GASOLIO	23.816	6.494,50	7.014,06	
RU 216	GASOLIO	18.392	6.067,25	6.552,63	
RU 217	GASOLIO	15.838	5.167,16	5.580,53	
RU 218	GASOLIO	21.410	6.247,29	6.747,07	
RU 219	GASOLIO	22.901	6.420,85	6.934,52	
RU 220	GASOLIO	20.646	6.026,28	6.508,38	
RU 221	GASOLIO	20.989	6.049,57	6.533,54	
RU 222	GASOLIO	34.314	6.841,33	7.388,64	
RU 223	GASOLIO	38.479	7.294,14	7.877,67	
RU 224	GASOLIO	29.888	7.020,01	7.581,61	
RU 225	GASOLIO	29.017	6.547,67	7.071,48	
RU 226	GASOLIO	36.589	7.380,47	7.970,91	
RU 227	GASOLIO	30.377	7.102,38	7.670,57	
RU 228	GASOLIO	31.511	6.465,79	6.983,05	
RU 229	GASOLIO	18.265	5.087,55	5.494,55	
RU 230	GASOLIO	2.665	512,34	553,33	
RU 232	GASOLIO	15.127	2.371,21	2.560,91	
RU 233	GASOLIO	16.137	2.483,51	2.682,19	
RU 234	GASOLIO	18.463	2.576,65	2.782,78	
RU 235	GASOLIO	20.805	3.166,19	3.419,49	
RU 236	GASOLIO	24.580	3.090,87	3.338,14	
RU 237	GASOLIO	23.629	3.382,78	3.653,40	
RU 238	GASOLIO	32.245	7.893,00	8.524,44	
RU 239	GASOLIO	31.468	7.597,49	8.205,29	
RU 24	GASOLIO	21.447	2.931,37	3.165,88	
RU 240	GASOLIO	28.777	7.620,88	8.230,55	
RU 241	GASOLIO	26.098	6.536,11	7.059,00	
RU 242	GASOLIO	22.269	6.817,85	7.363,28	
RU 243	GASOLIO	27.548	7.624,78	8.234,76	
RU 244	GASOLIO	22.435	6.640,89	7.172,16	
RU 245	GASOLIO	19.370	5.197,08	5.612,85	
RU 246	GASOLIO	20.745	6.655,35	7.187,78	

Mezzo	Tipo di alimentazione	Distanza percorsa (Km)	Quantità combustibile (L gasolio o Kg metano)	Costo combustibile (€)	Costo acquisto mezzi (€)
RU 247	GASOLIO	20.600	5.862,53	6.331,53	
RU 248	GASOLIO	22.514	6.631,67	7.162,20	
RU 249	GASOLIO	20.745	5.295,95	5.719,63	
RU 25	GASOLIO	26.316	3.849,74	4.157,72	
RU 250	GASOLIO	19.301	5.526,00	5.968,08	
RU 251	GASOLIO	21.374	6.132,90	6.623,53	
RU 252	GASOLIO	20.534	5.893,55	6.365,03	
RU 253	GASOLIO	26.800	7.399,48	7.991,44	
RU 254	GASOLIO	19.267	5.805,40	6.269,83	
RU 255	GASOLIO	25.859	7.362,85	7.951,88	
RU 256	GASOLIO	25.599	7.029,47	7.591,83	
RU 257	GASOLIO	22.345	6.209,21	6.705,95	
RU 258	GASOLIO	24.212	6.770,51	7.312,15	
RU 259	GASOLIO	23.503	6.242,53	6.741,93	
RU 26	GASOLIO	19.871	2.812,51	3.037,51	
RU 260	GASOLIO	26.744	6.533,21	7.055,87	
RU 261	GASOLIO	23.616	6.739,30	7.278,44	
RU 262	GASOLIO	18.873	5.454,79	5.891,17	
RU 263	GASOLIO	21.208	6.036,30	6.519,20	
RU 264	GASOLIO	20.686	5.740,05	6.199,25	
RU 265	GASOLIO	19.674	5.689,00	6.144,12	
RU 266	GASOLIO	20.108	5.852,41	6.320,60	
RU 267	GASOLIO	25.290	7.099,64	7.667,61	
RU 268	GASOLIO	25.285	7.516,78	8.118,12	
RU 269	GASOLIO	19.234	6.120,58	6.610,23	
RU 270	GASOLIO	22.108	5.917,98	6.391,42	
RU 271	GASOLIO	19.187	6.086,01	6.572,89	
RU 272	GASOLIO	19.548	6.265,71	6.766,97	
RU 273	GASOLIO	22.659	6.704,10	7.240,43	
RU 274	GASOLIO	19.150	5.480,66	5.919,11	
RU 275	GASOLIO	20.508	5.462,53	5.899,53	
RU 276	GASOLIO	21.228	6.497,16	7.016,93	
RU 277	GASOLIO	20.494	6.285,28	6.788,10	
RU 278	GASOLIO	22.445	6.849,72	7.397,70	
RU 279	GASOLIO	17.044	5.034,30	5.437,04	
RU 280	GASOLIO	26.416	6.953,95	7.510,27	
RU 281	GASOLIO	21.571	6.536,27	7.059,17	
RU 282	GASOLIO	24.113	7.074,79	7.640,77	
RU 283	GASOLIO	20.338	5.774,99	6.236,99	

Mezzo	Tipo di alimentazione	Distanza percorsa (Km)	Quantità combustibile (L gasolio o Kg metano)	Costo combustibile (€)	Costo acquisto mezzi (€)
RU 284	GASOLIO	21.916	6.025,92	6.507,99	
RU 285	GASOLIO	18.588	6.433,59	6.948,28	
RU 30	GASOLIO	13.096	3.736,12	4.035,01	
RU 31	GASOLIO	14.262	3.326,80	3.592,94	
RU 32	GASOLIO	16.399	4.492,68	4.852,09	
RU 33	GASOLIO	20.554	5.034,31	5.437,05	
RU 34	GASOLIO	14.700	4.879,56	5.269,92	
RU 35	GASOLIO	15.040	4.649,38	5.021,33	
RU 36	GASOLIO	20.403	4.781,96	5.164,52	
RU 38	GASOLIO	25.028	5.949,00	6.424,92	
RU 39	GASOLIO	17.456	7.545,51	8.149,15	
RU 40	GASOLIO	28.825	6.658,64	7.191,33	
RU 41	GASOLIO	24.590	6.648,20	7.180,06	
RU 42	GASOLIO	37.946	8.919,53	9.633,09	
RU 43	GASOLIO	31.377	6.950,03	7.506,03	
RU 44	GASOLIO	34.279	8.650,41	9.342,44	
RU 45	GASOLIO	26.442	6.524,26	7.046,20	
RU 46	GASOLIO	31.219	7.170,45	7.744,09	
RU 47	GASOLIO	30.923	8.234,34	8.893,09	
RU 48	GASOLIO	26.794	7.074,35	7.640,30	
RU 49	GASOLIO	27.867	7.086,81	7.653,75	
RU 50	GASOLIO	32.367	6.936,38	7.491,29	
RU 51	GASOLIO	36.745	7.314,35	7.899,50	
RU 52	GASOLIO	29.188	6.998,93	7.558,84	
RU 53	GASOLIO	24.745	7.237,71	7.816,73	
RU 54	GASOLIO	30.954	7.519,48	8.121,04	
RU 55	GASOLIO	34.133	7.396,98	7.988,74	
RU 56	GASOLIO	31.233	6.928,86	7.483,17	
RU 57	GASOLIO	28.123	6.322,62	6.828,43	
RU 58	GASOLIO	31.138	7.720,67	8.338,32	
RU 59	GASOLIO	31.722	6.917,69	7.471,11	
RU 60	GASOLIO	34.002	7.705,39	8.321,82	
RU 61	GASOLIO	33.820	7.537,83	8.140,86	
RU 62	GASOLIO	31.123	6.893,05	7.444,49	
RU 63	GASOLIO	30.848	7.204,98	7.781,38	
RU 64	GASOLIO	26.800	5.903,95	6.376,27	
RU 65	GASOLIO	28.805	6.768,55	7.310,03	
RU 66	GASOLIO	33.269	7.676,91	8.291,06	
RU 67	GASOLIO	29.187	7.153,51	7.725,79	

Mezzo	Tipo di alimentazione	Distanza percorsa (Km)	Quantità combustibile (L gasolio o Kg metano)	Costo combustibile (€)	Costo acquisto mezzi (€)
RU 68	GASOLIO	13.917	3.311,54	3.576,46	
RU 69	GASOLIO	27.554	6.688,31	7.223,37	
RU 70	GASOLIO	26.400	6.803,32	7.347,59	
RU 71	GASOLIO	34.228	7.892,68	8.524,09	
RU 72	GASOLIO	24.602	5.997,94	6.477,78	
RU 73	GASOLIO	27.071	7.052,73	7.616,95	
RU 74	GASOLIO	28.830	7.022,82	7.584,65	
RU 75	GASOLIO	31.297	7.094,72	7.662,30	
RU 76	GASOLIO	32.278	7.773,10	8.394,95	
RU 77	GASOLIO	24.803	5.839,83	6.307,02	
RU 78	GASOLIO	28.058	7.630,42	8.240,85	
RU 79	GASOLIO	29.372	7.113,98	7.683,10	
RU 80	GASOLIO	31.259	8.091,69	8.739,03	
RU 81	GASOLIO	30.609	6.744,39	7.283,94	
RU 82	GASOLIO	25.388	6.146,37	6.638,08	
RU 83	GASOLIO	35.153	8.252,94	8.913,18	
RU 84	GASOLIO	34.475	8.059,02	8.703,74	
RU 85	GASOLIO	33.623	7.681,35	8.295,86	
RU 86	GASOLIO	31.218	7.055,16	7.619,57	
RU 87	GASOLIO	29.028	7.575,39	8.181,42	
RU 88	GASOLIO	27.350	6.699,50	7.235,46	
RU 89	GASOLIO	30.068	6.680,58	7.215,03	
RU 90	GASOLIO	33.735	8.232,55	8.891,15	
RU 91	GASOLIO	36.533	9.069,54	9.795,10	
RU 92	GASOLIO	27.023	6.716,80	7.254,14	
RU 93	GASOLIO	33.508	7.557,01	8.161,57	
RU 94	GASOLIO	26.266	6.426,84	6.940,99	
RU 95	GASOLIO	33.997	7.535,59	8.138,44	
RU 96	GASOLIO	32.995	9.029,70	9.752,08	

Ringraziamenti

Per la realizzazione di questo progetto di tesi vorrei ringraziare tutte le persone che mi hanno affiancato e consigliato durante la definizione e stesura dell'elaborato oltre che sostenuto con la loro costante presenza e professionalità.

Vorrei iniziare dal ringraziare la mia relatrice, Dott.ssa Elena Semenzin, e i correlatori Lisa, Alex ed Elisa che mi hanno aiutata e seguita durante il progetto di tesi, dedicandomi una parte del loro tempo, trasmettendomi tutto il loro bagaglio culturale e la loro passione per la ricerca.

Chiudendo il mio percorso di studi con questo progetto vorrei ringraziare inoltre l'università Cà Foscari per i bellissimi due anni di corso di laurea magistrale che mi hanno permesso di approfondire il mio percorso di studio iniziato con la triennale, affiancata da professori molto specializzati, in grado di trasmettere con professionalità e passione tutta la loro conoscenza per le materie insegnate.

Un grazie particolare all'Azienda Contarina, al Dott. Paolo Cremona e ad Alessandro Sandel che mi hanno affiancata nell'inserimento in Azienda e in questo progetto di tesi, permettendomi di condurre una ricerca su una ditta fortemente radicata nel territorio in cui vivo e che ho visto personalmente nascere e svilupparsi. Vorrei ringraziare anche tutti i colleghi dell'ufficio ed in particolare Paolo, Cristian e Marco per avermi aiutata nella ricerca di dati ed informazioni, mettendosi sempre a disposizione e soprattutto per avermi fatto vivere questa esperienza di tirocinio sempre con il sorriso.

Con questo lavoro di tesi vorrei ringraziare anche la mia famiglia che mi ha sempre sostenuta e consigliata durante il percorso di studi, manifestandomi ogni giorno la loro presenza e supporto.

Ed infine un grazie speciale a Mattia che mi è sempre stato vicino molto pazientemente durante il percorso universitario dandomi tutta la serenità per affrontare e portare a termine gli studi.