

Report Attività T1.3 Report T1.3.1 Mappatura & Database della domanda di GNL.

Il seguente studio è stato sviluppato nell'ambito del Progetto SIGNAL - Strategie transfrontaliere per la valorizzazione del Gas Naturale Liquido, co-finanziato dal Programma INTERREG Marittimo Italia-Francia 2014-2020

Informazioni sul documento	
Codice prodotto	T1.3.1
Titolo prodotto	Mappatura della domanda del GNL
Codice Attività	T 1.3
Titolo Attività	Studio della domanda attuale
Codice Componente	T1
Titolo Componente	Piano della rete di approvvigionamento marittima
Soggetto responsabile della stesura del documento	UNIGE
Versione	02
Data	12/10/2020

Versione	Data	Estensore(i)	Descrizione modifiche
01	08/02/2019	Ermanno Lo Cascio	
02	31/03/2020	Federico Silenzi	Generalizzazione e validazione degli strumenti di analisi proposti, controllo coerenza dei risultati



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons
Attribuzione - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale ([CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/))

Sommario

Indice delle figure	5
Indice delle tabelle	6
Premessa	7
Abstract	8
Obiettivi Dello Studio	9
Parte 1 – “Metodologia & Strumenti per la stima dei fabbisogni onshore“	10
Approccio Metodologico	10
Gestione criticità	10
Metodologia di ricerca	11
Caso studio: Area Portuale di Livorno	13
Rilevamento infrastrutture & industrie	13
Infrastruttura elettrica	13
Infrastruttura di distribuzione del gas metano	14
Overview delle principali industrie presenti nella area portuale	14
Principali Progetti di Ricerca	15
Individuazione zone d'Interesse	17
Tipologie di utenze & fabbisogno energetico	17
Mapping	19
Dati relativi ai consumi energetici presenti in letteratura	24
Esempio applicativo: Zona 1, Terminal Darsena Toscana	26
Edilizia e impianti	26
Ipotesi di calcolo	27
Stima fabbisogni energetici attuali & KPIs	27
Database Descrittori & KPIs	33
Stima della domanda attuale per il porto di Livorno	39
Stima della domanda di energia prospettica	40
5. Definizione Linee Guida Generali	44
6. Discussione e Conclusioni	46
Bibliografia e sitografia	47

Parte 2 – Estensione Area di Analisi	49
Area portuale di Cagliari	50
Area portuale di Genova	54
Area portuale di Bastia	60
Area portuale di Nizza	62
Area portuale di Tolone	65
Area portuale di Oristano	69
Area portuale di Portoferraio	72
Overview	75
Conclusioni	78
Precisazioni	80

Indice delle figure

Figura 1: Processo di data gathering & tuning di tipo "Ciclo di Deming", PDCA	11
Figura 2: Metodologia di analisi.	13
Figura 3: Macrocategorie utenze onshore.	19
Figura 4: Zone di interesse - Porto di Livorno.	20
Figura 5: Ripartizione consumi aggregati per terminal multipurpose, elettrico + gasolio.	29
Figura 6: Ripartizione consumi di energia elettrica per TDT includendo refrigerazione container e movimentazione con gru elettriche.	29
Figura 7: Domanda di energia primaria relativa agli uffici ed all'illuminazione dei piazzali (torri faro).	30
Figura 8: ZONA 1, Terminal Darsena Toscana. Ripartizione percentuale della domanda totale di energia primaria (elettrico + gasolio in kWh equivalenti).	30
Figura 9. ZONA 1, Terminal Darsena Toscana. Stima della domanda annuale di energia primaria per tipologia (<i>kWhanno</i>).	31
Figura 10. ZONA 1, Terminal Darsena Toscana. Stima della domanda attuale specifica di energia primaria per tipologia (<i>kWhmzona2anno</i>).	31
Figura 11. ZONA 1, Terminal Darsena Toscana. Stima della domanda equivalente annuale (teorica) di GNL per tipologia (m3 @ criogenic conditions)	32
Figura 12. Analisi di sensitività per diversi scenari generici per l'area relativa al porto di Livorno.	41
Figura 13. Metodologia per l'assessment dei fabbisogni energetici portuali onshore.	45
Figura 14. Cagliari, porto.	50
Figura 15: Genova, porto.	54
Figure 16: Bastia, porto	60
Figura 17: Nizza, porto.	62
Figura 18: Nizza, area limitrofa aeroporto.	62
Figura 19: Tolone, porto.	65
Figura 20: Oristano, porto.	69
Figura 21: Portoferraio, porto.	72
Figura 22. Subtotale domanda di energia elettrica attuale, relativi a tutta l'area d'interesse	75
Figura 23. Domanda totale di energia (elettrico + termico) attuale, relativi a tutta l'area d'interesse.	76
Figura 24: Stima della domanda di energia totale prospettica (elettrico) per differenti scenari e interventi di riqualificazione.	77

Indice delle tabelle

Tabella 1: DESCRITTORI (a) Cluster & KPIs (b)	12
Tabella 2: Principali Industrie presenti nell'area portuale di Livorno	14
Tabella 3: Fabbisogno di energia netta per destinazione d'uso.	18
Tabella 4: Database Zone d'interesse.	23
Tabella 5: Fonti dati di fabbisogno/consumo energetico disponibili in letteratura.	25
Tabella 6: Equipment del Terminal Darsena Toscana.	26
Tabella 7: Fattori di conversione per la stima del fabbisogno di energia primaria	27
Tabella 8: Database Descrittori & KPIs.	38
Tabella 9: Interventi di riqualificazione energetica individuati.	40
Tabella 10: Overview sensitive analysis.	43
Tabella 11: Fabbisogno attuale di energia primaria, porto di Cagliari.	53
Tabella 12: Stima della domanda attuale di energia primaria, porto di Genova (le zone in verde sono state validate e opportunamente confrontate con la domanda totale di energia primaria elettrico + gasolio + benzina. Per le zone evidenziate in arancio non sono pervenute informazioni relative ai consumi aggregati).	59
Tabella 13: Fabbisogno attuale di energia primaria, porto di Bastia.	61
Tabella 14: Fabbisogni di energia primaria area portuale di Nizza.	64
Tabella 15: Fabbisogni di energia primaria area portuale di Tolone.	68
Tabella 16: Fabbisogno di energia primaria, area portuale di Oristano.	71
Tabella 17: Fabbisogno di energia primaria, area portuale di Portoferraio.	74

Premessa

I territori coinvolti nel programma transfrontaliero sono accomunati da una inadeguatezza dei porti in termini di disponibilità di servizi di bunkering per il GNL e di siti di stoccaggio che rendano possibile il rifornimento ai natanti ed ai mezzi di movimentazione terra in aree portuali e mezzi per il trasporto terrestre. Per sviluppare nuove infrastrutture è utile effettuare una analisi dei consumi energetici delle zone nelle quali esse saranno insediate.

Lo sviluppo di strategie e di piani energetici che contemplino un proficuo impiego del GNL nelle aree portuali si basa sulla quantificazione preventiva dei consumi energetici, attuali e prospettici, e della definizione di ipotesi di scenario che comprendano la parziale, o totale, integrazione e la sostituzione delle fonti energetiche primarie attuali con una economia basata sullo sfruttamento della disponibilità di GNL, in ambito portuale, o limitrofo.

Uno dei motivi che giustifica questo tipo di studio è legato alla aleatorietà e alla discontinuità, che si possono immaginare afferire alla richiesta di servizi di bunkering di GNL, che condurrebbero a sovradimensionare le infrastrutture dedicate ad esso e, al contempo, ad operare con un basso coefficiente di utilizzazione nel tempo. In questi casi, è possibile smorzare l'effetto prodotto da una singola utenza, molto discontinua, inserendola in una più ampia rete di utilizzatori che possano sfruttare l'offerta nei periodi di tempo residuo.

Il progetto SIGNAL vuole rispondere a queste mancanze attraverso lo sviluppo di piani e strategie che siano in grado di supportare l'attuazione della direttiva europea 2012/33, ed allo stesso tempo di assistere i territori caratterizzati da reti di metanizzazione limitate o assenti e trasformare l'opportunità offerta dal GNL per ridurre le emissioni inquinanti prodotte dal settore industriale e dei trasporti nell'ambito dei territori insulari interessati dall'intervento.

È infatti evidente che circoscrivere la definizione dei piani e della strategia congiunta ai soli ambiti ed alle attività portuali, senza considerare un'ottica di sistema integrato che preveda una pianificazione anche per altri usi industriali e civili che interessano i territori transfrontalieri, con specifico riferimento ai sistemi insulari, sia limitativo e scarsamente strategico per supportare il raggiungimento degli obiettivi economici, ambientali e sociali previsti dalla strategia "Europa 2020".

Conformemente alla "Strategia dell'UE in materia di gas naturale liquefatto (COM 2016/49)", ed agli impegni assunti a livello internazionale in occasione della conferenza sul clima di Parigi, il progetto SIGNAL prevede la definizione di piani e strategie congiunte per l'utilizzo del GNL nei porti e nella navigazione marittima, nonché per altri usi civili e industriali. In questo modo il progetto sarà in grado di assistere l'attuazione e la capitalizzazione del "principio guida" della politica di coesione europea ovvero attivare processi di cooperazione tra territori per assistere il miglioramento della connessione degli stessi e della sostenibilità delle attività portuali nelle Regioni più svantaggiate.

L'elemento innovativo del progetto è identificato nell'approccio metodologico per la definizione dei piani e delle strategie, nonché nel ruolo assegnato ai porti commerciali quali hubs di valorizzazione per l'utilizzo del GNL:

- i porti come punti della rete di rifornimento marittimo di GNL;
- i porti come luogo di stoccaggio ed utilizzo diretto del GNL;
- i porti come "nodi" e porte di accesso per l'utilizzo del GNL nelle aree interne (profilo quest'ultimo particolarmente rilevante per la Sardegna, non essendo dotata di una rete per la distribuzione capillare del gas metano sul territorio).

Nell'area di cooperazione transfrontaliera la pianificazione di un sistema di impianti di stoccaggio e rigassificazione in ambito portuale e costiero costituirà la base di sviluppo strategico del sistema distributivo e di utilizzo del GNL.

Abstract

La stima del fabbisogno di energia primaria in ambito portuale è una informazione basilare per l'individuazione di una strategia di integrazione del gas naturale liquefatto come vettore energetico alternativo. Tuttavia, la complessità e le dimensioni tipiche delle zone portuali rendono i processi di auditing energetico estremamente complessi da un punto di vista tecnico e gestionale. Ciò è reso ancor più complesso dal fatto che in tali aree si trovano ad operare una pluralità di attori pubblici e privati, che presentano specifici fabbisogni energetici e che possono avvalersi di differenti strategie di approvvigionamento. Nella fattispecie, il principale problema risiede nella disponibilità di informazioni puntuali e nelle risorse e tempistiche necessarie per lo svolgimento di un processo di auditing di dettaglio. Da questo contesto, emerge dunque la necessità di impiegare una strategia di analisi differente che sia in grado di far fronte alle problematiche intrinseche derivanti dalla natura peculiare dei siti in questione. A tal fine, in questo studio viene definita una metodologia di gestione e conduzione del processo di analisi energetica di tipo flessibile e iterativa, che consenta di affinare progressivamente la bontà e la qualità delle stime dei consumi energetici. Nello specifico, tale metodologia, ambisce ad individuare meccanismi di gestione di natura euristica che permettano dunque di ridurre sistematicamente, attraverso le varie fasi del processo, i limiti tecnici e l'inevitabile incertezza nelle analisi, che normalmente rischierebbero di pregiudicare l'intero processo di project management. La progettazione di tale metodologia viene eseguita utilizzando un approccio di tipo bottom-up dunque partendo da un caso di studio caratteristico: l'area portuale di Livorno. Mediante l'analisi di dettaglio di questo caso di studio rilevante vengono dunque successivamente progettati gli strumenti necessari per l'estrapolazione dei valori quantitativi della domanda di energia primaria per tutte le aree d'interesse. Concludendo, il risultato essenziale della prima parte di questo studio consiste nella realizzazione di un database di informazioni inerenti alle diverse tipologie di consumi energetici in ambito portuale, come strumento metodologico a supporto delle attività di cui al Progetto SIGNAL.

Obiettivi Dello Studio

In un'ottica d'integrazione del gas naturale liquefatto (GNL) come vettore energetico significativo nelle aree portuali, l'analisi dei fabbisogni di energia primaria e la loro rispettiva segmentazione, è una attività determinante per il conseguimento di un processo di riqualificazione energetica ottimale. Per questo motivo, lo scopo di questo prodotto consiste nella progettazione di una metodologia di analisi innovativa che permetta il raggiungimento della stima e la segmentazione dei fabbisogni energetici relativi alla zona di pertinenza demaniale (di seguito definita "onshore") e la gestione controllata dell'incertezza. Più precisamente, per ambito portuale onshore si intendono tutte le attività connesse indirettamente al comparto marittimo: illuminazione pubblica, uffici, depositi, escludendo dunque, le attività di movimentazione o refrigerazione container (e.g. reach stackers e gru semoventi etc.) che determinano invece i consumi riconducibili alle attività terminalistiche esaminati successivamente ed inclusi nella stima della ripartizione dei consumi. Circa le attività produttive e i processi industriali complessi, questi possono essere stimati grossolanamente come differenza rispetto i consumi aggregati e consumi edilizi (residenziali e uffici) e depositi. Tuttavia, ogni processo industriale richiederà una analisi dedicata, qualora siano necessarie informazioni energetiche più di dettaglio.

La caratteristica principale di questa metodologia consiste nella flessibilità e rapidità d'utilizzo nonché nella possibilità di determinare in modo quantitativo i fabbisogni energetici portuali. Inoltre, tale metodologia prevede un metodo di gestione dell'incertezza efficace, basato sulla riduzione sistematica della valenza congetturale intrinseca ed inevitabile tipica di un processo di auditing energetico di dettaglio su larga scala. Scopo ultimo di questo studio quindi, consiste nella definizione degli strumenti tecnici (Descrittori e Key Performance Indicators) necessari per l'estrapolazione delle informazioni energetiche finalizzate all'integrazione del GNL in ambito portuale, per tutta l'area di studio d'interesse.

Parte 1 – “Metodologia & Strumenti per la stima dei fabbisogni onshore”

Approccio Metodologico

Gestione criticità

La peculiare ed eterogenea morfologia delle infrastrutture portuali rende il processo di segmentazione dei fabbisogni energetici delle aree portuali un obiettivo sfidante in termini tecnici e ingegneristici. Di fatto, queste aree sono tipicamente caratterizzate da diverse tipologie di attività che spaziano da semplici processi direttamente correlati al trasporto marittimo (uffici, terminal passeggeri, etc.) con diverse caratteristiche di operatività (si pensi in tal senso alle differenze che sussistono sul piano operativo e dei consumi energetici tra terminal di tipo multipurposes o terminal passeggeri o terminal container/reefers, ecc.) a processi industriali tecnologicamente complessi. Per questo motivo, un approccio di studio e analisi di tipo "one-shot" (unico, lineare e sequenziale) potrebbe risultare poco efficace per il conseguimento di questi obiettivi, per motivazioni per lo più imputabili a due differenti aspetti: la disponibilità di informazioni e la loro precisione e affidabilità, e la coordinazione, la collaborazione e la partecipazione degli stakeholders.

Da questo contesto, chiaramente caratterizzato dalla necessità di gestire elevati livelli di incertezza, emerge spontaneamente la necessità di impiegare un approccio di studio analitico e flessibile che preveda una strategia di validazione e tuning dei risultati di tipo ongoing/iterativo (PDCA, figura 1). È opportuno sottolineare, che impiegando un approccio più dinamico, da un punto di vista di globale, l'intero processo di project management dei progetti per l'impiego del GNL in aree portuali, verrebbe in parte divincolato dal rallentamento connesso alle attività di auditing preliminare, tramite l'integrazione controllata del rischio relativo all'accuratezza dei risultati nel processo stesso.

Concludendo, l'elaborazione della metodologia di analisi preliminare dei fabbisogni energetici portuali, oggetto di questo documento, è stata elaborata tenendo conto di queste criticità intrinseche. Nello specifico, in questo particolare studio, viene identificata la necessità dell'impiego di una metodologia di analisi e di sviluppo di tipo condiviso fra partner di ricerca e stakeholders. Nella fattispecie, si è prevista la creazione di un database di strumenti di benchmarking ed un sistema di gestione e coinvolgimento degli stakeholders (database manager) che permetta di attivare un processo cooperativo per il data gathering & fine-tuning.

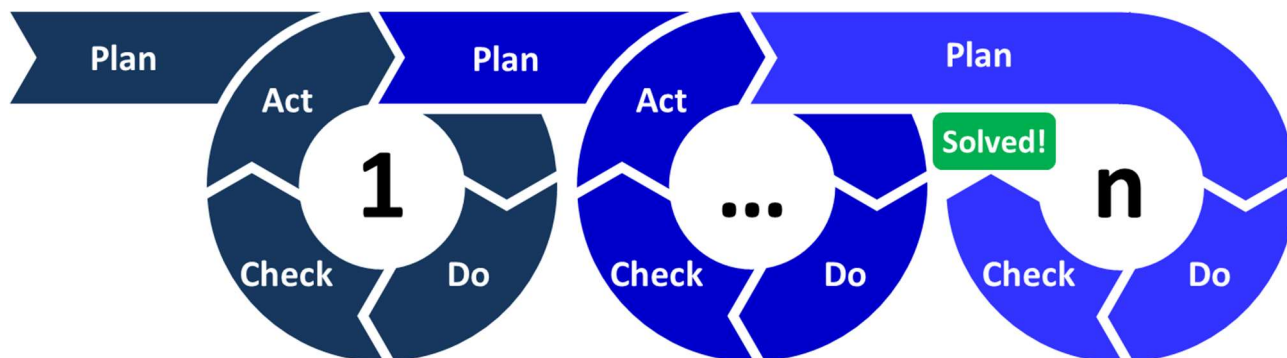


Figura 1: Processo di data gathering & tuning di tipo "Ciclo di Deming", PDCA¹

Metodologia di ricerca

La presente analisi è stata sviluppata seguendo una metodologia di tipo *bottom-up*, ovvero, partendo da un caso di studio caratteristico. Nello specifico, gli strumenti per l'assessment energetico onshore (descrittori e key performance indicators) sono stati derivati in seguito a un insight analitico volto alla stima del fabbisogno energetico di tipo quantitativo prendendo come campione l'area portuale di Livorno. Globalmente, l'area in oggetto comprende una superficie di circa 6.700.000 metri quadri. Il driver principale della scelta di questa area geografica consiste nella peculiare eterogeneità della zona in questione in termini di destinazioni d'uso e tipologia di concessionari presenti, descritti in dettaglio nei paragrafi successivi.

L'approccio metodologico impiegato è basato su una stima energetica tramite strumenti di georeferenziazione e questo può essere riassunto in cinque macrofasi. La prima di queste, prevede la localizzazione puntuale dei *Cluster edilizi*, ovvero zone caratterizzate da densità edilizia e destinazione d'uso omogenee. Lo scopo ultimo di questa fase è quello di definire dei *Cluster modello* o *Cluster di Riferimento*, necessari per l'estrapolazione dei dati su tutta l'area d'interesse. La fase successiva consiste nella progettazione di strumenti per il *Cluster Profiling & Cluster Segmentation*, ovvero dei *descrittori* e dei *KPIs* energetici. Più precisamente, i *descrittori* consistono in indicatori quantitativi relativi alle caratteristiche di densità edilizia, mentre i *KPIs Energetici* si riferiscono ai fabbisogni energetici specifici (kWh/m² zona) riconducibili alla domanda di energia primaria per illuminazione pubblica e riscaldamento, raffrescamento, illuminazione e produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e ausiliari (Tabella 1a-b).

¹ Christoph Roser at AllAboutLean.com

DESCRITTORI (a)
Superficie Totale Zona (m ²)
Volumetria Totale Edilizia (m ³)
Superficie Totale Edilizia (m ²)
Densità Volumetrica Edilizia (m ³ /m ²)
Destinazione d'uso

KPIs Energetici (b)
Fattore domanda energia primaria per riscaldamento (kWh/m ² anno)
Fattore domanda energia primaria per raffrescamento (kWh/m ² anno)
Fattore domanda energia primaria per Illuminazione Edifici (kWh/m ² anno)
Fattore domanda energia primaria per ACS (kWh/m ² anno)
Fattore domanda energia primaria per Illuminazione pubblica (kWh/m ² anno)

Tabella 1: DESCRITTORI (a) Cluster & KPIs (b)

La terza fase consiste nel processo di raccolta e omogeneizzazione dei dati aggregati relativi ai fabbisogni energetici onshore. I dati di consumo energetico in forma aggregata verranno utilizzati come strumento di validazione di questo studio e della metodologia proposta, considerando a tal fine, laddove disponibili anche i dati relativi alle attività terminalistiche connesse alla movimentazione o alla refrigerazione container, che costituiscono le attività più energivore (quarta fase). Concludendo, la parte finale di questo lavoro prevede la definizione di un approccio sistematico volto alla stima dei fabbisogni energetici portuali in ambito esclusivamente onshore (quinta fase). Tale approccio è stato progettato in una prospettiva di impiego del GNL e transizione energetica a fonti rinnovabili. Infine, la metodologia viene applicata su tutta l'area d'interesse estrapolando dunque una stima quantitativa della domanda di energia primaria e la relativa segmentazione (riscaldamento, raffrescamento, etc.).

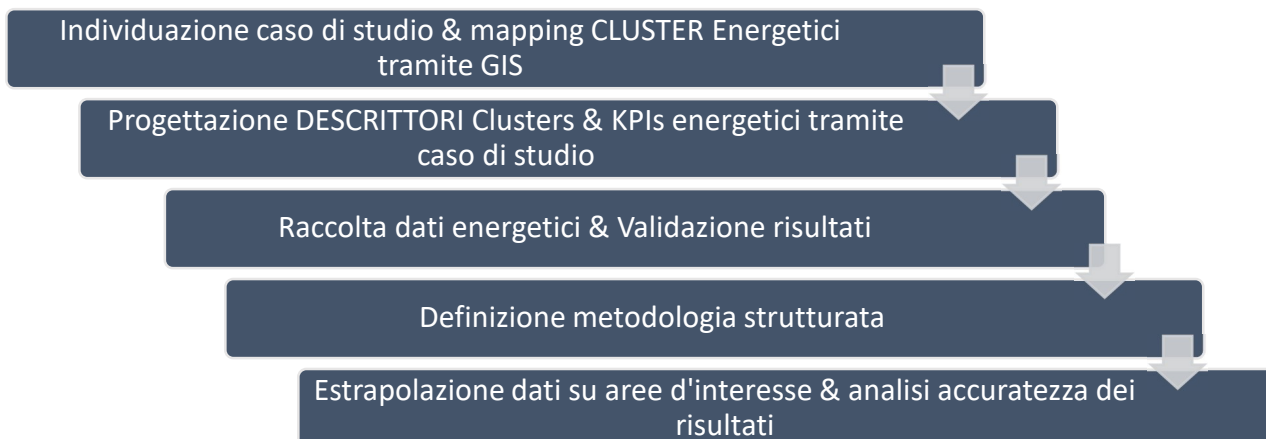


Figura 2: Metodologia di analisi.

Caso studio: Area Portuale di Livorno

"Spetta all'Autorità Portuale il compito di gestire, in attuazione del regolamento d'uso, l'intera area e quindi svolgere le attività necessarie e gestire le aree pubbliche comuni per esempio l'illuminazione, gestione rifiuti e spazzamento strade ecc. Dal punto di vista energetico, sia gli operatori presenti che l'AP sono, ai sensi della legge, tenuti al rispetto delle norme generali di settore e, in quanto soggetti autonomi, essi si interfacciano, senza vincoli, con il fornitore di energia elettrica scelto in base alle proprie convenienze economiche e questi, a sua volta, con il gestore di rete locale per quanto riguarda il servizio di trasporto dell'energia elettrica, le esigenze di connessione e la modifica della potenza prelevata per un nuovo allacciamento"².

Rilevamento infrastrutture & industrie

Infrastruttura elettrica

"L'area portuale è attualmente alimentata da 3 cabine primarie di ENEL distribuzione (che alimentano anche il resto della città di Livorno), e precisamente:

ENEL La Rosa (2x25 MW): questa cabina alimenta l'area dell'ex-cantiere Orlando (oggi denominata Porta a Mare con i cantieri Azimuth Benetti) e dai bacini di carenaggio verso sud. Nel piano di sviluppo annuale e pluriennale delle infrastrutture di Enel Distribuzione S.p.A. 2013-2015 è previsto la ricostruzione della sezione MT entro il 2018, al fine di migliorare l'efficienza energetica e l'affidabilità della cabina.

ENEL Lodolo (2x25 MW): questa cabina alimenta il porto mediceo.

ENEL porto industriale (2x25 MW): questa cabina alimenta invece l'area a nord del porto, che comprende l'area tra la torre del Marzocco e i settori darsena petroli / paduletta e la darsena Toscana. Nell'area sono inoltre presenti oltre 70 cabine MT/BT che assicurano la distribuzione di energia elettrica a tutte le utenze portuali."²

Infrastruttura di distribuzione del gas metano

"La rete ad alta pressione è gestita dalla SNAM, ma non alimenta utenze direttamente nell'ambito portuale; la distribuzione del gas metano a livello locale è assicurata dalla ASA S.p.A. I principali utenti del gas sono costituiti dalle attività industriali ricadenti nell'ambito portuale, da quando questa fonte energetica, negli anni '90, ha sostituito l'olio combustibile. Altri usi sono fondamentalmente assimilabili a quelli civili (riscaldamento ambienti)" ².

Overview delle principali industrie presenti nella area portuale

Nella tabella 2 è riportato l'elenco delle principali attività industriali attive nella area portuale di Livorno:

INDUSTRIE	
MASOL	Styron Italia
TOSCOPETROL	Labromare (parte 1)
INERTI LAVIOSA	Oil Product Doc Piers
Costieri D'Alesio	ENEL Power Plant
Costiero Gas Livorno (LPG)	ENI Ugione Dock
Solvay Rhodla	Costieri del Tirreno Storage
Labromare (Plant 2)	Costieri Neri Storage
LAVIOSA Chemical Mining (2)	

Tabella 2: Principali Industrie presenti nell'area portuale di Livorno ³

² Autorità Portuale di Livorno. *Piano Regolatore del Porto di Livorno*, "Linee Guida per la sostenibilità energetica del Porto di Livorno". (Dichiarazione di Sintesi, allegato 2), Luglio 2014 & Documenti successivi.

³ Autorità Portuale di Livorno, Port Infrastructure for alternative fuels and maritims transport: The Livorno case. Disponibile online: <https://www.portialettirreno.it/studi-e-sviluppo/documenti-prodotti/> (accessed 08/02/2019).

Principali Progetti di Ricerca

NOME PROGETTO	OBIETTIVI	STATUS	LINK
CLIMEPORT	Promuovere la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra provenienti dai porti del Mediterraneo incoraggiando un uso razionale dell'energia in modo da permettere uno sviluppo sostenibile dei porti.	Concluso nel 2009	https://www.programmamed.eu/en/the-projects/project-focus/climeport.html (accessed 07/02/2019)
GREEN-BERTH	Miglioramento dell'efficienza energetica e lo sviluppo delle migliori tecnologie verdi nelle Comunità portuali situate nei paesi del Mediterraneo, con particolare attenzione al ruolo delle piccole e medie imprese nel campo di risparmio energetico, focalizzate alle operazioni di attracco.	Concluso nel 2013	-
GREENCRANES	Testare nuove tecnologie e combustibili alternativi nei terminal container esistenti in ambito portuale, contribuendo in questo modo a mitigare l'inquinamento generato principalmente dalle emissioni di gas serra ed a comprendere e decidere quali tecnologie godono di un più elevato valore socio-economico ed hanno dunque un potenziale maggiore per una loro rapida diffusione all'interno di tutta la Comunità Europea.	Concluso nel 2014	http://www.greencranes.eu/ (accessed 07/02/2019)
COLD IRONING	Fornitura energia elettrica da banchina alle navi ormeggiate, prima di tutto le navi da crociera, senza che queste debbano utilizzare le macchine di bordo per i loro fabbisogni durante la fase di stazionamento in porto (elettrificazione banchine tramite onshore power supply).	-	-

<p>SEA TERMINALS (Activity 1)</p>	<p>"The main objective of the study is to define the technical assessment of the development of the LNG potentialities inside the targeted area from both maritime and intermodal logistics point of view based on cryogenic ISO tank container utilization.</p>	<p>Concluso nel 2014</p>	<p>http://www.seaterminals.eu/ (accessed 07/02/2019)</p>
---------------------------------------	--	------------------------------	--

Individuazione zone d'Interesse

L'area portuale di Livorno presa in considerazione in questo studio occupa una superficie totale di circa 6.711.000 metri quadrati per un totale di 25 aree. L'identificazione di queste aree è stata effettuata tramite strumenti di georeferenziazione ed il criterio di individuazione dei confini si basa sull'omogeneità della morfologia edilizia, così come essa è riscontrabile tramite strumento *Google Earth Professional*.

Una parte decisiva, nello svolgimento delle attività di questa fase, è costituita dalla individuazione e dalla suddivisione delle aree portuali in sottozone dotate di caratteristiche omogenee.

È importante sottolineare che, in alcuni casi, zone con caratteristiche edilizie simili sono state suddivise in sottozone in modo da ottenere un parametro di benchmarking delle stesse i.e. a parità di superficie, per zone con caratteristiche simili si dovrebbero riscontrare valori simili relativi agli indici di domanda di energia primaria specifici (kWh/m² anno).

Tipologie di utenze & fabbisogno energetico

Le tipologie di utenze individuate per l'area di interesse sono suddivisibili in tre macrocategorie: **Processi Industriali**, **Edifici** e **Illuminazione Pubblica**. In linea generale, la stima della domanda di energia primaria per la categoria degli **edifici** può essere effettuata tramite impiego di indicatori di consumo specifico (kWh/m² - anno) a partire dalle aree di ciascun involucro edilizio e la relativa destinazione d'uso ad eccezione per i depositi merci refrigerati per i quali è presumibile attendersi delle caratteristiche particolari in termini di consumi energetici.

In questa analisi non vengono presi in considerazione tutti gli edifici non provvisti di impianti di riscaldamento. In letteratura sono disponibili numerosi studi che forniscono validi strumenti per la caratterizzazione della domanda energetica degli edifici in base alla destinazione d'uso [1], [2].

Nello specifico, per il caso d'interesse sono state individuate tre diverse destinazioni d'uso, ciascuna delle quali è caratterizzata dai fabbisogni di energia netta riportati in Tabella 3.

	DOMANDA SPECIFICA (Energia Netta) ⁴			
	Riscaldamento	Raffrescamento	Illuminazione	ACS
Uffici (kWh/m² anno)	190	65	55	35
Residenziale (kWh/m² anno)	160	16	5	28
Capannoni riscaldati (kWh/m² anno)	161	10	39	22

Tabella 3: Fabbisogno di energia netta per destinazione d'uso.

L'impianto di illuminazione pubblica dell'area portuale di Livorno, di competenza dell'Autorità Portuale, è stato realizzato in buona parte dalla società appaltatrice ITECI S.r.l.⁵. con la quale è in corso un processo di cooperazione⁶ per l'identificazione puntuale dei dati relativi alle caratteristiche costruttive dell'impianto, alla loro localizzazione ed alla tecnologia impiegata (ioduri metallici, LED, etc.), nonché informazioni relative alla qualità della potenza elettrica (fattore di potenza) e consumi energetici effettivi.

Il fabbisogno di energia di ciascun concessionario **industriale** può essere identificato tramite indagine diretta e/o tramite supporto dell'Autorità Portuale competente. Tuttavia, per l'individuazione e la segmentazione dei fabbisogni energetici (termico + elettrico + gasolio + benzina) coinvolti in ciascun processo, è necessario uno studio specifico che preveda l'elaborazione di un audit energetico dedicato o, auspicabilmente, la condivisione da parte degli stakeholders di tale strumento, ove presente.

⁴ Dati elaborati a partire da "Fabbisogni Energetici: case e uffici sotto la lente". Disponibile online: http://www.eurac.edu/en/research/technologies/renewableenergy/publications/Documents/EURAC_RenEne_RFedrizzi-CDipasqualeetici_CasaAndClima54_042015.pdf (accessed 07/02/2019).

⁵ ITECI S.r.l. Disponibile online: <http://www.iteci.it/> (accessed 07/02/2019).

⁶ ITECI - UNIGE

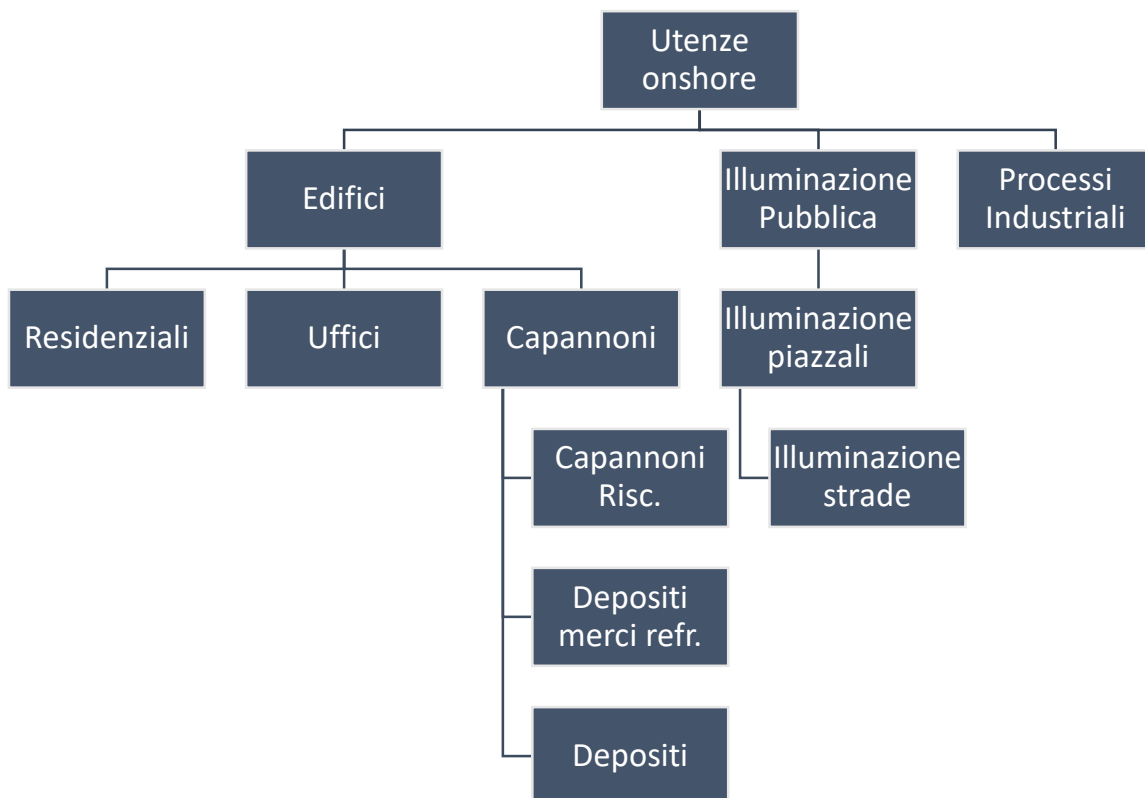


Figura 3: Macrocategorie utenze onshore.

Mapping

In figura 4 viene riportata la mappatura delle zone d'interesse. In tabella 4 si riportano i dati di georeferenziazione relativi a ciascuna zona, comprensivi di coordinate (relative al centro geometrico di ciascuna zona), perimetro e superficie totale.

La zona 6A, viene inclusa ai fini dello sviluppo della metodologia, ma non nel bilancio finale dei fabbisogni portuali, in quanto l'area supera in parte i limiti della zona portuale d'interesse.



Figura 4: Zone di interesse - Porto di Livorno.

N.	Centroid/Mid-Point (Degrees)	NOME	Area (mq)	Perimetro (m)
1	43.5747973°, 010.3026856°	ZONA 1	553.217	5.292
2	43.5761985°, 010.3076720°	ZONA 1A	154.097	2.115
3	43.5742176°, 010.3094542°	ZONA 1B	50.391	1.691
4	43.5769989°, 010.3126706°	ZONA 1C	128.841	2.324
5	43.5774322°, 010.3146678°	ZONA 1D	193.645	3.036
6	43.5850829°, 010.3094784°	ZONA 2	95.440	2.089
7	43.5874533°, 010.3176343°	ZONA 2A	80.148	2.051
8	43.5826319°, 010.3092216°	ZONA 3	165.330	2.210
9	43.5868825°, 010.3207928°	ZONA 3A	113.990	3.176

10	43.5808156°, 010.3096066°	ZONA 4	78.167	1.230
11	43.5785837°, 010.3104963°	ZONA 5	76.592	1.236
12	43.5838281°, 010.3179615°	ZONA 6	256.071	2.659
13	43.5840510°, 010.3357655°	ZONA 6A	2.295.343	6.844
14	43.5815743°, 010.3213371°	ZONA 7	209.221	1.882
15	43.5773789°, 010.3195422°	ZONA 8	105.325	1.302
16	43.5742244°, 010.3184438°	ZONA 9	79.305	1.686
17	43.5679705°, 010.3158101°	ZONA 10	248.504	2.930
18	43.5652700°, 010.3119013°	ZONA 11	149.028	2.934
19	43.5674415°, 010.3111494°	ZONA 12	203.169	3.381

20	43.5620445°, 010.3056422°	ZONA 13	310.982	2.616
21	43.5559788°, 010.3011964°	ZONA 14	453.794	6.803
22	43.5518350°, 010.3003995°	ZONA 15	40.024	883
23	43.5490853°, 010.3028984°	ZONA 16	79.189	3.182
24	43.5445892°, 010.2991813°	ZONA 17	356.178	6.838
25	43.5746057°, 010.3241842°	ZONA 18	235.682	2.149
Totale area mappata (mq)			6.711.673	
Totale area portuale effettiva, esclusa zona 6A (mq)			4.233.635	

Tabella 4: Database Zone d'interesse.

Dati relativi ai consumi energetici presenti in letteratura

I dati relativi ai consumi energetici dell'area portuale di Livorno sono presentati in tabella 5.

Documento	Anno	Zona di interesse	Superficie Totale (mq)	Dato	Valore (kWh/anno)	Link	Note
Audit Energetico del Porto di Livorno	2001	Terminal Darsena Toscana	412.000 (ovest) & 57.000 (est)	Consumo di energia elettrica fornito in GJ	1.870.000	http://www.porto.li.it/Portals/0/Documenti/Piano_regolatore/all2_energiaNURV.pdf (accessed 07/02/2019)	Valore calcolato tramite rilevazione potenze e GG
GREENCRANES	2011	Terminal Darsena Toscana	Non viene esplicitata ma comunque rimane intuibile: 450.000 - 500.000.	Consumo di energia elettrica per illuminazione terminal + consumo elettrico relativo agli uffici dell'area.	1.229.174 (Terminal lighting) & 923.628 (Uffici)	https://www.portaltotirreno.it/wp-content/uploads/2018/03/GREENCRANES-2013-29-05-Valencia-APL-Presentation-Lighter.pdf (accessed 07/02/2019)	-

Linee Guida per la Sostenibilità Energetica del Porto di Livorno	2014	"Autorità portuale"	Non definita esplicitamente	"Necessità energetica"	1.300.000	http://www.porto.li.it/Portals/0/Documenti/Piano_regolatore/all2_energiaNUR V.pdf (accessed 07/02/2019)	Definizione del limite geografico delle zone non presente
		Illuminazione Piazzali		Tabella 12, Fabbisogno energetico per illuminazione piazzali, impianti tradizionali (Na)	1.442.000	http://www.porto.li.it/Portals/0/Documenti/Piano_regolatore/all2_energiaNUR V.pdf (accessed 07/02/2019)	Definizione del limite geografico delle zone non presente

Tabella 5: Fonti dati di fabbisogno/consumo energetico disponibili in letteratura.

Esempio applicativo: Zona 1, Terminal Darsena Toscana

Il Terminal Darsena Toscana, area dedicata alla movimentazione container (multipurpose), si sviluppa su una superficie demaniale complessiva di 390.000 metri quadrati⁷. Per l'individuazione dei KPIs energetici, in questo studio, alcune zone limitrofe all'area demaniale del Darsena Terminal Toscana sono stata incorporate nella ZONA 1 in quanto ritenute omogenee in termini di densità edilizia.

Edilizia e impianti

Gli elementi edilizi con destinazione d'uso "*uffici*" individuati sono quattro e a questi si aggiunge un elemento di tipo "*residenziale*". La superficie edilizia totale lorda stimata in questo studio è di **2.675 metri quadrati** lordi per un volume complessivo lordo di **10.592 metri cubi**.

Il sistema di movimentazione container/UTI⁸ è costituito dagli elementi riportati in tabella 6. Per quanto attiene all'illuminazione delle aree di piazzale dedicate alla movimentazione ed allo stoccaggio di container/UTI sono presenti **38 torri faro**⁹ per un consumo elettrico di circa **1.229.174 kWh/anno**¹⁰.

Detti consumi hanno la incidenza percentuale più elevata sul totale se si esclude la refrigerazione dei container ed il consumo di gasolio o altri combustibili fossili.

Voce	Numero
Quay cranes	8
RTGs	14
Reach Stackers	20
Torri Faro	38

Tabella 6: Equipment del Terminal Darsena Toscana.

⁷ <http://www.tdt.it/AboutTDT/tabid/70/language/en-US/Default.aspx> (accessed 07/02/2019)

⁸ Con il termine UTI si intende Unità del Trasporto Intermodale

⁹ TDT - Disponibile online: <http://www.tdt.it/AboutTDT/tabid/70/language/en-US/Default.aspx> (accessed 07/02/2019)

¹⁰ The TEN-T, *Greencranes project*. Disponibile online: <http://www.porttraininglivorno.eu/?q=en/content/ten-t-greencranes-project-step-ahead-innovation-towards-strategies-livorno-port-authority> (accessed 07/02/2019).

Ipotesi di calcolo

I coefficienti di conversione per la stima della domanda di energia primaria per la zona d'interesse, sono riportate in tabella.

Rendimento medio annuale di generazione energia termica per riscaldamento (Pompa di calore)	3.5
Energy Efficiency Ratio per raffrescamento	2.5
Rendimento medio annuale per la produzione di acqua calda sanitaria	0.9

Tabella 7: Fattori di conversione per la stima del fabbisogno di energia primaria

Stima fabbisogni energetici attuali & KPIs

La domanda energetica portuale può essere inizialmente suddivisa in due macro voci, ovvero domanda elettrica e domanda riconducibile al consumo di gasolio da parte dei mezzi per la movimentazione delle merci (Figura 5).

Questi dati sono stati ottenuti a partire dalla stima dei consumi di energia di diversi terminal con funzione multipurpose appartenenti a porti dell'area di interesse. Sulla base di questi dati, si può stimare una ripartizione preliminare tra questi due vettori energetici, come riportato in Figura 5. Come si può osservare, il contributo di tali voci è circa equipollente.

Tale suddivisione è necessaria allo scopo di ottenere una segmentazione dei macroconsumi omogenei. Tuttavia, poiché sulla base dei paragrafi precedentemente esposti, l'obiettivo dello studio riguarda la segmentazione di dettaglio dei consumi elettrici stimabile da fattori di benchmarking energetico, in Figura 6 si riporta la ripartizione di questa quota parte elettrica nei diversi contributi, i cui valori sono basati su dati reali di consumo.

Escludendo quindi la domanda netta di energia elettrica per la refrigerazione dei container, che risulta essere in assoluto la maggiore responsabile della domanda totale di energia elettrica (**52%**; Figura 6), e quella imputabile al consumo delle gru di banchina, che contribuisce invece per circa il 30% alla domanda totale di energia elettrica, l'illuminazione dei piazzali costituisce la componente stimata più significativa¹¹.

Nello specifico, la domanda di energia elettrica per illuminazione pubblica risulta essere pari all'11% dei consumi totali di energia elettrica (figura 6) e pari circa al 72% se si

¹¹ Nel 2019, nel caso specifico del terminal DT, il fabbisogno di illuminazione diminuirà sensibilmente (circa 40%) in seguito all'installazione di lampade LED.

considera la sola frazione dei consumi di tipo onshore, come definiti all'interno del presente elaborato (figura 7).

Infine, in figura 8, combinando i vari dati poc'anzi richiamati, si riporta la distribuzione dei consumi percentuali relativi alla domanda totale di energia (elettrico+gasolio+benzina) ripartiti per usi (illuminazione pubblica; illuminazione edifici; riscaldamento; raffrescamento; AUX¹²; Refrigerazione container; auto elettriche; Gru di Banchina; Auto; Camion; Caldaia ACS; Forklift; Reach Stakers (RS); Rubber Tyred Gantry RTG).

Si evidenzia come la movimentazione dei container sia di fatto la parte più importante dei consumi energetici portuali per i terminal multipurpose. Segue la refrigerazione dei container per poi arrivare all'illuminazione dei piazzali.

Complessivamente, l'equivalente energetico teorico di GNL per la ZONA 1, comprendente i consumi di onshore (illuminazione, riscaldamento, refrigerazione, ACS e AUX) più i consumi di gasolio, ed i consumi elettrici generati dalle gru e dalla refrigerazione dei container, sarà dunque pari a **3637¹³ $\frac{m^3_{c.c.}}{anno}$** .

A questo punto, è di fondamentale importanza contestualizzare il significato di questo dato dal momento che, la soddisfazione della domanda attuale di energia primaria tramite l'integrazione del GNL potrebbe avvenire secondo diverse soluzioni tecnologiche: cogenerazione, conversione impianti, soluzioni ibride, waste energy recovery, ecc.

In questo senso, il fabbisogno effettivo di GNL potrebbe sensibilmente variare in funzione dello scenario preso in considerazione.

Dunque, il fabbisogno equivalente teorico fornito in questa analisi ($3637 \frac{m^3_{c.c.}}{anno}$) è sensibile al tipo di tecnologia impiegata ed è presumibile che risulti inferiore al fabbisogno reale di GNL derivante da uno scenario prospettico di riqualificazione degli impianti onshore.

¹² Componenti elettronici ed elettrodomestici.

¹³ PCS = 50 MJ/kg; Densità=450 kg/m³; Temperature = -162.4 °C; Pressure = 25 kPa.

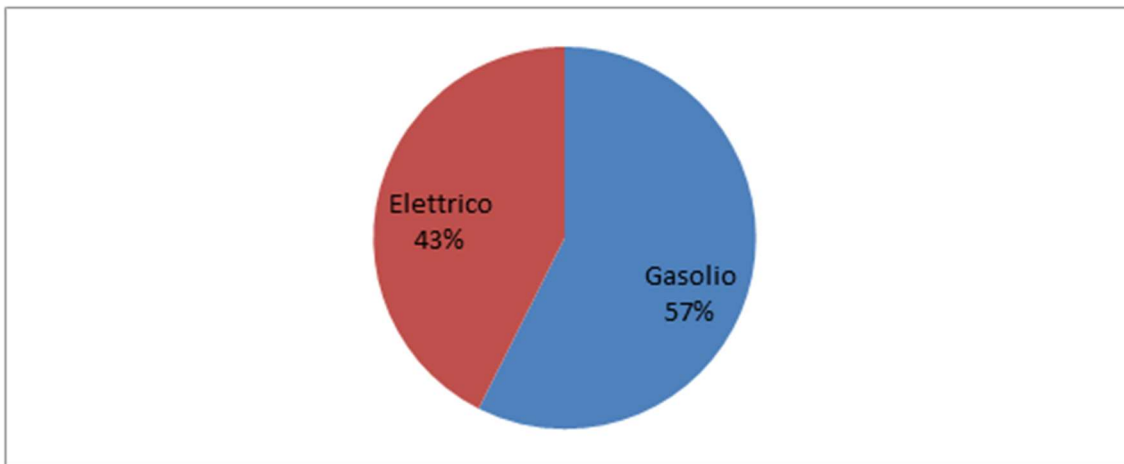


Figura 5: Ripartizione consumi aggregati per terminal multipurpose, elettrico + gasolio.

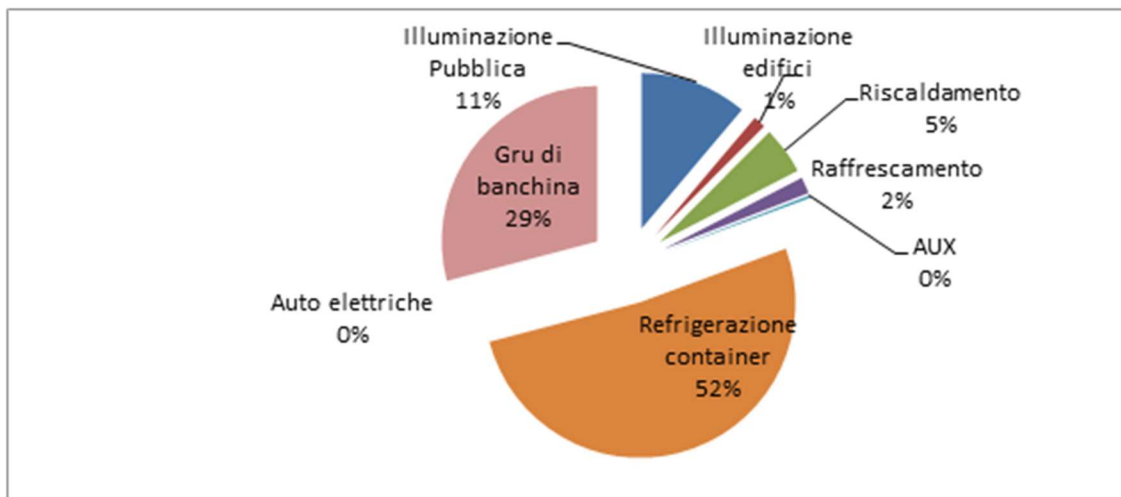


Figura 6: Ripartizione consumi di energia elettrica per TDT includendo refrigerazione container e movimentazione con gru elettriche.

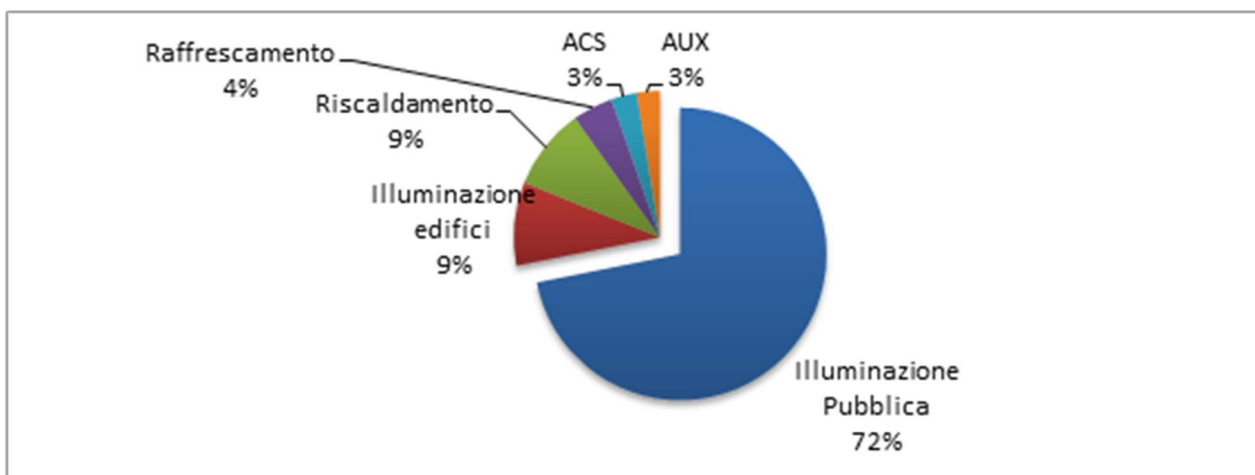


Figura 7: Domanda di energia primaria relativa agli uffici ed all'illuminazione dei piazzali (torri faro).

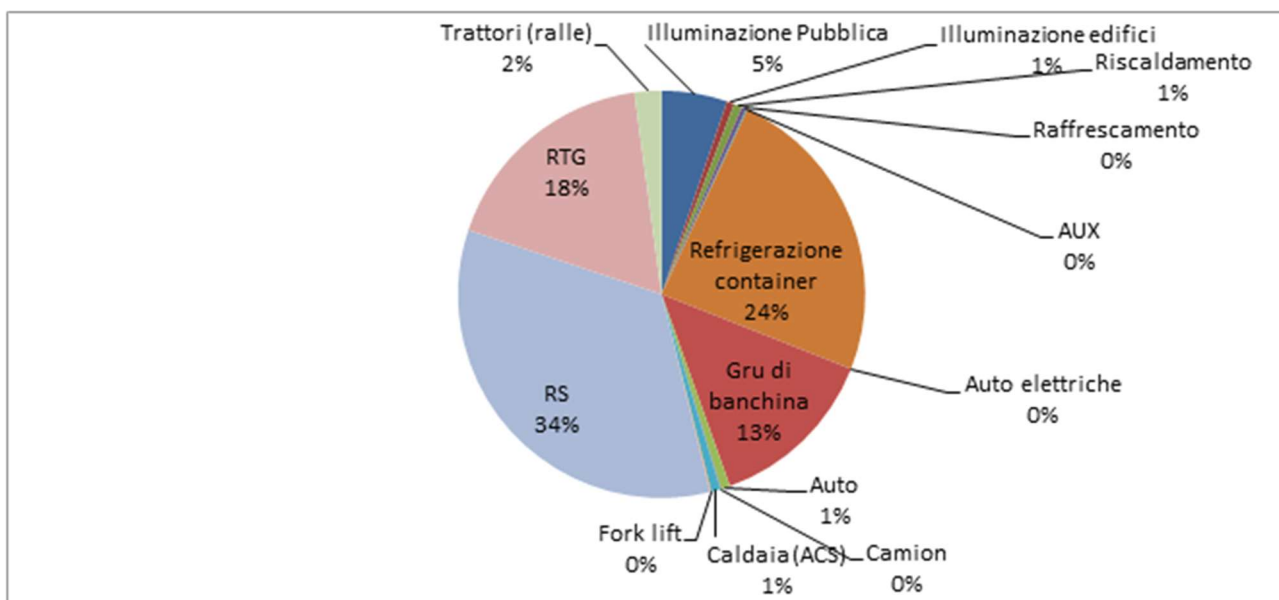


Figura 8: ZONA 1, Terminal Darsena Toscana. Ripartizione percentuale della domanda totale di energia primaria (elettrico + gasolio in kWh equivalenti).

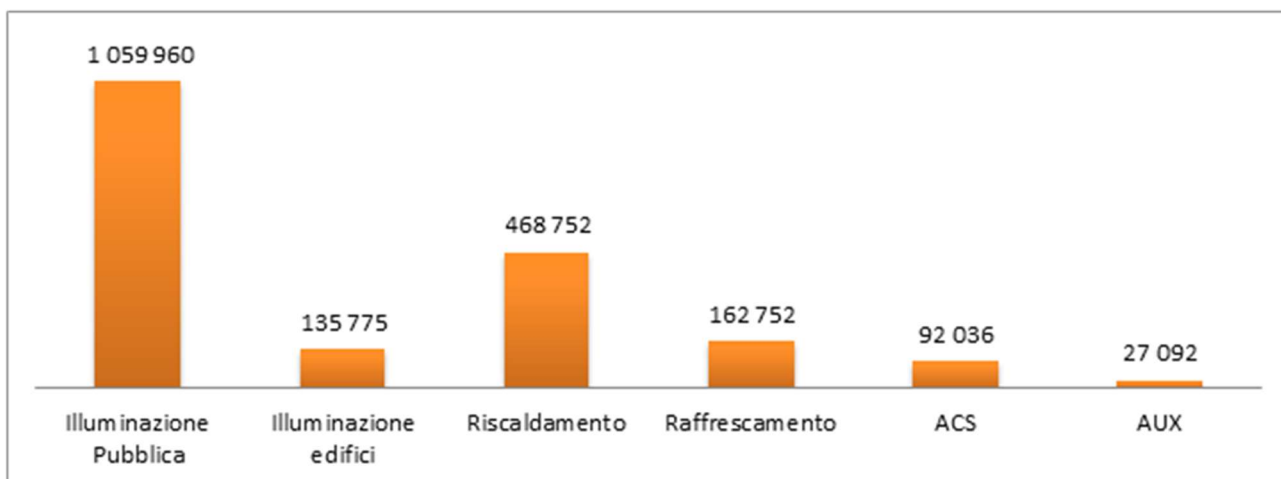


Figura 9. ZONA 1, Terminal Darsena Toscana. Stima della domanda annuale di energia primaria per tipologia ($\frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$).

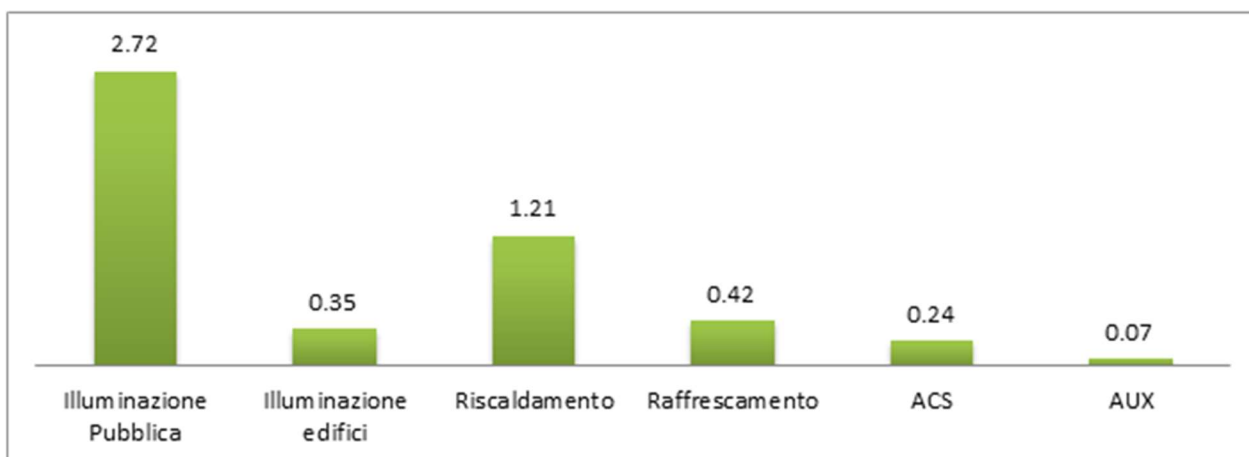


Figura 10. ZONA 1, Terminal Darsena Toscana. Stima della domanda attuale specifica di energia primaria per tipologia ($\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{zona}}\text{anno}}$).

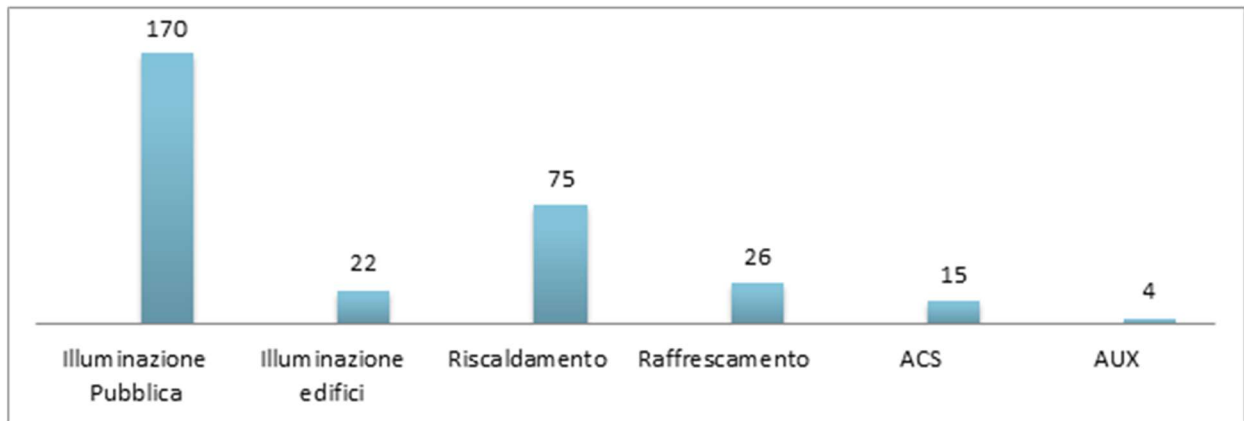


Figura 11. ZONA 1, Terminal Darsena Toscana. Stima della domanda equivalente annuale (teorica) di GNL per tipologia (m3 @ criogenic conditions¹⁴)

¹⁴ PCS = 50 MJ/kg; Densità=450 kg/m3; Temperature = -162.4 °C; Pressure = 25 kPa.

Database Descrittori & KPIs

NOME	Area (Sq Meters)	Sup. Edilizia Totale (m2)	Illum. Pubblica (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Illum.edifici (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Risc.(kWh/anno & kWh/m2anno)	Raff. (kWh/anno & kWh/m2anno)	ACS (kWh/anno & kWh/m2anno)	AUX (kWh/anno & kWh/m2anno)	Fabbisogno Totale di energia primaria (kWh/anno)
ZONA 1	553.217	2.675	1.059.960	135.775	133.929	65.101	102.262	27.092	1.421.856,89
			2,725	0,349	0,344	0,167	0,263	0,070	3,66
ZONA 1A	154.097	-	175.200	-	-	-	-	-	175.200,00
			1,137	-	-	-	-	-	1,14

ZONA 1B	50.391	-	21.900	-	-	-	-	-	21.900,00
			0,435	-	-	-	-	-	0,43
ZONA 1C	128.841	3.734	102.200	74.113	73.150	35.035	52.403	29.663	314.160,25
			0,89	0,64	0,64	0,30	0,46	0,26	2,73
ZONA 1D	193.645	44.186	210.240	1.546.383	1.792.341	219.371	977.132	945.766	4.714.100,51
			5,47	40,24	46,64	5,71	25,43	24,61	122,68
ZONA 2	95.440	4.779	21.900	205.694	231.666	50.891	138.218	129.005	639.156,49
			0,229	2,155	2,427	0,533	1,448	1,352	6,70
ZONA 2A	80.148	1.290	74460	70950	70029	33540	50167	51.951	300.929,57
			0,929	0,885	0,874	0,418	0,626	0,648	3,75

ZONA 3	165.330	628	153300	34540	34091	16328	36996	36.996	275.255,43
			0,927	0,209	0,206	0,099	0,224	0,224	1,66
ZONA 3A	113.990	888	153300	18186	42430	9593	25777	36.975	260.483,91
			1,345	0,160	0,372	0,084	0,226	0,324	2,29
ZONA 4	78.167	3.036	48180	132868	147146	32032	87271	44.750	404.976,03
			0,6	1,7	1,9	0,4	1,1	0,6	5,18
ZONA 5	76.592	2.852	135780	106164	138401	32293	86323	88.477	501.115,54
			1,77	1,39	1,81	0,42	1,13	1,16	6,54
ZONA 6	256.071	5.624	96360	244986	290360	58549	172497	86.275	776.530,07
			0,376	0,957	1,134	0,229	0,674	0,337	3,03

ZONA 6A	2.295.343	204.740	96.508	10.711	2.918	1.070.405	45.855	71.717	1.252.258
			0,042	0,005	0,001	0,466	0,020	0,031	0,55
ZONA 7	209.221	7.953	416100	246197	367399	38853	203698	125.188	1.193.736,32
			1,989	1,177	1,756	0,186	0,974	0,598	5,71
ZONA 8	105.325	223	416100	246197	367399	38853	203698	125.188	1.193.736,32
			3,951	2,337	3,488	0,369	1,934	1,189	11,33
ZONA 9	79.305	-	100740	0	0	0	0	-	100.740,00
			1,270	0,000	0,000	0,000	0,000	-	1,27
ZONA 10	248.504	97.138	87600	3843800	4182950	687486	2425698	1.122.753	9.924.589,50
			0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,94

ZONA 11	149.028	35.730	87600	1422472	1711025	349500	927247	440.512	4.011.108,84
			0,588	9,545	11,481	2,345	6,222	2,956	26,92
ZONA 12	203.169	203.169	87600	1084913	1472506	362608	893178	381.148,69286	3.388.775,62
			0,431	5,340	7,248	1,785	4,396	1,876	30,04
ZONA 13	310.982	5723	87600	205365	291923	105913	205543	87.579	778.380,06
			0,282	0,660	0,939	0,341	0,661	0,282	2,50
ZONA 14	453.794	15894	87600	870822	862257	411933	617588	278.844	2.511.454,81
			0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,614	5,53
ZONA 15	40.024	12228	87600	504405	497854	238446	356650	164.929,02857	1.493.234,31
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ZONA 16	79.189	22466	87600	283130	1056297	210736	725511	229.072,31429	1.866.835,46
			1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,57
ZONA 17	356.178	50018	87600	5436683	2497837	1114503	1871349	762.950	9.899.572,96
			0,25	15,26	7,01	3,13	5,25	2,14	27,79
ZONA 18	235.682	2392	87600	263120	259703	124384	186044	90.225	825.031,54
			0,372	1,116	1,102	0,528	0,789	0,383	3,50

Tabella 8: Database Descrittori & KPIs.

NB

Particolare incertezza per i valori in arancione e rosso.

I KPIs sono progettati per la stima della domanda onshore che comprende esattamente i consumi per illuminazione pubblica, illuminazione edifici, riscaldamento edifici, raffrescamento edifici, produzione di ACS e ausiliari (elettrici). Non vengono inclusi consumi di gasolio per movimentazione container, container refrigerati, attività speciali e impianti meccanici. Per queste voci è necessaria una valutazione puntuale per ogni concessionario.

In linea di massima, si stima che la domanda di energia primaria ottenibile attraverso questi KPIs rappresenta all'incirca il 5-10% della domanda totale di energia primaria dei terminalisti di movimentazione container (e.g. ZONA1), includendo quindi anche i consumi di energia elettrica, gasolio ed eventualmente benzina, per processi industriali, movimentazione e refrigerazione container, etc.

Spostandosi su altre tipologie di zone, la percentuale di consumo rispetto al totale naturalmente varia in funzione delle attività svolte nell'area oggetto di analisi. Nello specifico, per alcune tipologie di zone (diverse da multipurpose e cantieristica) tale valore potrebbe rappresentare effettivamente il consumo totale di energia a livello zonale. In ogni caso, è sempre opportuno verificare e contestualizzare tale valore rispetto i dati di consumo aggregati.

Stima della domanda attuale per il porto di Livorno

La domanda di energia per l'area del porto di Livorno relativa esclusivamente all'area definita come "onshore" (uffici+residenziale+capannoni+illuminazione pubblica), si attesterebbe in un range di 45-55¹⁵ GWh/anno. Nello specifico, questa stima comprende **l'illuminazione pubblica, i capannoni industriali muniti di impianti tecnici, gli uffici e gli edifici residenziali**, per un totale di 188 elementi edilizi, di cui 41 capannoni e 147 uffici e abitazioni residenziali per un totale di circa 2.000.000 di metri cubi lordi¹⁶. Da questa stima, vengono dunque **esclusi i container refrigerati ed i capannoni speciali** (e.g. capannoni refrigerati) e **consumi di gasolio** per attività di movimentazione merci, trasporto interno vari ed eventuali. È opportuno evidenziare come questa stima, con riferimento esclusivo ai terminal multipurpose e cantieristica, potrebbe rappresentare un valore pari al **5-15%** rispetto alla domanda totale di energia di questa tipologia di zone. È inoltre opportuno evidenziare che, in questa fase preliminare di studio, questo valore è ancora soggetto ad un sensibile livello di incertezza a causa della limitata disponibilità di informazioni in merito ai consumi relativi all'illuminazione pubblica per le aree diverse dalla ZONA 1 ed ai consumi relativi ai capannoni industriali provvisti di impianti meccanici/tecnici. In questo senso, ogni capannone avrà le proprie caratteristiche in termini di fabbisogni, le quali dipendono dal tipo di attività produttiva che essi ospitano. A titolo esemplificativo, alcune attività produttive possono raggiungere una domanda energetica di 4 GWh elettrici e 5 GWh termici, per una superficie di 35.000 metri quadrati¹⁷. Dunque, per questo motivo, nelle fasi successive dello studio, è possibile che venga registrata una sensibile variazione nelle stime proposte rispetto la fase preliminare (attuale).

Tuttavia, volendo escludere completamente l'apporto energetico connesso all'illuminazione pubblica ed ai capannoni industriali (poiché esse sono le fonti caratterizzate da maggiore incertezza) è possibile stimare il fabbisogno di energia primaria relativo ai soli uffici ed alle sole abitazioni presenti nelle zone analizzate. In questo caso, il valore stimato per i rimanenti 147 elementi edilizi, disposti su di una superficie totale netta

¹⁵ Dato soggetto ad elevata incertezza.

¹⁶ Il volume lordo include la muratura degli edifici e la sovrastima caratteristica del rilievo tramite strumento di georeferenziazione.

¹⁷ Stabilimento Ceresole D'Alba. Viessmann. Disponibile online: <https://industriale.viessmann.it/blog/cosa-sapere-riscaldamento-capannoni-industriali> (accessed 11/02/2019).

pari a 915.000 metri quadri, sarà equivalente a circa **26-28 GWh/anno** (escludendo l'illuminazione dei piazzali e consumo derivante dai capannoni).

Stima della domanda di energia prospettica

In una prospettiva di integrazione del GNL, le criticità degli obiettivi connessi alla stima dei fabbisogni energetici portuali, possono essere facilmente gestite tramite un approccio strategico alla progettazione esecutiva che preveda, ad esempio, un'agevole scalabilità dei volumi di stoccaggio del GNL onshore. In questo senso, anche l'ottimizzazione dei parametri dimensionali impiantistici potrebbe essere affrontata in più fasi dunque, in modo funzionale alle esigenze energetiche onshore. Inoltre, un approccio progettuale flessibile diventa necessario nel momento in cui l'integrazione del GNL coinvolge anche settori complementari (trasporti, mobilità interna, etc.) evitando così di precludere la possibilità di raggiungere un'integrazione ottimale rispetto a cambiamenti tecnologici, strutturali o logistici, non possibili da prevedere a priori su scale temporali dilatate.

A tal fine, l'informazione necessaria per contestualizzare il problema da un punto di vista ingegneristico e valutare l'impatto delle ipotesi effettuate si può ottenere per mezzo di una sensitivity analysis. Per questo motivo, in tabella 9 vengono riportati i principali interventi di riqualificazione energetica onshore escludendo, invece, possibili integrazioni laterali con il settore della mobilità e progetti di elettrificazione di banchine previsti o in corso.

In tabella 9, in relazione al caso di studio preso in esame, viene fornito un ranking dei possibili interventi di riqualificazione, mentre in figura 12, viene proposta una analisi di sensitività rispetto al caso di studio di Livorno.

Possibili interventi di retrofitting	Priorità
Riqualificazione involucro edilizio uffici	Medio-alta
Sostituzione impianti HVAC uffici	Medio-alta
Illuminazione uffici e capannoni con tecnologia LED	Medio-alta
Illuminazione piazzali con tecnologia LED	Alta
Cogenerazione a gas	Media
Mix ottimale	-
Solare termico	Medio-alta
Fotovoltaico + mobilità elettrica	Alta

Tabella 9: Interventi di riqualificazione energetica individuati.

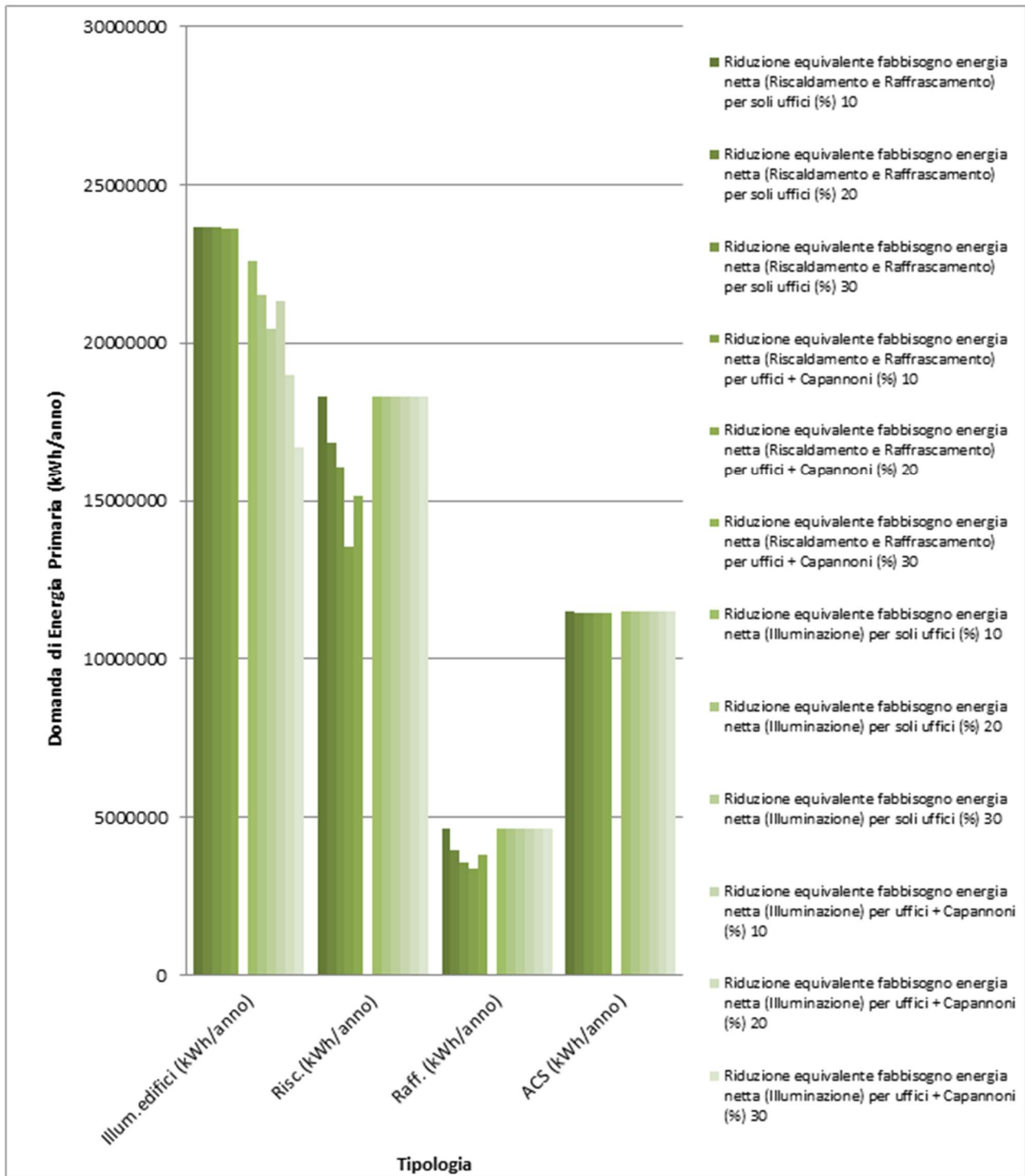


Figura 12. Analisi di sensitività per diversi scenari generici per l'area relativa al porto di Livorno.

SCENARIO				Illum. Pubblica (kWh/anno)	Illum.edifici (kWh/anno)	Risc.(kWh/anno)	Raff. (kWh/anno)	ACS (kWh/anno)	AUX (kWh/anno)	SUB TOTALE DOMANDA ELETTRICA (kWh/anno)	m3 GNL @ C.C.	Riduz. %
Attuale				4061720	23648410	18309107	4653871	11478572	6295230	46992860	7519	0%
1	Riqualificazione involucro edilizio	Riduzione equivalente fabbisogno energia netta (Riscaldamento e Raffrascamento) per soli uffici (%)	10	4061720	23648410	17568813	4298789	11476970	6174174	45874846	7340	2%
			20	4061720	23648410	16828519	3943707	11475369	6053119	44756832	7161	5%
			30	4061720	23648410	16088224	3588625	11473768	5932064	43638818	6982	7%
2	Riqualificazione involucro edilizio	Riduzione equivalente fabbisogno energia netta (Riscaldamento e Raffrascamento) per uffici + Capannoni (%)	10	4061720	23639359,81	16722675,06	4225211,52	11476970,49	6032687,86	44889135,39	7182	4%
			20	4061720	23630310	15136243	3796552	11475369	5770146	42785410	6846	9%
			30	4061720	23621260	13549811	3367893	11473768	5507604	40681685	6509	13%
3	Riduzione fabbisogni di illuminazione edifici	Riduzione equivalente fabbisogno energia netta (Illuminazione) per soli uffici (%)	10	4061720	22576480	18309107	4653871	11478226	6219220	45912343	7346	2%
			20	4061720	21504551	18309107	4653871	11477881	6143211	44831825	7173	5%
			30	4061720	20432621	18309107	4653871	11477536	6067202	43751307	7000	7%

4	Riduzione fabbisogni di illuminazione edifici + capannoni	Riduzione equivalente fabbisogno energia netta (Illuminazione) per uffici + Capannoni (%)	10	4061720	21331378	18309107	4653871	11478226	6094710	45203459	7233	4%
			20	4061720	19014346	18309107	4653871	11477881	5894190	43414057	6946	8%
			30	4061720	16697314	18309107	4653871	11477536	5693671	41624656	6660	11%

Tabella 10: Overview sensitive analysis.

Definizione Linee Guida Generali

In questo paragrafo viene proposta una metodologia sistematica quale strumento di supporto alla gestione dei progetti di auditing energetico preliminare in ambito portuale onshore. Il punto di forza di tale metodologia risiede nell'adozione di una strategia di gestione dell'incertezza tramite l'ausilio di un approccio analitico di tipo euristico.

Come mostrato in figura 13, a tal fine, gli elementi principali di questo strumento, possono essere ridotti in quattro semplici punti:

- Descrittori e Key Performance Indicators (strumenti)
- Database e Database Manager (strumenti)
- Database Tuning & Extension system (attività chiave)
- Uncertainty management (attività chiave + enti di riferimento)

Lo scopo dei Descrittori & KPIs è quello di individuare la domanda di energia primaria in ambito onshore. Tali strumenti sono dunque reperibili in un Database il quale viene periodicamente aggiornato in modo iterativo su responsabilità di un Database Manager (database tuning). Questo ultimo avrà il compito di gestire i flussi di informazioni relativi ai casi di studio con lo scopo ultimo di procedere ad un upgrade degli strumenti per l'assessment energetico portuale (Database extension). La gestione dell'incertezza potrà essere effettuata in modo qualitativo o quantitativo in base alla disponibilità di informazioni puntuali per le varie zone analizzate.

A tal fine, lo scambio di informazioni con gli enti chiave (Autorità Portuale, Catasto e Demanio Marittimo, concessionari, etc.) risulterà necessario per l'accesso a informazioni non facilmente reperibili. Similmente, le informazioni pubbliche e.g. Piani Energetici Ambientali Portuali, Audit Energetici, Piano Regolatore Portuale o progetti di ricerca, saranno sicuramente uno strumento fondamentale per la validazione dei risultati in ambito portuale nella fase preliminare dei progetti di auditing energetico onshore.

Concludendo, il livello di risoluzione del lavoro di analisi energetica sarà funzionale alla tipologia di intervento prospettico in termini di integrazione del vettore GNL e dunque, come intuitivo, il processo iterativo dovrà essere modulato in base a tale prospettiva.

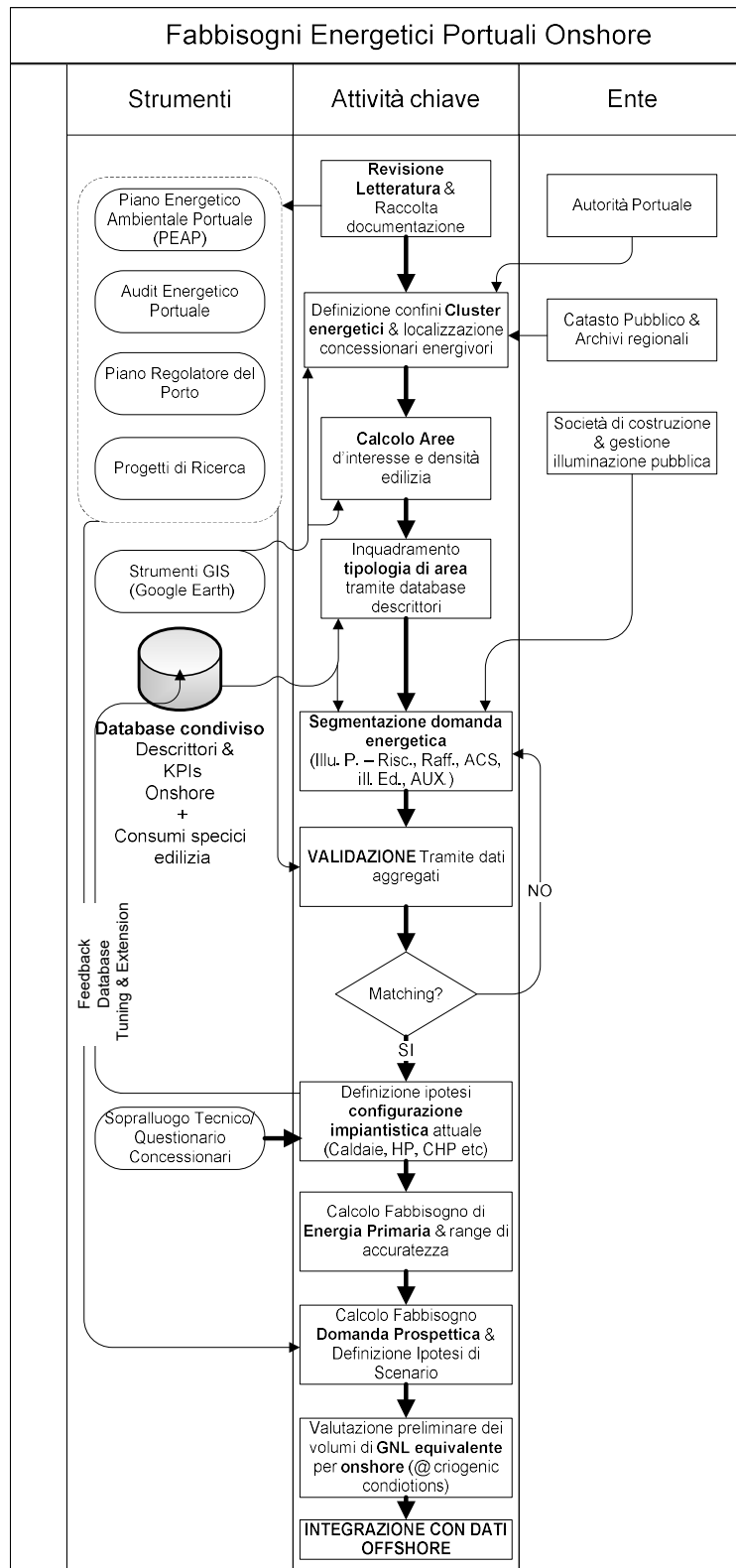


Figura 13. Metodologia per l'assessment dei fabbisogni energetici portuali onshore.

Discussione e Conclusioni

In questa prima parte di studio è stata proposta una metodologia di gestione dei processi di auditing energetico per la segmentazione della domanda di energia primaria in aree portuali relative alle attività esclusivamente onshore. A tal fine, partendo da un caso di studio caratteristico, sono stati individuati e progettati gli strumenti a supporto della metodologia stessa (database di Descrittori e KPIs) utilizzando un metodo euristico come strategia di aumento della risoluzione dell'analisi energetica, nonché per la gestione dell'incertezza che caratterizza i processi di analisi su larga scala.

Dall'esperienza degli autori, emergono diversi punti sui quali certamente esiste un margine di miglioramento che potrebbe favorire il raggiungimento di un processo di auditing ottimale. In questo senso, dovrà essere effettuato uno sforzo in futuro in diverse direzioni, coinvolgendo aspetti organizzativi e tecnici tra cui: coordinazione e coinvolgimento degli stakeholders, impiego di tecnologie ICT per il monitoraggio dei consumi online. Servizi di mentoring per gli stakeholders per la sensibilizzazione all'uso razionale dell'energia e l'individuazione strategica di best practice nell'uso e nella riqualificazione delle aree portuali tramite l'impiego ottimale del GNL come vettore energetico alternativo.

Bibliografia e sitografia

[1] Fabbisogni Energetici: case e uffici sotto la lente. Disponibile online:

http://www.eurac.edu/en/research/technologies/renewableenergy/publications/Documents/EURAC_RenEne_RFedrizzi-CDipasqualeetici_CasaAndClima54_042015.pdf (accesso 05/02/2018).

[2] ENEA: Studio comparativo tra fabbisogni energetici netti, lato edificio, sia per la climatizzazione estiva che per quella invernale di edifici residenziali e del settore terziario situati in climi differenti Disponibile online:

http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/fabbisogni-consumi-energetici/4-univ-pd-ob-b-1.pdf (accesso 05/02/2019).

PARTE 2

Estensione dello studio alle aree portuali d'interesse

Parte 2 – Estensione Area di Analisi

PREMESSA

In questa seconda parte dello studio, viene proposta una estensione dell'analisi a tutta l'area di interesse comprendendo i porti di Cagliari, Genova, Oristano, Tolone, Bastia, Nizza e Portoferraio. In mancanza delle informazioni relative ai dati aggregati di consumo per alcune di queste zone la stima della domanda energetica potrà essere effettuata con un grado di risoluzione ridotto (solo onshore), rispetto alle zone per le quali vi è una maggiore disponibilità di dati.

Area portuale di Cagliari

L'area portuale di Cagliari analizzata in questo studio conta una superficie totale pari a circa 2.000.000 di metri quadrati. Le macroaree individuate sono assimilabili alle categorie 1, 2, 4, 8, 10, 11, 12, 16 e 17 e queste sono localizzate con una distribuzione peculiare a "macchia di leopardo". La domanda totale di energia primaria onshore come intesa nell'ambito del presente elaborato, nel caso del porto di Cagliari, è stimata nell'intorno di **27 GWh/anno**¹⁸, di cui **22 GWh/anno** presumibilmente elettrici.

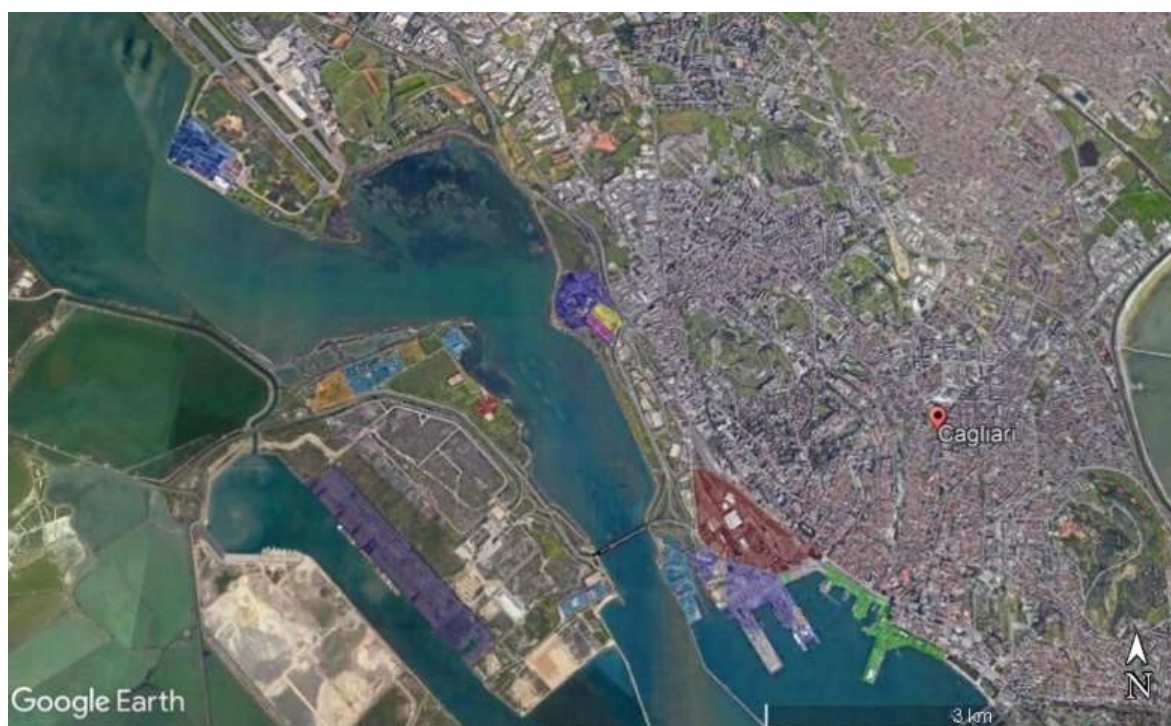


Figura 14. Cagliari, porto.

¹⁸ Dato soggetto a incertezza.

CAGLIARI	Superficie (m2)	Densita' Edilizia / m2_zona	Illum. Pubblica (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Illum.edifici (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Risc.(kWh/anno & kWh/m2anno)	Raff. (kWh/anno & kWh/m2anno)	ACS (kWh/anno & kWh/m2anno)	AUX (kWh/anno & kWh/m2anno)	Fabbisogno Totale di energia elettrica (kWh/anno)	metri cubi/anno equivalenti di GNL @ Condizioni Criogeniche
ZONA_1	491.426	0,019	1.339.054	171.525	129.188	169.193	34.225	82.242	1.891.203	303
			2,725	0,349	0,263	0,344	0,070	0,167	3,848	
ZONA_2	242.761	0,190	55.705	523.203	589.266	129.447	351.570	328.137	1.625.757	260
			0,229	2,155	2,427	0,533	1,448	1,35169	6,697	
ZONA_12	140.494	0,762	60.577	750.231	1.018.257	250.748	617.644	263.569	2.343.382	375
			0,431	5,340	7,248	1,785	4,396	1,876	16,680	
ZONA_8	20.727	0,011	81.885	48.449	72.301	7.646	40.086	24.636	234.916	38
			3,951	2,337	3,488	0,369	1,934	1,189	11,334	

ZONA_10mod*	31.897	ND	11.244	493.375	536.907	88.243	311.353	144.112	1.273.881	204
			0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONA_16	94.772	1,344	104.838	338.845	1.264.158	252.205	868.279	274.150	2.234.196	357
			1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONA_2bis	36.368	0,190	8.345	78.381	88.278	19.392	52.669	49.158	243.555	39
			0,229	2,155	2,427	0,533	1,448	1,35169	6,697	
ZONA_4	13.889	0,155	8.561	23.608	26.145	5.692	15.507	7.951	71.958	12
			0,616	1,700	1,882	0,410	1,116	0,572	5,181	
ZONA_16bis	111.790	1,344	123.664	399.691	1.491.160	297.493	1.024.194	323.378	2.635.385	422
			1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONA_14	307.414	0,144	59.343	589.921	584.119	279.056	418.373	188.898	1.701.337	272
			0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,614	5,534	

ZONA_17	165.634	0,522	40.737	2.528.229	1.161.573	518.279	870.236	354.796	4.603.614	737
			0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONA_11	383.540	1,052	74.038	736.005	728.767	348.159	521.976	235.675	2.122.645	1.652
			0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,614	5,534	
ZONA_16tris	41.786	1,344	46.224	149.400	557.381	111.200	382.834	120.876	985.081	158
			1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	

Tabella 11: Fabbisogno attuale di energia primaria, porto di Cagliari.

NB

Validazione pendente per caselle in arancione.

Area portuale di Genova

L'area portuale di Genova analizzata in questo studio conta una superficie totale pari a circa 5.900.000 di metri quadrati. Le macroaree individuate sono assimilabili alle categorie 1, 2, 7, 8, 10, 11, 14, 16 e 17. La domanda totale di energia primaria onshore nel caso del porto di Genova è stimata nell'intorno di **90 GWh/anno¹⁹ di cui 74 GWh/anno presumibilmente elettrici.**



Figura 15: Genova, porto.

¹⁹ Dato soggetto a incertezza.

GENOVA	Superficie (m2)	Illum. Pubblica (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Illum.edifici (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Risc.(kWh/anno & kWh/m2anno)	Raff. (kWh/anno & kWh/m2anno)	ACS (kWh/anno & kWh/m2anno)	AUX (kWh/anno & kWh/m2anno)	Subtotale domanda di energia elettrica (kWh/anno)	metri cubi/anno equivalenti di GNL @ Condizioni Criogeniche
ZONA_17	268.164	65.953	4.093.242	1.880.604	839.102	1.408.926	574.420	7.453.321	1.418
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONA_14	230.948	44.582	443.185	438.826	209.644	314.307	141.911	1.278.147	255
		0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,614	5,534	
ZONA_11	74.766	43.948	713.641	858.406	175.341	465.191	221.001	2.012.337	396
		0,588	9,545	11,481	2,345	6,222	2,956	26,915	

ZONA_16	187.227	207.113	669.406	2.497.409	498.244	1.715.330	541.597	4.413.770	981
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONA_15	408.707	452.118	1.461.279	5.451.717	1.087.642	3.744.478	1.182.279	9.635.034	2.141
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONA_1	208.000	566.765	72.599	71.612	34.810	54.680	14.486	760.273	130
		2,725	0,349	0,344	0,167	0,263	0,070	3,655	
ZONA_1C	150.000	133.281	96.652	95.396	45.690	68.340	38.684	409.703	76
		0,89	0,64	0,64	0,30	0,46	0,26	2,731	
ZONA_1Cbis	555.297	493.404	357.803	353.156	169.143	252.992	143.207	1.516.712	283
		0,89	0,64	0,64	0,30	0,46	0,26	2,731	

ZONA_1Ctris	106.000	94.185	68.301	67.413	32.288	48.293	27.337	289.523	54
		0,889	0,644	0,636	0,305	0,456	0,258	2,731	
ZONA_17bis	445.987	109.688	6.807.523	3.127.657	1.395.521	2.343.203	955.326	12.395.715	2.358
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONA_16bis	16.301	18.032	58.282	217.438	43.380	149.346	47.154	384.287	85
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONA_10bis	22.620	7.974	349.881	380.752	62.578	220.798	102.198	903.383	180
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONA_10	231.721	81.684	3.584.205	3.900.449	641.056	2.261.876	1.046.927	9.254.321	1.843
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	

ZONA_7	149.357	297.042	175.753	262.276	27.736	145.414	89.368	852.175	160
		1,989	1,177	1,756	0,186	0,974	0,598	5,706	
ZONA_16tris	57.452	63.554	205.412	766.349	152.890	526.362	166.193	1.354.398	301
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONA_1quattris	981.568	2.674.609	342.603	337.945	164.270	258.039	68.361	3.587.787	615
		2,725	0,349	0,344	0,167	0,263	0,070	3,655	
ZONA_2	17.775	4.079	38.309	43.146	9.478	25.742	24.026	119.038	23
		0,229	2,155	2,427	0,533	1,448	1,352	6,697	
ZONA_8	29.868	117.997	69.816	104.187	11.018	57.764	35.501	338.519	63
		3,951	2,337	3,488	0,369	1,934	1,189	11,334	

ZONA_17tris	25.840	6.355	394.420	181.213	80.855	135.763	55.351	718.194	137
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONA_7bis	79.000	157.116	92.962	138.727	14.670	76.914	47.270	450.744	84
		1,989	1,177	1,756	0,186	0,974	0,598	5,706	
Zona_10tris (ex ILVA)	1.349.000	1.214.100	5.369.020	6.610.100	687.990	2.608.956	1.603.401	15.484.611	2.895
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	

Tabella 12: Stima della domanda attuale di energia primaria, porto di Genova (le zone in verde sono state validate e opportunamente confrontate con la domanda totale di energia primaria elettrico + gasolio + benzina. Per le zone evidenziate in arancio non sono pervenute informazioni relative ai consumi aggregati).

Area portuale di Bastia

L'area portuale di Bastia analizzata in questo studio conta una superficie totale pari a circa 215.427 metri quadrati. Dunque, questa area portuale è quella di minore estensione fra quelle considerate in questo studio. Le macroaree individuate sono assimilabili alle categorie 10, 16 e 17. La domanda totale di energia primaria onshore nel caso del porto di Bastia è stimata nell'intorno di **8 GWh/anno²⁰ di cui 7GWh/anno presumibilmente elettrici.**



Figure 16: Bastia, porto

²⁰ Dato soggetto a incertezza.

BASTIA	Superficie (m2)	Illum. Pubblica (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Illum.edifici (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Risc.(kWh/anno & kWh/m2anno)	Raff. (kWh/anno & kWh/m2anno)	ACS (kWh/anno & kWh/m2anno)	AUX (kWh/anno & kWh/m2anno)	Subtotale domanda di energia elettrica (kWh/anno)	metri cubi/anno equivalenti di GNL @ Condizioni Criogeniche
ZONA_17	97.647	24.016	1.490.479	684.788	305.544	513.035	209.165	2.713.990	516
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONA_16	34.604	38.279	123.722	461.581	92.087	317.034	100.100	815.770	181
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	64,895	
ZONA_16bis	13.046	14.432	46.644	174.020	34.718	119.524	37.739	307.552	68
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	64,895	
ZONA_10	70.130	24.721	1.084.754	1.180.465	194.015	684.553	316.851	2.800.806	558
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	104,989	

Tabella 13: Fabbisogno attuale di energia primaria, porto di Bastia.

Area portuale di Nizza

L'area portuale di Nizza analizzata in questo studio conta una superficie totale pari a circa 809.000 metri quadrati. Le macroaree individuate sono assimilabili alle categorie 10, 17 e 18. La domanda totale di energia primaria onshore nel caso del porto di Nizza è stimata nell'intorno di **8 GWh/anno²¹ di cui 7 GWh/anno presumibilmente elettrico**. Nello specifico, i fabbisogni attuali di energia primaria relativi all'area portuale di Nizza aumenterebbero a **14 GWh/anno** di cui 13 GWh/anno presumibilmente elettrico, considerando anche l'area ovest (zona 10) adiacente all'aeroporto.



Figura 17: Nizza, porto.



Figura 18: Nizza, area limitrofa aeroporto.

²¹ Dato soggetto a incertezza.

NIZZA	Superficie (m2)	Illum. Pubblica (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Illum.edifici (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Risc.(kWh/anno & kWh/m2anno)	ACS (kWh/anno & kWh/m2anno)	Raff. (kWh/anno & kWh/m2anno)	AUX (kWh/anno & kWh/m2anno)	Subtotale domanda di energia elettrica (kWh/anno)	metri cubi/anno equivalenti di GNL @ Condizioni Criogeniche
ZONA_17	92.460	22.740	1.411.305	648.412	289.313	485.782	198.054	2.766.292	489
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	29,919	
ZONA_18	8.062	2.997	9.001	8.884	4.255	6.364	3.086	30.331	6
		0,372	1,116	1,102	0,528	0,789	0,383	3,762	
ZONA_10bis	466.737	201.242	1.392.763	1.374.675	658.397	984.782	451.338	4.404.801	810
		0,431	2,984	2,945	1,411	2,110	0,967	9,437	

ZONA_10	88.764	31.290	1.372.980	1.494.122	245.566	866.443	401.040	4.165.876	706
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	46,932	
ZONA_10tris	152.935	65.941	456.365	450.438	215.736	322.682	147.889	1.443.314	265
		0,431	2,984	2,945	1,411	2,110	0,967	9,437	

Tabella 14: Fabbisogni di energia primaria area portuale di Nizza.

Area portuale di Tolone

L'area portuale di Tolone analizzata in questo studio conta una superficie totale pari a circa 3.162.000 metri quadrati. Le macroaree individuate sono assimilabili alle categorie 10, 11, 13, 14, 16, 17 e 18. La domanda totale di energia primaria onshore nel caso del porto di Tolone è stimata nell'intorno di **51 GWh/anno²² di cui presumibilmente 40 GWh/anno di elettrico**. Nello specifico, la elevata densità energetica è assoggettabile ad una forte prevalenza di zone ad alta densità edilizia (zona 10).

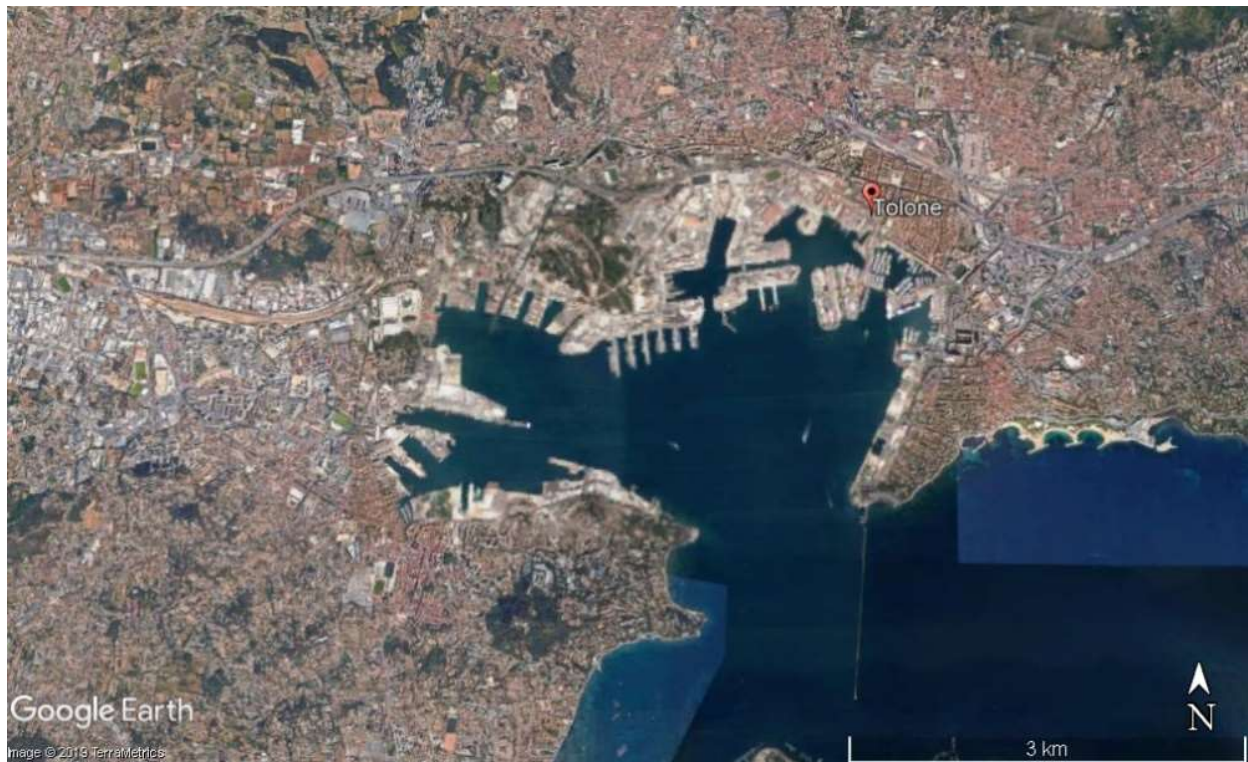


Figura 19: Tolone, porto.

²² Dato soggetto a incertezza.

TOLONE	Superficie (m2)	Illum. Pubblica (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Illum.edifici (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Risc.(kWh/anno & kWh/m2anno)	Raff. (kWh/anno & kWh/m2anno)	ACS (kWh/anno & kWh/m2anno)	AUX (kWh/anno & kWh/m2anno)	Subtotale domanda di energia elettrica (kWh/anno)	metri cubi/anno equivalenti di GNL @ Condizioni Criogeniche
ZONA_10tris	1.503.740	423.586	993.034	1.411.580	512.139	993.896	423.484	3.763.823	761
		0,282	0,660	0,939	0,341	0,661	0,282	2,503	
ZONA_10bis	165.839	58.460	2.565.158	2.791.489	458.794	1.618.788	749.269	6.623.169	1319
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	

ZONA_14	154.607	29.845	296.688	293.770	140.345	210.411	95.002	855.649	171
		0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,61447	5,534	
ZONA_10	162.366	57.236	2.511.438	2.733.030	449.186	1.584.887	733.578	6.484.467	1291
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	104,989	
ZONA_16	117.956	130.485	421.736	1.573.408	313.902	1.080.685	341.215	2.780.745	618
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONA_13	77.048	21704	50881	72326	26241	50925	21698	192849	39
		0,282	0,660	0,939	0,341	0,661	0,282	2,503	
ZONA_11	211.097	124085	2014920	2423654	495064	1313438	623982	5681704	1119
		0,588	9,545	11,481	2,345	6,222	2,956	26,915	

ZONA_18	255.232	94866	284946	281245	134702	201477	97709	893469	175
		0,372	1,116	1,102	0,528	0,789	0,383	3,501	
ZONA_17	229.783	56.514	3.507.396	1.611.443	719.005	1.207.273	492.206	6.386.564	1215
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONA_16bis	284.620	314851	1017622	3796528	757424	2607622	823329	6709754	1491
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	

Tabella 15: Fabbisogni di energia primaria area portuale di Tolone.

Area portuale di Oristano

L'area portuale di Oristano analizzata in questo studio conta una superficie totale pari a circa 937.500 metri quadrati. Le macroaree individuate sono assimilabili alle categorie 10, 6A, e 4. La domanda totale di energia primaria onshore nel caso del porto di Oristano è stimata nell'intorno di **20 GWh/anno**²³. Nell'area, una buona parte dei capannoni industriali sono provvisti di impianto fotovoltaico, dunque buona parte del fabbisogno di energia primaria stimato è da intendersi al lordo della produzione elettrica rinnovabile.



Figura 20: Oristano, porto.

²³ Dato soggetto a incertezza e relativo all'area onshore.

ORISTANO	Superficie (m2)	Illum. Pubblica (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Illum.edifici (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Risc.(kWh/anno & kWh/m2anno)	Raff. (kWh/anno & kWh/m2anno)	ACS (kWh/anno & kWh/m2anno)	AUX (kWh/anno & kWh/m2anno)	Subtotale domanda di energia elettrica (kWh/anno)	metri cubi/anno equivalenti di GNL @ Condizioni Criogeniche
ZONA_10tris	75.309	26.547	1.164.861	1.267.641	208.342	735.106	340.250	3.007.641	599
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONA_10bis	57.083	20.122	882.946	960.851	157.920	557.199	257.904	2.279.743	454
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONA_6A	186.812	70.298	178.725	211.827	42.714	125.842	62.940	566.504	111
		0,376	0,957	1,134	0,229	0,674	0,337	3,032	

ZONA_10	146.355	51.592	2.263.784	2.463.524	404.891	1.428.601	661.239	5.845.030	1164
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONA_10quinc	25.294	8.916	391.241	425.762	69.976	246.900	114.280	1.010.175	201
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONA_4	119.382	73584	202925	224732	48921	133286	68345	618507	120
		0,616	1,700	1,882	0,410	1,116	0,572	5,181	
ZONA_4bis	216.499	133444	368004	407551	88719	241715	123943	1121661	218
		0,616	1,700	1,882	0,410	1,116	0,572	5,181	
ZONA_4tris	51.217	31569	87058	96414	20988	57182	29321	265351	52
		0,616	1,700	1,882	0,410	1,116	0,572	6,297	
ZONA_10quattris	59.588	18054	792212	862111	141692	499939	231401	2045471	407
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	34,327	

Tabella 16: Fabbisogno di energia primaria, area portuale di Oristano.

Area portuale di Portoferraio

L'area portuale di Portoferraio analizzata in questo studio conta una superficie totale pari a circa 526.970 metri quadrati. Le macroaree individuate sono assimilabili alle categorie 17, 16, e 10. La domanda totale di energia primaria onshore nel caso del porto di Oristano è stimata nell'intorno di **21 GWh/anno²⁴ di cui 16 GWh/anno presumibilmente elettrico**. Tuttavia, escludendo la zona 10 (in giallo, Figura 24), la domanda totale di energia primaria scenderebbe a 10 GWh/anno di cui 7 GWh/anno presumibilmente di elettrico.



Figura 21: Portoferraio, porto.

²⁴ Dato soggetto a incertezza e relativo all'area onshore.

PORTOFERRAIO	Superficie (m2)	Illum. Pubblica (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Illum.edifici (kWh/anno & kWh/m2 anno)	Risc.(kWh/anno & kWh/m2anno)	Raff. (kWh/anno & kWh/m2anno)	ACS (kWh/anno & kWh/m2anno)	AUX (kWh/anno & kWh/m2anno)	Subtotale domanda di energia elettrica (kWh/anno)	metri cubi/anno equivalenti di GNL @ Condizioni Criogeniche
ZONA_10	225.830	79.607	3.493.084	3.801.289	624.759	2.204.372	1.020.311	9.019.050	1796
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONA_16	32.037	35.440	114.544	427.340	85.256	293.516	92.674	755.254	168
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONA_16bis	232.217	256.882	830.262	3.097.528	617.971	2.127.518	671.741	5.474.383	1216
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	

ZONA_17	36.886	40.804	131.881	492.020	98.160	337.941	106.701	869.566	193
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	

Tabella 17: Fabbisogno di energia primaria, area portuale di Portoferraio.

Overview

In figura 22 viene riportata la domanda di energia primaria per tutta l'area di interesse relativo all'ambito onshore (uffici+capannoni+residenziale+illuminazione piazzali). Si è ipotizzato quindi che tale domanda abbia una origine prevalentemente elettrica, così come il riscaldamento venga effettuato tramite pompa di calore piuttosto che tramite caldaia a combustibile fossile, mentre la produzione di ACS è supposta essere effettuata tramite caldaia convenzionali alimentate a combustibile fossile (gas naturale o gasolio). Come precedentemente affermato, si ipotizza che tale stima equivalga al 5-15% circa della domanda totale di energia, con riferimento alle zone altamente "energivore" quali cantieristica e movimentazione container (terminal multipurpose con terminal refer). L'equivalente attuale teorico di GNL relativo al comparto qui definito "onshore", si stima nell'intorno dei **35.800 metri cubi per anno solo per la parte elettrica**.

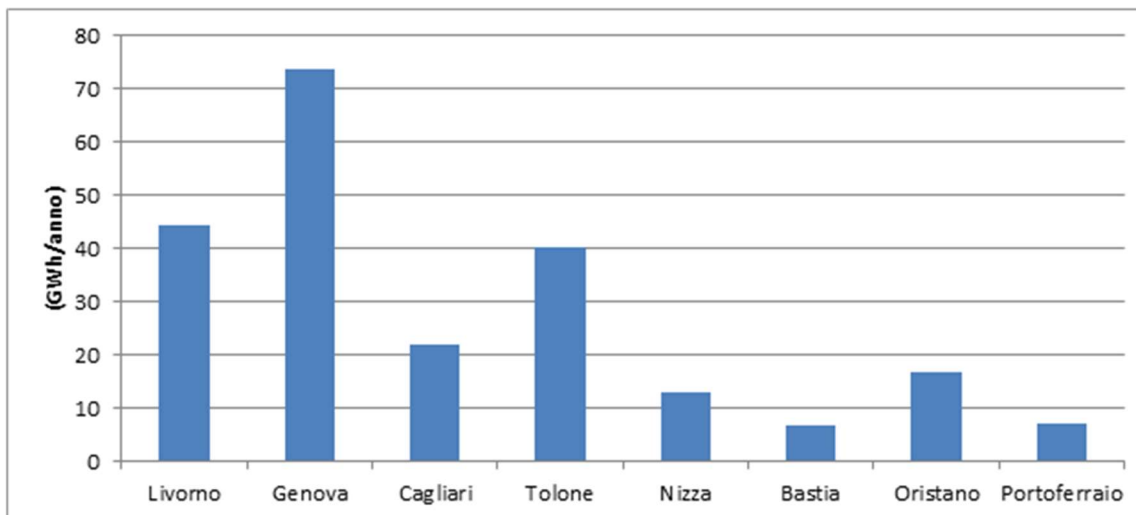


Figura 22. Subtotale domanda di energia elettrica attuale, relativi a tutta l'area d'interesse

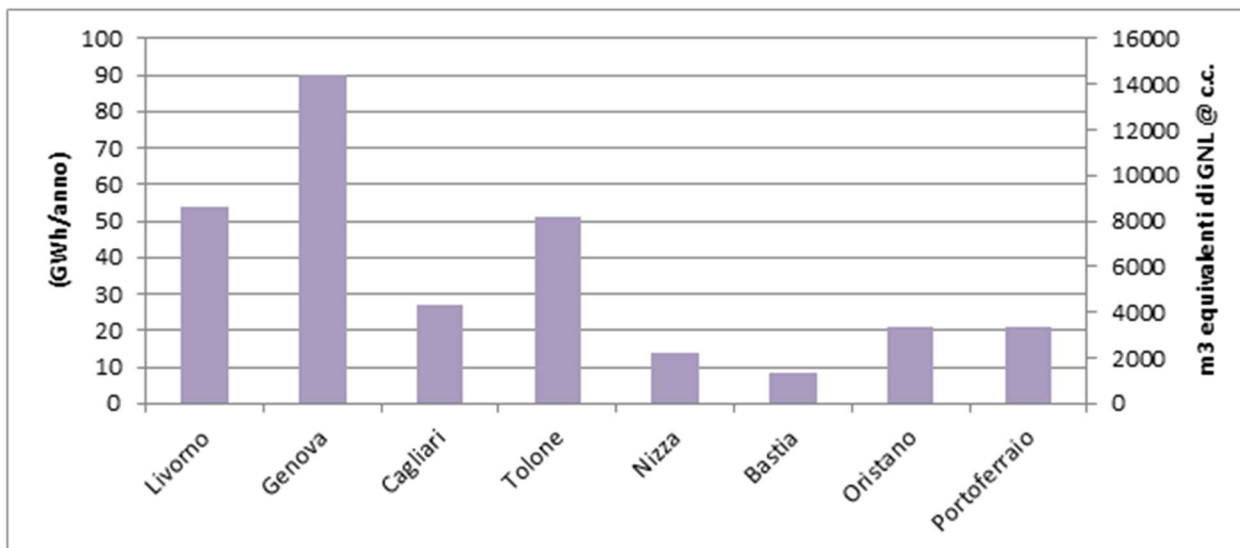


Figura 23. Domanda totale di energia (elettrico + termico) attuale, relativi a tutta l'area d'interesse.

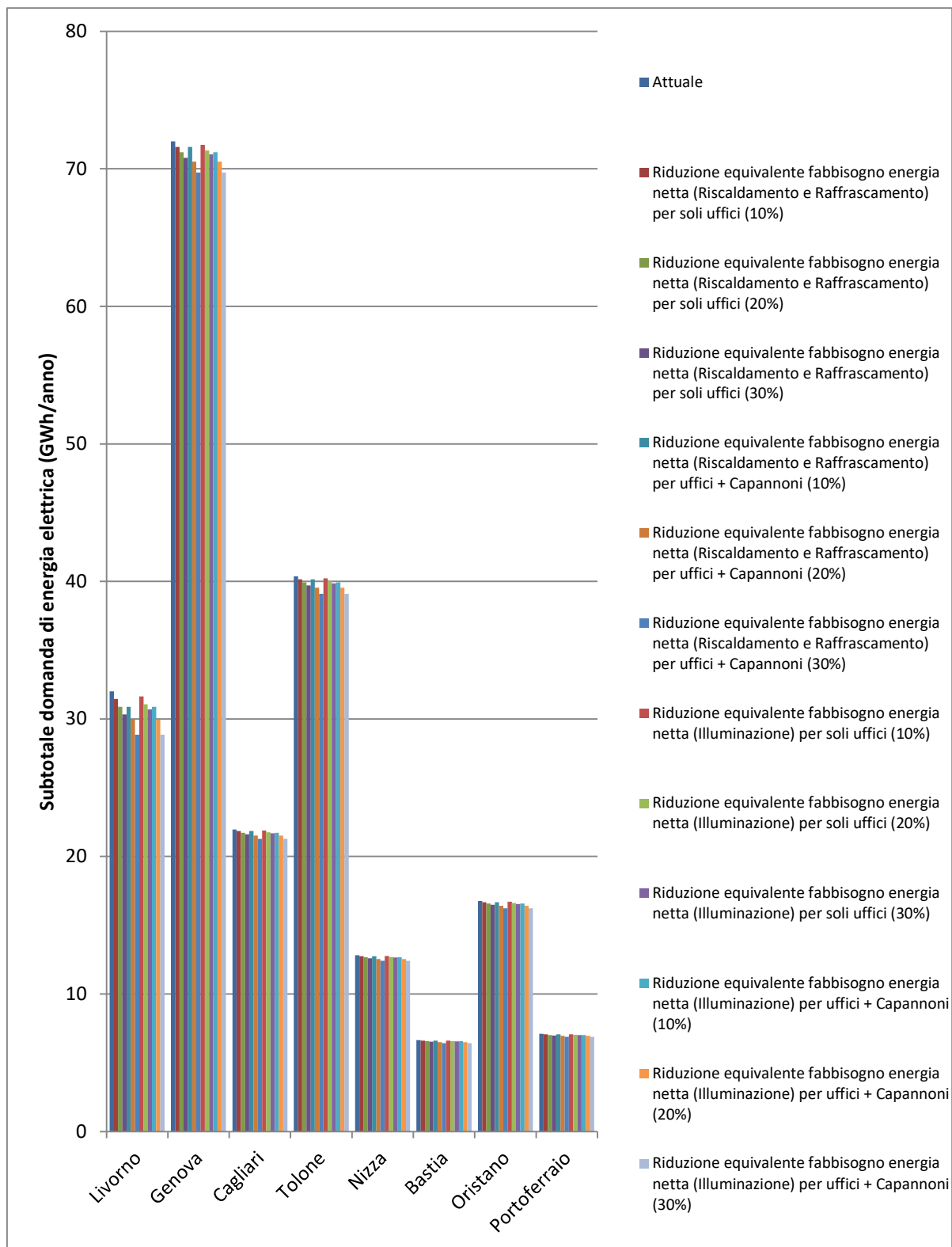


Figura 24: Stima della domanda di energia totale prospettica (elettrico) per differenti scenari e interventi di riqualificazione.

Conclusioni

In questo studio è stata presentata una metodologia per l'elaborazione di una analisi energetica di tipo flessibile e iterativa. Nello specifico, tale metodologia ambisce ad individuare una strategia di gestione che permetta di ridurre sistematicamente, attraverso le varie fasi del processo, i rischi tecnici e l'inevitabile incertezza nelle analisi, che normalmente rischierebbero di pregiudicare l'intero processo di project management. La progettazione di tale metodologia è stata eseguita utilizzando un approccio di tipo *bottom-up* dunque partendo da un caso di studio caratteristico: l'area portuale di Livorno. Da questo campione, sono stati definiti gli strumenti necessari per l'estrapolazione dei valori quantitativi dei fabbisogni di energia primaria per tutte le aree d'interesse comprendente: il porto di Genova, Cagliari, Tolone, Nizza, Bastia, Oristano e Portoferraio.

Dall'analisi effettuata, emerge un quadro che presenta degli interessanti margini di miglioramento energetico che, in linea generale, potrebbe interessare vari ambiti, spaziando dalla riduzione dei fabbisogni di energia per l'illuminazione dei piazzali, all'impiego di una tecnologia (micro-cogenerazione ad esempio) che permetta una produzione energetica più efficiente. Per le aree di movimentazione container, è opportuno valutare la possibilità di effettuare interventi strategici per la riduzione dei fabbisogni energetici per la refrigerazione dei container particolarmente per i porti commerciali di Livorno, Genova, Tolone e Cagliari. Si nota come, i fabbisogni di energia primari dell'area onshore stimati in questo studio, siano in tutti i porti siano perlopiù connessi ad una domanda di energia elettrica. Questa preponderanza deriva dall'assunzione iniziale che tutti gli edifici siano equipaggiati con pompa di calore per il condizionamento ed il riscaldamento degli ambienti. In realtà, alcuni di essi potrebbero in minor parte essere muniti di caldaia alimentata a gasolio o metano. Dunque, è evidente che questa assunzione potrebbe portare a sovrastimare i consumi stimati con questa metodologia. Allora, potrebbe essere possibile ricalcolare un fabbisogno di energia elettrica fino al 15% minore rispetto a quanto attualmente stimato ed una conseguente proporzionale aumento del fabbisogno di energia termica.

Concludendo, si calcola che i valori quantificabili attraverso l'impiego degli strumenti metodologici proposti in questo studio (KPIs), permetta la segmentazione accurata di una quota parte della domanda di energia primaria che rappresenterebbe all'incirca il 5-15% della domanda totale di energia primaria esclusivamente delle zone portuali maggiormente "energivore" i.e. terminal multipurpose e cantieristica²⁵. La stima dei consumi energetici, di questa rimanente parte, può essere agevolmente effettuata, calcolandola come differenza tra i consumi di energia primaria aggregati e i valori stimati tramite lo strumento metodologico proposto in questo studio. Concludendo, particolare attenzione deve essere posta nella durante la fase di classificazione delle zone, assicurando una scelta coerente

²⁵ Questa stima potrebbe non essere valida per zone con attività diverse da quanto descritto.

rispetto le attività effettivamente svolte su ciascuna zona. Infine, è fondamentale sottolineare che tale strumento svolge un ruolo strategico nelle fasi preliminari di assessment energetico, permettendo una analisi agevole e di breve esecuzione. Tuttavia, per una accurata segmentazione energetica è sempre necessario approfondire e validare i risultati tramite audit energetico convenzionale (I, II o III tipo) a livello di edificio-impianto.

Precisazioni

È importante rivolgere l'attenzione ai risultati emersi all'interno del report T 1.3.2 "Database sulla domanda del GNL", in modo da effettuare un confronto doveroso con quanto riportato in questo stesso documento. Infatti, le evidenze emerse dall'analisi riportata nel presente documento sembrerebbero discrepanti con quanto riportato nel documento T 1.3.2. In realtà, entrambi i lavori conducono agli stessi risultati.

Per capire e correttamente interpretare i documenti, è necessario porre l'attenzione sulle ipotesi e sull'approccio che è stato seguito nell'elaborazione degli stessi.

Per quanto riguarda i risultati proposti nel presente documento, è importante ricordare come l'analisi si sia basata sui dati di consumo elaborati a partire dal calcolo di KPIs specifici per ogni zona d'interesse, a partire da dati misurati. La stima risulta, quindi, molto accurata per l'ambito a cui fa riferimento, ossia la stima di energia primaria attuale per i porti considerati, considerando illuminazione pubblica, capannoni muniti di impianti tecnici, uffici ed edifici residenziali. Dalle stime vengono esclusi i container refrigerati, i capannoni speciali e i consumi di gasolio per attività di movimentazione merci. Va ricordato che, per quanto riguarda esclusivamente i terminal multipurpose e cantieristica, queste stime coprono circa il 5-15% rispetto alla domanda totale di energia. Per le altre tipologie di terminal, queste stime possono rappresentare quote più alte rispetto al totale.

Per ciò che attiene invece le stime di energia primaria riportate sul report T 1.3.2, i risultati riportati nel database sulla domanda di GNL, sono ottenuti considerando i seguenti contributi:

- Domanda marittima di GNL;
- Domanda portuale di GNL;
- Domanda terrestre di GNL.

Risulta quindi chiaro come le discrepanze riscontrabili tra i risultati riportati nei due report discendano dai diversi contributi considerati.

Proiettando i valori sulla base di quanto essi pesino sul totale percentuale dei consumi, i valori ottenibili si allineano su valori che sono confrontabili e che confermano la bontà di entrambe le metodologie di stima dei consumi.