

Commissario Straordinario per la realizzazione
della Piattaforma Europa del Porto di Livorno

Ufficio Tecnico

Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale
Scali Rosciano, 6 - 57123 Livorno, Italia

PROGETTAZIONE ESECUTIVA E REALIZZAZIONE DELLE OPERE
MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA NUOVA
PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA

R.U.P.:	Ing. Enrico Pribaz	Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche:
D.L.:	Ing. Matteo Baroni	Dott. Ing. Filippo Busola
Supporto al R.U.P.:	Ing. Ilaria Lotti / Ing. Pietro Chiavaccini / Ing. Andrea Carli	
Direttore operativo:	Arch. Raul Raffalli	
C.S.E.:	Geom. Fabio Verzoni	

CONTRAENTE GENERALE: R.T.I.

Mandataria:



PROGETTISTI: R.T.P.

Mandataria:



PROTOCOLLO:

DATA: Aprile 2024

TITOLO ELABORATO:

Allegato 2 - Valutazione della Carbon Footprint

NOME FILE:

1233-PE-0-0-AMB-R-020(2)-0.docx

SCALA:

/

CODICE ELABORATO:

1233-PE-0-0-AMB-R-020(2)-0

FORMATO:

A4

0	Prima emissione	Aprile 2024		BEANI	MAGATTI	BUSOLA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Carbon Footprint relativa alla realizzazione delle opere marittime di difesa e dei dragaggi nella fase di attuazione della piattaforma Europa

CFP Report, edizione 1

Aprile 2024

Studio svolto con il supporto tecnico di:



Sommario

- 1. Introduzione 3**
- 2. Metodologia LCA e Dichiarazione Ambientale di Prodotto 3**
- 3. Descrizione dell’organizzazione e dei prodotti oggetto di studio 4**
- 4. Obiettivo e scopo dello studio 5**
 - 4.1 Unità dichiarata 6
 - 4.2 Confini del sistema 6
 - 4.3 Qualità dei dati e confini temporali dello studio 7
- 5. Analisi dell’inventario 8**
 - 5.1 Fase di upstream 8
 - 5.2 Fase Core 9
- 6. Procedure di allocazione e cut-off 10**
- 7. Valutazione dell’impatto 11**
- 8. Intepretazione e conclusioni 14**
 - 8.1 Conclusione 14
- 9. Riferimenti 15**
- 10. Allegato A – Dati utilizzati per lo studio 16**
- 11. Allegato B – Database e processi utilizzati per lo studio 17**

1. Introduzione

Il presente documento illustra la valutazione della Carbon Footprint condotta per quantificare le emissioni di gas ad effetto serra generate dal cantiere previsto per la realizzazione delle opere marittime di difesa e dei dragaggi nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma Europa nel porto di Livorno.

Lo studio è stato eseguito conformemente alla ISO 14067 e finalizzato a fornire uno strumento per lo sviluppo della Carbon Footprint di Prodotto.

Nello specifico, lo studio ha lo scopo valutare l'impatto climatico dovuto alla realizzazione di una serie di opere sia marittime che di dragaggio nel porto di Livorno in una logica di ciclo di vita, dalla produzione dei materiali utilizzati fino al loro smaltimento, escludendone l'impatto derivante dall'uso e dal fine vita delle opere, identificando gli impatti emissivi previsti per le diverse attività di cantiere e nel suo complesso.

Il referente dello studio CFP è l'ing. Giulia Bragantini di Technital S.p.A.

2. Metodologia LCA e Dichiarazione Ambientale di Prodotto

La **Carbon Footprint** rappresenta l'impronta climatica di un prodotto, di un progetto, di un servizio o di un'intera organizzazione ed è quantificata attraverso il calcolo di tutte le emissioni di gas ad effetto serra associate alle diverse fasi del suo ciclo di vita.

Una valutazione CF è basata sulla metodologia tecnica della valutazione del ciclo di vita LCA (Life Cycle Assessment), metodologia consolidata e regolamentata dalle norme UNI ISO 14040:2021 e UNI ISO 14044:2021, che analizza il ciclo di vita di un sistema nell'ambito di 4 step fondamentali:

1. definizione dell'obiettivo e campo di applicazione: fase in cui si definiscono lo scopo dello studio ed i confini del sistema, il contesto temporale e geografico, dichiarando gli approcci seguiti e i modelli di calcolo impiegati, giustificando le ipotesi, le scelte e le eventuali esclusioni. Si identificano inoltre le fasi del ciclo di vita incluse nello studio, illustrate anche con diagrammi di flusso, e si definisce l'unità funzionale (U.F.), una quantità misurabile che rappresenta la funzione svolta dal sistema in esame e rispetto alla quale vengono normalizzati tutti i flussi del ciclo di vita;
2. analisi dell'inventario: fase in cui sono raccolti (e riferiti all'U.F.) i dati relativi a tutti i flussi di materia ed energia in entrata e in uscita dal sistema di prodotto, eseguendo le opportune procedure di allocazione dei flussi secondo specifici criteri basati su relazioni fisiche, in base alla massa o all'energia, o relazioni economiche, come il prezzo di mercato;
3. valutazione degli impatti: fase in cui i dati dell'inventario vengono raggruppati secondo categorie di impatto ed elaborati tramite appropriati metodi di valutazione, ottenendo un indicatore o un set di indicatori per la quantificazione degli impatti ambientali;
4. interpretazione e miglioramento: i risultati vengono analizzati secondo l'obiettivo da perseguire, ad esempio, identificando i contributi significativi dei singoli processi rispetto all'impatto totale

generato, formulando considerazioni e fornendo eventuali raccomandazioni per il miglioramento del ciclo di vita in un'ottica eco-sostenibile.

Esistono differenti approcci con cui condurre una valutazione di ciclo di vita, che determinano i confini del sistema da studiare:

- dalla culla alla tomba (cradle-to-grave): l'analisi include l'estrazione delle materie prime, il trasporto delle materie al sito di produzione, la produzione dei materiali, la distribuzione all'utilizzatore, la fase di uso, gestione e manutenzione e la fase di dismissione e smaltimento;
- dalla culla al cancello (cradle-to-gate): l'analisi inizia dall'estrazione delle materie prime, al trasporto allo stabilimento e si conclude con il processo di produzione dei materiali;
- dal cancello al cancello (gate-to-gate): l'analisi si limita solo ai processi che avvengono nel sito di produzione;
- dalla culla alla culla (cradle-to-cradle): l'analisi comprende tutte le fasi del ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento, includendo i processi di riciclo, riutilizzo e/o recupero dei materiali a fine vita come "materie prime seconde".

LCA rappresenta un supporto fondamentale allo sviluppo di schemi di Etichettatura Ambientale e, in particolare, il principale strumento metodologico atto ad ottenere una Carbon Footprint di Prodotto (CFP), ovvero un'etichetta ambientale di tipo III. Questa tipologia di dichiarazioni, per definizione, quantificano gli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto e contengono informazioni oggettive, confrontabili e credibili relativamente al prodotto stesso, proprio grazie all'utilizzo dell'LCA svolta secondo lo standard ISO 14067.

Lo studio è stato svolto utilizzando come riferimento utile la "PCR Prodotti da costruzione e servizi per costruzioni da EPD Italy ICMQ-001-15_Rev 2.1" che recepisce la EN 15804:2012+A2:2019, che identifica e documenta l'obiettivo ed il campo di applicazione delle informazioni basate su LCA per la categoria di prodotto. Nello specifico, la suddetta PCR è stata recepita ma il seguente report non è totalmente conforme in quanto nell'upstream gli imballaggi non sono stati contabilizzati poiché trascurabili e difficilmente quantificabili rispetto ai prodotti acquistati.

3. Descrizione dell'organizzazione e dei prodotti oggetto di studio

L'azienda italiana Technital S.p.A. è specializzata in servizi di ingegneria per grandi opere, che fornisce servizi di consulenza per pubbliche amministrazioni e per enti privati. Numerosi sono i settori di attività di cui la società funge da consulente: infrastrutture di trasporto, idraulica, ingegneria marittima e costiera, ingegneria sanitaria e ambientale, edifici e architettura.

L'azienda copre l'intera gamma di servizi, dalla pianificazione e studi di fattibilità fino alla progettazione esecutiva, direzione lavori e assistenza tecnica.

Nello specifico, **lo scopo di questa valutazione è la quantificazione delle emissioni di gas ad effetto serra (carbon footprint) generate dal cantiere volto alla realizzazione delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della piattaforma Europa.**

L'intervento in progetto riguarda le opere in accordo con il Piano Regolatore Portuale approvato, ai sensi dell'art. 5, comma 3, della legge 28 gennaio 1994 n. 84, con Delibera del Consiglio Regionale n. 36 in data 25.3.2015 e secondo l'articolazione degli interventi indicata nel documento "La nuova articolazione delle fasi attuative del PRP per le aree di espansione a mare denominate "Piattaforma Europa" - settembre 2020".

L'intervento va contestualizzato nelle linee di sviluppo previste dal Piano Regolatore Portuale, all'interno delle quali viene individuata la primaria importanza dell'apertura dell'imboccatura Nord, per risolvere le criticità legate alla sicurezza della navigazione, e la propedeuticità alla realizzazione del nuovo terminal container, per il rilancio della competitività dello scalo livornese.

La nuova imboccatura e il nuovo canale di accesso permetteranno di suddividere i traffici navali transitanti in porto tra l'imboccatura Sud e la nuova imboccatura Nord, separandoli per tipologia (traffici commerciali – traffici crociere e passeggeri) e riducendo i rischi derivanti dal traffico intenso e promiscuo. Diminuiranno parimenti i percorsi di manovra, i tempi di transito delle navi e si allontaneranno i traffici "potenzialmente pericolosi" dalle aree turistiche e dalla città.

4. Obiettivo e scopo dello studio

Il presente studio CFP rappresenta la valutazione dell'impronta ambientale del cantiere sopra descritto.

Lo scopo dello studio è la valutazione del profilo ambientale in termini di impatto di CO₂e, considerando gli impatti associati al suo ciclo di vita, all'impatto dei materiali acquistati, ai carburanti utilizzati per la messa in opera fino all'impatto della dismissione dei rifiuti, ai fini di una analisi dettagliata degli stessi.

La valutazione è stata svolta seguendo le normative di riferimento per l'analisi del ciclo di vita (ISO 14040:2021 e ISO 14044:2021) e gli altri documenti di riferimento già citati in introduzione (ISO 14067:2018 e PCR EN 15804:2012+A2:2019).

È stato adottato un approccio "cradle to gate" e le elaborazioni sono state eseguite tramite l'ausilio del software SimaPro v.9.4 e il database Ecoinvent 3.8.1.

Nello specifico l'approccio utilizzato nel seguente studio è in conformità con quanto definito nella PCR di riferimento in cui sono state considerate solo le fasi A1:A3 escludendo così il downstream essendo la vita utile dell'opera civile molto lunga ed essendo quindi molto complessa da stimare.

La valutazione degli impatti è eseguita quindi in riferimento alla categoria Cambiamenti Climatici, così come definito nell'ultimo report dell'IPCC in cui sono definiti i valori di inventario da utilizzare "2023 Refinement to the 2021 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" caratterizzando i gas serra in funzione del loro potenziale di riscaldamento globale (GWP, Tabella 1), così da ottenere le emissioni di anidride carbonica equivalente (CO₂e) considerando solamente i GHGs sotto definiti in quanto gli altri non sono prodotti dal cantiere e quindi esclusi.

Tabella 1 Potenziale di riscaldamento globale (GWP) dei principali gas serra utilizzati

Gas serra	Formula chimica	GWP*
Anidride Carbonica	CO ₂	1
Metano	CH ₄	29,8
Protossido di Azoto	N ₂ O	273

* fonte: IPCC VI° Assessment Report (AR6)

4.1 Unità dichiarata

L'unità dichiarata dello studio è costituita da **1 cantiere, valutato lungo tutta la sua durata fino al completamento della costruzione dell'opera finale**. Tutte le indicazioni circa i flussi di materia, energia e rifiuti sono riferiti alla sopra definita unità dichiarata.

Gli imballaggi dei materiali in ingresso sono stati esclusi dallo studio in quanto trascurabili rispetto ai quantitativi di materiali analizzati.

4.2 Confini del sistema

Rispetto ai confini di sistema, si è considerato e quindi valutato in termini di impatto emissivo tutto il cantiere nel porto di Livorno a partire dall'acquisto dei materiali, al loro trasporto in cantiere e la costruzione delle opere previste fino alla produzione dei rifiuti.

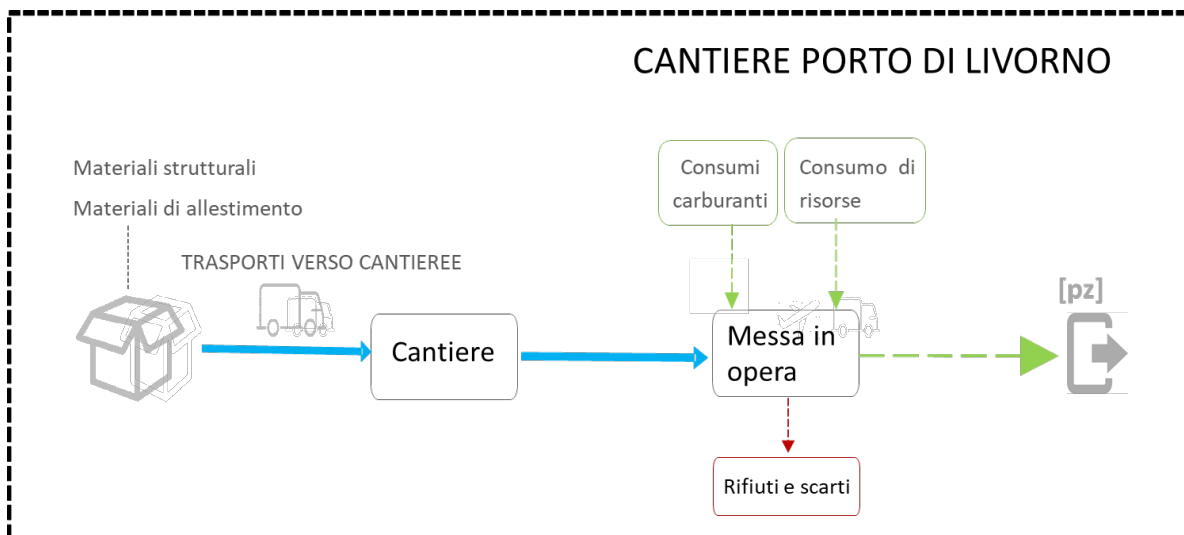
Nello specifico, le attività previste dal cantiere, in termini di nuove opere o dismissione delle esistenti, sono le seguenti:

- Realizzazione di un nuovo molo di sopraflutto (diga nord);
- Riconfigurazione della diga del Marzocco (diga sud);
- Smontaggio e riconfigurazione del tratto settentrionale della diga della Meloria (nuova diga della Meloria);
- Dragaggio per bonifica dell'imbasamento;
- Approfondimento dei fondali del canale di accesso;
- Realizzazione dei bacini/darsene interne (darsena del nuovo terminal container e fondali retrostanti la nuova diga delle Meloria).

I confini del sistema comprendono:

- UPSTREAM: Produzione materiali e trasporto al cantiere;
- CORE: Messa in opera, produzione e trasporto scarti di lavorazione.

La fase downstream come già definito nel paragrafo 4.1 precedente è stata esclusa dallo studio.



UPSTREAM

Nella fase upstream è stato valutato innanzitutto l’impatto dei materiali acquistati dall’azienda necessari alla costruzione delle opere civili ed il loro trasporto avvenuto sia via terra che via mare.

CORE

Nella fase core sono stati considerati gli impatti dovuti all’utilizzo dei carburanti per i mezzi d’opera, i rifiuti prodotti come scarti di lavorazione ed il loro trasporto a discarica.

4.3 Qualità dei dati e confini temporali dello studio

L’affidabilità dei dati utilizzati in uno studio CFP costituisce un elemento fondamentale ai fini della attendibilità dei risultati in termini di valutazione dell’impatto. Le tipologie di dati impiegabili sono sostanzialmente due:

- Dati primari (o sito-specifici), raccolti direttamente sul sito di produzione, da impianti specifici posseduti o controllati dall’azienda di riferimento o da un’azienda che si trova all’interno della sua catena logistica;
- Dati secondari, derivati dalla letteratura tecnica e/o scientifica di riferimento o disponibili da opportune banche dati.

Nell’ambito del presente studio i dati di attività sono quasi interamente di tipo primario, ovvero definiti per lo specifico sito e forniti direttamente dall’azienda, nonostante siano stati stimati e calcolati sulla base dei dati previsionali dal momento che il cantiere non è ancora in essere.

I dati secondari sono riferiti a database aggiornati e specifici o alla letteratura tecnica di riferimento più aggiornata, per garantire un buon livello di affidabilità.

Per la modellazione delle unità di processo incluse nei confini del sistema sono dunque stati utilizzati tali dati di attività (ricostruzione flussi in ingresso e in uscita per la singola unità di processo), unitamente ai processi inclusi all'interno del database Ecoinvent v.3.8.1 (approssimazione del singolo processo tecnologico).

Le indicazioni di dettaglio in merito ai dati ed alle scelte operate in fase di modellazione sono riportate nei capitoli successivi e nell'Allegato B.

L'anno di riferimento per lo studio CFP è il 2024: tale indicazione è data sulla base del fatto che il cantiere sarà avviato nel corso di questo anno (si precisa comunque che il cantiere avrà una durata prevista di circa 5 anni).

L'azienda ha definito dati puntuali in termini quantitativi rispetto alle materie prime da acquistare per le lavorazioni e per il loro approvvigionamento in termini di conoscenza delle distanze e della tipologia di logistica, aspetti che garantiscono una buona precisione e completezza del report.

Per quanto riguarda i mezzi utilizzati, sono stati puntualmente forniti dall'azienda i dati rispetto alle ore di utilizzo, la tipologia dei mezzi e le loro caratteristiche tecniche. È stato tuttavia necessario fare delle ipotesi rispetto al consumo di carburante dei diversi mezzi d'opera in funzione della loro potenza e della tipologia. Anche i dati rispetto agli scarti di lavorazione ed al loro trasporto in discarica sono stati puntualmente definiti dall'azienda.

Conoscendo quindi nello specifico i consumi dei carburanti dei mezzi, tale dato in termini di completezza e rappresentatività tecnologica, temporale e geografica è considerato ottimo.

La rappresentatività geografica del calcolo è ritenuta sufficiente in quanto non tutti i processi estratti da Ecoinvent sono riferiti specificatamente all'Italia o all'Europa: in alcuni casi sono stati utilizzati infatti fattori di emissioni su scala globale (definiti RoW, resto del mondo).

Quindi riassumendo è possibile dire che la precisione, la completezza e la rappresentatività tecnologica, temporale e geografica, la consistenza, completezza e riproducibilità dei dati sono considerate buone in quanto i dati forniti dall'azienda sono dati primari e derivanti da cantieri simili. Le principali limitazioni derivano dall'incertezza dei dati forniti relativi al consumo specifico in termini di litri di carburante utilizzati dai mezzi aziendali in quanto non è possibile conoscerlo a priori, prima dell'effettiva costruzione dell'opera. L'ambito geografico dello studio è relativo all'Italia, a cui si riferiscono tutti i flussi di materia, trasporto ed energia elettrica; nello specifico la sede di costruzione è il porto di Livorno.

5. Analisi dell'inventario

Il presente paragrafo riporta la suddivisione per fasi del ciclo di vita delle diverse attività considerate ai fini della valutazione dell'impatto, con indicazione dei relativi dati di attività utilizzati e della loro specifica tipologia (primari o secondari).

Una sintesi dell'inventario è invece riportata in Allegato A.

5.1 Fase di upstream

In questa fase sarà conteggiato l'impatto dovuto alla produzione dei materiali acquistati ed al loro trasporto fino al cantiere sia via terra che via mare.

In Tabella 2 sono riportate le tipologie di dati di attività raccolti per ognuna delle suddette attività.

Tabella 1 Dati di attività raccolti per la fase upstream

Attività	Dati raccolti	Qualità dei dati
Estrazione materie prime e produzione materiali/semilavorati/prodotti accessori	Tipologia di materiale Quantità di materiale in ingresso	Dato primario
Trasporto prodotto	Distanza percorsa Quantità di materiale trasportato	Dato primario

Assunzioni fase upstream

Tutti i prodotti sono stati definiti puntualmente in termini quantitativi così come la distanza specifica coperta dalla logistica necessaria al loro trasporto fino al cantiere. L’unica ipotesi fatta in fase upstream è relativa agli imballaggi di tali prodotti che non sono stati conteggiati in quanto ritenuti trascurabili rispetto all’impatto dei materiali stessi oltre che di difficile ipotesi.

Per la valutazione dell’impatto del trasporto dei prodotti si è considerata la distanza effettiva dal fornitore dell’azienda fino alla sede del cantiere supponendo il trasporto su gomma modellato con camion EURO 5 (Caso peggiorativo) mentre il trasporto in mare è stato modellato assumendo il trasporto in container. Nello specifico, il calcolo dei trasporti è stato modellato conoscendo i km ed il peso di materiale trasportato per ciascun viaggio ottenendo così le tkm (tonnellate * km).

5.2 Fase Core

Le attività incluse in questa fase del ciclo di vita riguardano le emissioni associate all’utilizzo di carburanti nei mezzi aziendali per la fase operativa, alla produzione e al trasporto degli scarti di lavorazione fino in discarica.

In Tabella 3 sono riportate le tipologie di dati di attività raccolti per la fase di costruzione.

Tabella 3 Dati di attività raccolti per la fase core

Attività	Dati raccolti	Qualità dei dati
Messa in opera	Tipologia di mezzo Carburanti consumati	Dato primario Dato secondario
Scarti di lavorazione prodotti	Tipologia rifiuto	Dato primario
Trasporto scarti di lavorazione	Trasporto scarti di lavorazione	Dato primario

Assunzioni fase core

Per quanto riguarda la messa in opera dei materiali e quindi la costruzione delle opere civili, a partire dalla tipologia di mezzi aziendali, le loro caratteristiche e la conoscenza della stima delle ore di utilizzo è stato possibile ricavare per ciascun mezzo il quantitativo di carburante utilizzato.

Nello specifico, si è assunto per tutti i mezzi di terra ed il galleggiante l'utilizzo di gasolio mentre per la motonave, la draga e l'imbarcazione rilievi il carburante è stato modellato in Ecoinvent come MGO.

Per quanto riguarda i mezzi di terra i cui km non sono stati forniti, a partire dalla conoscenza delle ore lavorate e della potenza del mezzo è stato possibile ricavare i litri di carburante consumato moltiplicando per il fattore di conversione 130 g/h/kW^1 e per la densità del gasolio pari a $0,84 \text{ kg/l}^2$.

Per quanto riguarda invece i mezzi nautici, i litri di carburante sono stati stimati conoscendo anche in questo caso le ore lavorate e la potenza dei mezzi che sono state moltiplicate per il fattore $0,45 \text{ l/hp/kW}$.

Per quanto riguarda la modellazione dei trasporti degli scarti di lavorazione, le distanze sono state fornite dall'azienda e la modellazione in Ecoinvent anche in questo caso è stata fatta utilizzando un camion EURO 5. Nello specifico, per quanto riguarda gli inerti derivanti da cls questi vengono trasportati al centro di recupero inerti Livornese mentre il geotessuto finisce interamente in discarica.

In base all'approccio Polluter Pays indicato nei documenti di riferimento e adottato in via cautelativa, per quanto riguarda i rifiuti prodotti dagli scarti di lavorazione, si sono esclusi i benefici ambientali associati al riciclo.

6. Procedure di allocazione e cut-off

I dati primari e secondari utilizzati per il calcolo della CFP sono stati allocati all'unità funzione di 1 cantiere. I flussi associati al ciclo di produzione dei materiali acquistati sono stati soggetti ad allocazione per massa; lo stesso è stato fatto per i trasporti, i mezzi ed i rifiuti prodotti.

Non sono stati applicati specifici criteri di cut-off ai dati di inventario e quindi sono stati considerati il 100% dei flussi di inventario.

Sono state escluse nella seguente CFP le emissioni dovute ai servizi accessori forniti dagli uffici dell'azienda che in qualche modo offrono il supporto alla parte operativa in quanto totalmente trascurabili al fine della valutazione di impatto.

Sono stati esclusi nel seguente studio l'impatto dovuto alla fase downstream; quindi, alle fasi di uso e manutenzione che non è possibile prevedere.

¹ Università La Sapienza – corso di Motori per Aeromobili.

² Rapporto sugli usi energetici in ENEA.

7. Valutazione dell'impatto

Le categorie di impatto, gli indicatori e i metodi impiegati nel presente studio sono riportati nella seguente Tabella 4. Nello specifico, l'indicatore *GHG emissions and removals* è la somma di tutti gli indicatori sotto definiti che caratterizzano solamente differenti tipi di fonte emissiva.

Tabella 4 Categorie d'impatto, indicatori e modelli di caratterizzazione impiegati nello studio

Categoria d'impatto	Indicatore d'impatto	Unità di misura	Metodi
GHG emissions and removals	GWP-total	kgCO₂e/UD	Baseline model of 100 years of the IPCC based on IPCC 2021
Net fossil GHG emissions and removals	GWP-fossil	kgCO ₂ e/UD	Baseline model of 100 years of the IPCC based on IPCC 2021
Biogenic GHG emissions and removals	GWP-biogenic	kgCO ₂ e/UD	Baseline model of 100 years of the IPCC based on IPCC 2021
GHG emissions and removals from dLUC	GWP-luluc	kgCO ₂ e/UD	Baseline model of 100 years of the IPCC based on IPCC 2021
GHG emissions from aircraft transportation	GWP - aircraft	kgCO ₂ e/UD	Baseline model of 100 years of the IPCC based on IPCC 2021

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati dello studio della CFP in riferimento all'indicatore GHG emissions and removals previsto per la dichiarazione CFP.

Nello specifico, nella Tabella 5 sono presenti tutti i contributi definiti nelle Tabelle 2 e 3.

Tabella 5 Dettaglio suddivisione emissioni GHG

Attività UPSTREAM	Unità	Emissioni	Incidenza %
Ghiaia	tCO ₂ e/UD	62.025,90	10,06%
Geogriglie in PE	tCO ₂ e/UD	24.680,19	4,00%
Geotessile in PE	tCO ₂ e/UD	729,95	0,12%
Massi naturali	tCO ₂ e/UD	10.123,30	1,64%
Massi artificiali in cls	tCO ₂ e/UD	71.061,30	11,52%
Cemento tipo III	tCO ₂ e/UD	15.975,75	2,59%
Acqua di pozzo	tCO ₂ e/UD	76,52	0,01%

Sabbia fine	tCO2e/UD	1.424,12	0,23%
Acciaio	tCO2e/UD	7.547,55	1,22%
Geomembrana in HDPE	tCO2e/UD	16.623,02	2,70%
CLS magrone	tCO2e/UD	21,23	< 0,01%
Profili in acciaio inox	tCO2e/UD	46,83	0,01%
Tubazioni di scarico in cls	tCO2e/UD	75,72	0,01%
Pozzetti in cls	tCO2e/UD	48,98	0,01%
Tubazioni in PE	tCO2e/UD	144,42	0,02%
Biostuoie in fibre di cocco	tCO2e/UD	0,04	< 0,01%
Materassi rivegetativi	tCO2e/UD	3,49	< 0,01%
Geogriglie in PP	tCO2e/UD	212,04	0,03%
Trasporto con camion EURO 5	tCO2e/UD	54.170,55	8,78%
Trasporto con betoniera	tCO2e/UD	0,48	< 0,01%
Trasporto con nave	tCO2e/UD	6.379,06	1,03%
Attività CORE	Unità	Emissioni	Incidenza %
Escavatore	tCO2e/UD	4.899,71	0,79%
Muletto	tCO2e/UD	198,52	0,03%
Dozer D6	tCO2e/UD	1.186,43	0,19%
Gru 300t	tCO2e/UD	1.478,04	0,24%
Impianto frantumazione	tCO2e/UD	378,98	0,06%
Gru 100t	tCO2e/UD	512,23	0,08%
Trivella	tCO2e/UD	233,89	0,04%
Slingers	tCO2e/UD	346,50	0,06%
Camion	tCO2e/UD	250,99	0,04%
Betoniera	tCO2e/UD	1,05	< 0,01%
Dumper	tCO2e/UD	3,99	< 0,01%
Motonave	tCO2e/UD	141.615,73	22,96%
Galleggiante	tCO2e/UD	198,12	0,03%
Imbarcazione rilievi	tCO2e/UD	10.186,97	1,65%

Draga	tCO ₂ e/UD	183.855,74	29,81%
Inerti di cls	tCO ₂ e/UD	8,58	< 0,01%
Rifiuti di geotessuto	tCO ₂ e/UD	1,95	< 0,01%
Trasporto rifiuti	tCO ₂ e/UD	15,25	< 0,01%

Nella Tabella 6 sono rappresentati i risultati relativi al cantiere sopra definito.

Tabella 6 Risultati dello studio CFP per categorie di impatto relativi al cantiere

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Upstream	Core
GHG emissions and removals	tCO₂e/UD	616.743,41	271.370,45	345.372,96
Net fossil GHG emissions and removals	tCO ₂ e/UD	578.801,12	245.861,62	332.939,50
Biogenic GHG emissions and removals	tCO ₂ e/UD	36.500,25	245.861,62	11.742,68
GHG emissions and removals from dLUC	tCO ₂ e/UD	1.442,04	24.757,57	690,78
GHG emissions resulting from aircraft transportation	tCO ₂ e/UD	0	0	0

Nei risultati sopra ottenuti si è utilizzato un metodo di calcolo basato sul bilancio netto nullo come definito da normativa.

8. Interpretazione e conclusioni

La finalità della fase di interpretazione è quella di analizzare, sulla base di una analisi critica delle evidenze emerse, la ragionevolezza del risultato finale in termini di impatto ambientale, trarre conclusioni, spiegare eventuali limitazioni dello studio e fornire eventuali raccomandazioni sulla base degli stessi risultati.

L'interpretazione dei risultati è stata eseguita coerentemente con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio CFP, in accordo alla normativa tecnica e ai documenti di riferimento.

Dall'interpretazione dei risultati rispetto alle ipotesi fatte fino ad ora emerge come l'impatto indicativamente sia distribuito sulle due fasi: upstream e core. Nello specifico in fase upstream la quota maggiore di impatto è dovuta ai materiali plastici acquistati e al cls oltre che al trasporto terrestre di questi.

Nella fase core, l'impatto è praticamente dovuto interamente al consumo di combustibili utilizzati per la costruzione delle opere civili quali gasolio e MGO.

Nei risultati ottenuti, si è applicato, come definito da normativa ISO 14067, un bilancio netto nullo come visibile in Tabella 6.

8.1 Conclusione

In conclusione, si ha che le emissioni dovute al cantiere al porto di Livorno per la costruzione di opere civili è pari a **616.743,41 tCO₂e**. Nello specifico, valutando la suddivisione delle emissioni, la quota maggiore è dovuta ai mezzi utilizzati per la messa in opera e nello specifico quelli navali che utilizzano combustibile altamente impattante.

9. Riferimenti

- » ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework
- » ISO 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines
- » ISO 14020:2000 Environmental labels and declarations -- General principles
- » UNI EN ISO 14025:2010, Etichette e dichiarazioni ambientali - Dichiarazioni ambientali di Tipo III - Principi e procedure
- » UNI EN 15804: Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products
- » Regolamento EPDIItaly rev, 4,0 del 03/06/2019
- » PCR ICMQ-001 Rev.2.1 Prodotti da costruzione e servizi per la costruzione
- » PCR ICMQ-001 Rev.3 Prodotti da costruzione e servizi per la costruzione
- » Ecoinvent, 2022, The Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Ecoinvent v3.8
- » SimaPro, <https://simapro.com/>

10. Allegato A – Dati utilizzati per lo studio

DATI ATTIVITA'	Dato a UF	udm
Fase upstream		
Ghiaia	4.080.652	t
Geogriglie in PE	472.222	m2
Geotessile in PE	139.667	m2
Massi naturali	4.866.971	t
Massi artificiali in cls	179.000	m3 cls
Cemento tipo III	62.650,00	t
Acqua da pozzo	26.850,00	t
Sabbia fine	121.720,00	t
Acciaio di armatura	3.755	t
Geomembrana in HDPE	170.843,00	m2
Cls magrone	75,00	m3
Acciaio per profili a U	23.300,00	kg
Tubazioni di scarico in cls	400,00	m
Pozzetti in cls	130,00	m3
Tubazioni in PE	2.200,00	m
Geogriglie in PP	2.500,00	m2
Biostuoie	2.500,00	m2
Materassi rivegetativi	1.000,00	m2
Trasporto camion EURO 5	328.306.358,05	tkm
Trasporto betoniera	2.880,00	tkm
Trasporto nave	683.715.039,86	tkm
Fase core		
Escavatore	2.236.291,26	l
Muletto	90.604,80	l
Dozer D6	541.500,96	l
Gru 300t	674.593,92	l
Impianto frantumazione	172.972,92	l
Gru 100t	233.925,12	l
Trivella	106.748,93	l
Slingers	158.146,56	l
Camion	11.408.760,00	km
Betoniera	33.792,00	km
Dumper	128.700,00	km
Motonave	39.530.700,00	l
Galleggiante	62.726,40	l
Imbarcazione rilievi	2.843.596,80	l
Draga	51.321.600,00	l
Inerti cls	13.200,00	t
Geotessuto	3.000,00	t
Trasporto rifiuti	92.418,00	tkm

11. Allegato B – Database e processi utilizzati per lo studio

MATERIALE	DATABASE	PROCESSO UTILIZZATO
Fase upstream		
Ghiaia	Ecoinvent 3.8	Gravel, crushed {RoW} market for gravel, crushed Cut-off, U
Geogriglie in PE	Ecoinvent 3.8	Polyethylene, high density, granulate {Europe without Switzerland} polyethylene, high density, granulate, recycled to generic market for high density PE granulate Cut-off, U
Geotessile in PE	Ecoinvent 3.8	Polyethylene, high density, granulate {Europe without Switzerland} polyethylene, high density, granulate, recycled to generic market for high density PE granulate Cut-off, U
Massi naturali	Ecoinvent 3.8	Limestone, unprocessed {RoW} market for limestone, unprocessed Cut-offU
Massi artificiali in cls	Ecoinvent 3.8	Concrete, normal {RoW} concrete, all types to generic market for concrete, normal strength Cut-off, U
Cemento tipo III	Ecoinvent 3.8	Cement mortar {RoW} market for cement mortar Cut-off, U
Acqua da pozzo	Ecoinvent 3.8	Water, ultrapure {RER} market for water, ultrapure Cut-off, U
Sabbia fine	Ecoinvent 3.8	Sand {RoW} market for sand Cut-off, U
Acciaio di armatura	Ecoinvent 3.8	Steel, low-alloyed {GLO} market for Cut-off, U
Geomembrana in HDPE	Ecoinvent 3.8	Polyethylene, high density, granulate {Europe without Switzerland} polyethylene, high density, granulate, recycled to generic market for high density PE granulate Cut-off, U
Cls magrone	Ecoinvent 3.8	Concrete, normal {RoW} concrete, all types to generic market for concrete, normal strength Cut-off, U
Acciaio per profili a U	Ecoinvent 3.8	Steel, low-alloyed {GLO} market for Cut-off, U
Tubazioni di scarico in cls	Ecoinvent 3.8	Concrete block {RoW} market for concrete block Cut-off, U
Pozzetti in cls	Ecoinvent 3.8	Concrete block {RoW} market for concrete block Cut-off, U
Tubazioni in PE	Ecoinvent 3.8	Polyethylene, high density, granulate {Europe without Switzerland} polyethylene, high density, granulate, recycled to generic market for high density PE granulate Cut-off, U
Geogriglie in PP	Ecoinvent 3.8	Polypropylene, granulate {GLO} market for Cut-off, U
Biostuoie	Ecoinvent 3.8	Wood chips, wet, measured as dry mass {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U
Materassi rivegetativi	Ecoinvent 3.8	Steel, low-alloyed {GLO} market for APOS, U Wood chips, wet, measured as dry mass {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U
Trasporto camion EURO 5	Ecoinvent 3.8	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U
Trasporto betoniera	Ecoinvent 3.8	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U
Trasporto nave	Ecoinvent 3.8	Transport, freight, sea, container ship {GLO} market for transport, freight, sea, container ship Cut-off, U
Fase core		
Mezzi terra con combustibile gasolio	Ecoinvent 3.8	Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U
Mezzi acqua con combustibile gasolio	Ecoinvent 3.8	Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U
Mezzi acqua con combustibile MGO	Ecoinvent 3.8	Naphtha {RER} market for APOS, U
Inerti cls	Ecoinvent 3.8	Waste concrete {RoW} treatment of, inert material landfill Cut-off, U
Rifiuto geotessuto	Ecoinvent 3.8	Inert waste, for final disposal {RoW} treatment of inert waste, inert material landfill Cut-off, U
Trasporto rifiuti	Ecoinvent 3.8	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U