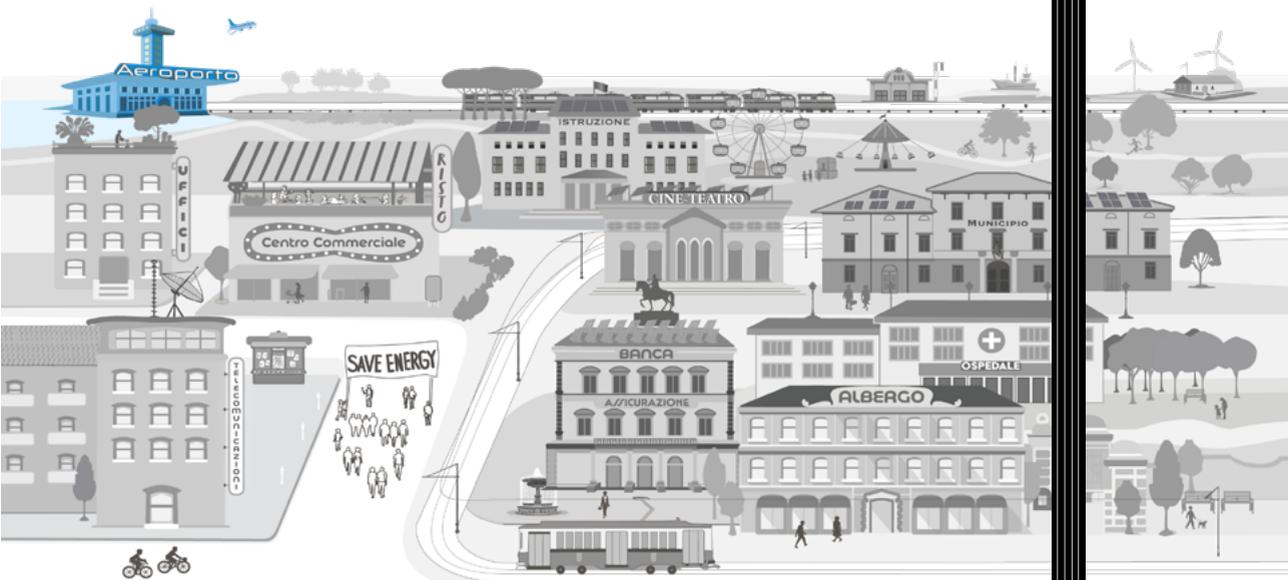


AEROPORTI



Efficienza
Energica
nei Settori
Economici



QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

AGENZIA NAZIONALE
EFFICIENZA ENERGETICA



ENEA DUEE-SPS-ESE

QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

AEROPORTI

Prima edizione Maggio 2024

ISBN Edizione digitale: 978-88-8286-472-9

ISBN Edizione cartacea: 978-88-8286-473-6

Autori

Per ENEA: F. Martini, S. Pistacchio, M. Salvio

Per ENAC: L. Attaccalite, G. Berardi, A. Carrabba, D. Paladino, C. Pandolfi, P. Proietti, A. Ruggieri

Resp. Scientifico della Collana
Quaderni Efficienza Energetica
Fabrizio Martini

Direttore Pianificazione Infrastrutture
ENAC
Costantino Pandolfi

Hanno collaborato

Per ENEA: G. Bruni, A. De Santis, C. Ferrante, C. Herce, L. Leto, C. Martini, F.A. Tocchetti, C. Toro

Per l'Università degli Studi di Firenze: Prof. F. De Carlo, A. Cantini, S. Ferraro, L. Leoni



Questa pubblicazione è stata realizzata nell'ambito del Piano Triennale di realizzazione 2022-2024 della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale. Tema di ricerca 1.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali", finanziato dal Ministero della Transizione Ecologica (ora Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica).

Resp. Scientifico, Miriam Benedetti

Progettazione e realizzazione grafica: Giorgio Scavino

Tipografia: La Commerciale

La presente pubblicazione è rilasciata nei termini della licenza Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it>)

Sommario

Premessa	7
Presentazione.....	9
Prefazione	11
1. Contesto normativo di riferimento	14
1.1 Il quadro internazionale.....	14
1.2 Il PNIEC	17
1.3 La Direttiva Europea Efficienza Energetica ed il suo recepimento in Italia.....	19
1.4 La Diagnosi Energetica o Audit Energetico	22
2. L'ENAC ed il settore aeroportuale civile in Italia.....	28
2.1 L'ENAC	28
2.2 Il settore aeroportuale civile in Italia	29
2.2.1 Dati di Traffico.....	29
2.2.2 Dati di consumo energetico	36
3. La diagnosi energetica	44
3.1 Redazione del rapporto di diagnosi energetica	44
3.2 Alberatura dei consumi energetici.....	48
3.3 Suddivisione del sito aeroportuale in Aree Operative Omogenee (AOO)	52
3.4 Indicatori di prestazione energetica.....	55
3.5 Piano di monitoraggio dei consumi energetici.....	58
3.5.1 Modalità di Misurazione	59
3.5.2 Fasi per la progettazione del piano di monitoraggio	59
3.5.3 Esempio per il monitoraggio energetico.....	61
3.6 Identificazione delle Opportunità di Risparmio Energetico.....	70

4. Interventi di efficienza energetica: soluzioni tecnologiche per il settore degli aeroporti civili	76
4.1 Le macroaree.....	77
4.1.1 Sistemi di Supervisione e Monitoraggio.....	78
4.1.2 Soluzioni di risparmio energetico relative ad elementi strutturali e infrastrutturali.....	79
4.1.3 Viabilità e movimentazione persone e bagagli	80
4.1.4 Impianti elettrici ed illuminazione	81
4.1.5 Impianti di autoproduzione energetica, trasformazione e climatizzazione.....	82
4.1.6 Impianti Ausiliari	87
4.1.7 Sistemi di gestione, Contrattualistica e Accreditamenti.....	88
4.1.8 Altri interventi di impatto ambientale.....	89
5. Bibliografia	92

Premessa

Il presente lavoro è stato svolto all'interno dell'attività di ricerca finanziata con il **"Piano della Ricerca di sistema elettrico per il triennio 2022-2024"**¹ e regolamentata attraverso l'Accordo di Programma² tra MASE e RSE, ENEA e CNR.

L'attività individuata dall'accordo di programma, come previsto dall'articolo 15 della legge 241 del 1990, attraverso la cooperazione tra il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica e degli Enti firmatari (ENEA, RSE e CNR) ha lo scopo di sviluppare nuove conoscenze e tecnologie in grado di contribuire alla transizione energetica del Paese e, allo stesso tempo, per gli Enti firmatari rappresenta un campo di indagine primario per lo svolgimento delle attività istituzionali di ricerca e sviluppo nel settore dell'energia.

L'attività è finanziata dal *"Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca"* (art. 11 del decreto 26 gennaio 2000). Tale fondo è alimentato dal gettito, versato mensilmente a CSEA dai distributori elettrici, della componente tariffaria A5RIM della bolletta dei clienti finali, la cui entità è stabilita trimestralmente dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA).

L'oggetto di questa pubblicazione è parte integrante del **Work Package 3 del Progetto di ricerca 1.6.** *"Efficienza energetica nei settori produttivi con focus sulle PMI: indici di prestazione energetica, analisi degli interventi, studio di best practices e strumenti di self-assessment, valutazione degli interventi di efficientamento energetico con focus specifici sul comparto delle PMI"* e ha lo scopo sia di valorizzare la banca dati costituita dalle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA ai sensi dell'articolo 8 del D.Lgs. 102/2014 che fornire una serie di strumenti utili alle imprese per avviare un percorso virtuoso legato al miglioramento delle performance energetiche.

In particolare, questa pubblicazione fa parte di una collana settoriale denominata "Quaderni dell'Efficienza Energetica" ed ha lo scopo di guidare il professionista o il responsabile energia di un'azienda nella stesura di una diagnosi energetica di qualità e conforme a quanto previsto dall'allegato 2 del D.Lgs.102/2014.

Il WP3 del Progetto di ricerca 1.6. si colloca all'interno di un contesto più

1 <http://www.ricercadisistema.it>

2 <https://www.mise.gov.it/index.php/it/energia/energia-elettrica/ricerca-di-sistema-elettrico-nazionale/17-energia/energia-elettrica/2041222-piano-della-ricerca-di-sistema-elettrico-per-il-triennio-2019-2021-accordo-di-programma-tra-mise-e-rse-enea-e-cnr>



ampio individuato dal Progetto di ricerca 1.6 *"Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali"* il cui obiettivo generale è quello di sviluppare metodi, strumenti e soluzioni per rafforzare la leadership industriale, l'autonomia e la resilienza in catene di valore strategiche e in aree di potenziali alleanze industriali, avvicinandole sempre più al paradigma di ecosistemi dinamici di innovazione, nonché per la promozione e diffusione delle tecnologie ad alta efficienza energetica.

Presentazione

Con la Direttiva UE 2023/1791 sull'efficienza energetica, viene rimarcato il ruolo prioritario dell'efficienza energetica per tutti i settori e la necessità di rimuovere gli ostacoli presenti sul mercato dell'energia agendo su quei fattori che frenano l'efficienza a livello di forniture, trasmissione, stoccaggio e uso dell'energia. La nuova Direttiva, che verrà recepita in Italia entro il 2025, costituisce un importante aggiornamento della precedente 2012/27/UE recepita in Italia nel luglio 2014 con il Decreto Legislativo 102/2014 che, tra le altre cose, ha introdotto all'Art.8 l'obbligo di effettuare una diagnosi energetica, a partire dal dicembre 2015 e successivamente ogni quattro anni, per una parte importante del sistema produttivo italiano, ovvero le grandi imprese e le imprese a forte consumo di energia elettrica iscritte agli elenchi della CSEA. In tal modo, il decreto ha recepito l'indirizzo e lo spirito della Direttiva 2012/27/UE sull'Efficienza Energetica, confermato anche nella Direttiva 2023/1791, individuando nella diagnosi energetica uno strumento efficace per la promozione dell'efficienza energetica nel mondo produttivo al fine di una corretta gestione dell'energia sia dal punto di vista tecnico che economico.

In tale contesto il decreto ha assegnato ad ENEA il ruolo di gestore del meccanismo delle diagnosi energetiche obbligatorie e di supporto al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, nella verifica e controllo del corretto adempimento agli obblighi previsti per i soggetti obbligati.

Dall'entrata in vigore dell'obbligo di diagnosi energetica previsto dal D. Lgs.102/2014 sono state caricate sul portale ENEA dedicato - Audit 102 - circa 40.000 diagnosi energetiche. Le numerose informazioni e i dati presenti nelle diagnosi sono state valorizzate da ENEA con il fine di restituire agli stakeholder (imprese, EGE, ESCo) utili riferimenti in termini di: consumi specifici e indicatori di prestazione energetica, best practices settoriali, opportunità di miglioramento, analisi economica degli interventi di efficienza energetica, analisi di scenario etc.

L'attività di analisi dei dati delle diagnosi energetiche è stata svolta all'interno del programma di Ricerca di Sistema Elettrico, programma di ricerca finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. In particolare, nel triennio 2019-2021, ENEA ha analizzato tutti i settori merceologici afferenti al settore industriale manifatturiero individuando indici di riferimento per i consumi energetici e le principali *best practices*. Inoltre, alcuni di questi settori sono stati analizzati con maggiore approfondimento, andando ad individuare,

dove possibile, sia indici specifici di consumo per le diverse fasi del processo produttivo, che i principali interventi di efficientamento energetico per ciascuna di queste fasi.

Questa attività ha quindi permesso la pubblicazione di una collana di monografie settoriali, "*Quaderni dell'Efficienza Energetica*", che nel triennio 2019-2021 hanno riguardato 5 settori industriali: Vetro, Cemento, Fonderie, Incenerimento, Farmaceutico.

In questo triennio 2022-2024 del *Piano della Ricerca di Sistema elettrico*, vista la centralità del tema e il riscontro positivo con gli stakeholder, la collana dei "*Quaderni dell'Efficienza Energetica*" è stata ampliata andando a coprire ulteriori settori economici industriali ed estendendo l'attività anche ai settori economici del Terziario.

Nella realizzazione delle monografie oltre al supporto dei partner Universitari del progetto, è stato fondamentale quello fornito dalle associazioni di categoria settoriali e, più in generale, quello di tutti gli stakeholder interessati.

In particolare, per la presente monografia focalizzata sul settore Aeroportuale Civile, voglio rivolgere un ringraziamento a ENAC ed a tutti gli stakeholder per i numerosi spunti forniti, per l'attenzione ed il supporto che hanno rivolto in questa attività.

di Ilaria Bertini

Direttore Dipartimento Unità Efficienza Energetica Enea

Prefazione

ENAC, ai sensi dell'art 687 del Codice della Navigazione, agisce come unica Autorità di regolazione tecnica, certificazione, vigilanza e controllo del settore dell'aviazione civile. In particolare, gli strumenti che garantiscono lo Sviluppo Sostenibile del settore sono i Piani di Sviluppo Aeroportuali ed i Contratti di Programma correlati come definisce l'art. 704 del Codice della Navigazione.

La tutela ambientale è un valore caratterizzante per definire la qualità di sviluppo sostenibile della realtà aeroportuale. Mai come oggi questo concetto richiede una maggior attenzione da parte dell'Autorità finalizzata a fornire ai Gestori uno strumento guida per impostare in modo strategico, sostenibile e resiliente lo sviluppo delle infrastrutture.

La riconciliazione del settore dell'aviazione civile con l'ambiente è un processo da tempo avviato dall'ENAC e attuato tramite iniziative quali:

- a. promozione del Patto per la decarbonizzazione del settore aereo in linea con i target posti durante la 41° assemblea ICAO;
- b. promulgare un approccio innovativo nella gestione aeroportuale che sia in linea con i Principi dello Sviluppo Sostenibile.

Nell'equilibrio delle tematiche che compongono il concetto di sostenibilità (sicurezza-economiche-sociali-ambientali) l'ENAC si sta ponendo l'obiettivo di efficientare gli aeroporti, in quest'ottica nasce la sinergia con ENEA.

ENAC, in virtù di quanto sopra, ha redatto delle Best Practice nell'ambito della stesura dei Piano di Tutela Ambientali (documento facente parte del Contratto di Programma Aeroportuale), in cui ha introdotto diversi concetti innovativi, come:

- ▷ i dati annuali di consumo e produzione di energia nell'ambito aeroportuale che costituiranno la base per l'individuazione e la valutazione dei target dei PTA, che troveranno diretta coerenza con quelli che il gestore riporta in occasione delle diagnosi energetiche degli aeroporti pervenute ad ENEA;
- ▷ le raccomandazioni per l'efficientamento energetico presenti nella Diagnosi Energetica rientreranno tra gli interventi proposti nel PTA;
- ▷ introduzione del parametro CO₂ per la valutazione della Carbon Footprint dei processi e dei prodotti che compongono il settore aeroportuale.

Lo scopo è quello di raggiungere un punto di incontro tra i differenti adempimenti a cui la struttura aeroportuale deve rispondere, con particolare attenzione agli interventi, alla rendicontazione e monitoraggio dei consumi, cosicché le politiche ambientali ed energetiche del gestore possano conciliare il benessere del passeggero con i principi incentrati sull'efficiamento energetico, la decarbonizzazione e l'economia circolare.

ENAC continuerà attivamente e sinergicamente con ENEA ed i gestori aeroportuali a monitorare gli sviluppi tecnologici al fine di supportare l'evoluzione degli aeroporti con gli strumenti che gli competono ai sensi della legge vigente.

Vorrei ringraziare ENEA e tutti gli stakeholder per i numerosi spunti forniti, per la partecipazione attiva a questo primo step in ottemperanza della propria mission per il raggiungimento degli obiettivi dell'efficiamento energetico e decarbonizzazione del settore aeroportuale.

di Claudio Eminente

Direttore Centrale Programmazione Economica e Sviluppo Infrastrutture, Enac



CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

1

1. Contesto normativo di riferimento

1.1 Il quadro internazionale

Nel settembre 2015, in occasione dell'Assemblea generale delle Nazioni Unite, i governi di 193 paesi membri delle Nazioni Unite hanno sottoscritto l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile [1,2] e i suoi 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (OSS) (Figura 1.1 – Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile individuati nella risoluzione ONU del 25 settembre 2015) [1,3].



Figura 1.1 – Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile individuati nella risoluzione ONU del 25 settembre 2015.

L'agenda 2030 costituisce una solida base comune per affrontare le sfide globali in modo integrato, promuovendo azioni coordinate a livello mondiale. Il programma d'azione riflette la consapevolezza che la sostenibilità non può prescindere da un approccio olistico, considerando la connessione tra gli aspetti ambientali, sociali ed economici dello sviluppo. L'agenda 2030, insieme all'accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, costituisce una tabella di marcia cruciale per il quadro globale di cooperazione internazionale in materia di sviluppo sostenibile e relative dimensioni economiche, sociali, ambientali e di governance. [7]

All'interno di questo contesto internazionale l'Europa fin da subito ha avviato una serie di azioni atte a perseguire gli obiettivi per uno sviluppo più sostenibile. Già con il regolamento (UE) 2018/1999 [4], l'Unione Europea ha imposto agli Stati membri di proporre obiettivi energetici nazionali e definire piani nazionali decennali per l'energia e il clima (PNEC) per il periodo 2021-2030. Il 2019, invece, segna l'avvio del "Green Deal europeo" [5], cioè di un pacchetto di

iniziative strategiche che mirano ad avviare l'UE sulla strada di una **transizione verde** con l'obiettivo ultimo di raggiungere la **neutralità climatica entro il 2050** e sostenere la trasformazione dell'UE in una società equa e prospera con un'economia moderna e competitiva. Il pacchetto comprende iniziative riguardanti clima, ambiente, energia, trasporti, industria, agricoltura e finanza sostenibile, tutti settori fortemente interconnessi [5]. All'interno del percorso tracciato dal varo del "Green Deal Europeo", nel 2021, si arriva all'introduzione della normativa europea sul Clima prodromica al successivo "Pronti per il 55%". Tale normativa ha reso un obbligo giuridico la riduzione delle emissioni serra Europee di almeno il 55% entro il 2030.

Il pacchetto "Pronti per il 55%" è un insieme di proposte volte a rivedere e aggiornare le normative dell'UE e ad attuare nuove iniziative al fine di garantire che le politiche dell'UE siano in linea con gli obiettivi climatici concordati dal Consiglio e dal Parlamento europeo per il raggiungimento della neutralità climatica [6,7].

Il pacchetto di proposte riguarda:

- I. *Sistema di scambio di quote di emissione dell'UE* [8];
- II. *Fondo sociale per il clima* [9];
- III. *Meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere* [10];
- IV. *Obiettivi di riduzione delle emissioni degli Stati membri* [11];
- V. *Emissioni e assorbimenti risultanti da attività connesse all'uso del suolo, ai cambiamenti di uso del suolo e alla silvicoltura* [12];
- VI. *Norme sulle emissioni di CO2 per autovetture e furgoni* [13];
- VII. *Ridurre le emissioni di metano nel settore dell'energia* [14];
- VIII. *Carburanti sostenibili per l'aviazione* [15];
- IX. *Combustibili decarbonizzati nel trasporto marittimo* [15];
- X. *Infrastruttura per combustibili alternativi* [16];
- XI. *Energia rinnovabile* [17];
- XII. *Efficienza Energetica* [18];
- XIII. *Prestazione energetica degli edifici* [19];
- XIV. *Pacchetto sul mercato dell'idrogeno e del gas decarbonizzato* [20];
- XV. *Tassazione dell'energia* [21].

In *Figura 1.2* sono riportati gli strumenti ed i regolamenti che sono stati o che saranno prodotti/aggiornati per il raggiungimento degli obiettivi e attuazione delle proposte del pacchetto "Pronti per il 55%".

1.2 II PNIEC

Il regolamento (UE) 2018/1999 [4], impone agli Stati membri di proporre obiettivi energetici nazionali e definire piani nazionali decennali per l'energia e il clima (PNEC) per il periodo 2021-2030.

Nel giugno 2023 Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ha inviato alla Commissione europea la proposta di aggiornamento del PNIEC, Piano Nazionale Integrato Energia e Clima [28,29]. La proposta di Piano, ora al vaglio degli organismi comunitari, sarà oggetto nei prossimi mesi di confronto con il Parlamento e le Regioni, oltre che del procedimento di Valutazione Ambientale Strategica. L'approvazione del testo definitivo dovrà concludersi entro giugno 2024.

Il PNIEC italiano fissa gli obiettivi nazionali al 2030 su Efficienza Energetica, fonti rinnovabili e riduzione delle emissioni di CO₂, come anche quelli in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile. Il percorso tracciato dal PNIEC permetterà al 2030 di raggiungere quasi tutti i target comunitari su ambiente e clima, superando in alcuni casi gli obiettivi prefissi.

La struttura del PNIEC si basa sui 5 pilastri individuati nella strategia dell'Unione dell'Energia [30] (Figura 1.3):

- ▷ Dimensione della decarbonizzazione;
- ▷ Dimensione dell'Efficienza Energetica;
- ▷ Dimensione della sicurezza energetica;
- ▷ Dimensione del mercato interno dell'energia;
- ▷ Dimensione della ricerca, dell'innovazione e della competitività.



Figura 1.3 – Le 5 dimensioni dell'Unione dell'Energia.

Tabella 1.1 - Principali indicatori di scenario e obiettivi nazionali su energia e clima al 2030

[fonte PNIEC2023 [29]].

	u.m.	Dato rilevato	Scenario di riferimento	Scenario di policy 1	Obiettivi FF55 REPowerEU
		2021	2030	2030	2030
Emissioni e assorbimenti di gas serra					
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	%	-47%	-55%	-62%	-62% ²
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	%	-17%	-28,6%	-35,3% / -37,1%	-43,7% ^{3,4}
Assorbimenti di CO2 LULUCF	MtCO ₂ -2eq	-27,5	-34,9	-34,9	-35,8 ³
Energie rinnovabili					
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi	%	19%	27%	40%	38,4% - 39%
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia nei trasporti	%	8%	13%	31%	29% ⁵
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi per riscaldamento e raffreddamento	%	20%	27%	37%	29,6% ³ - 39,1%
Quota di energia da FER nei consumi finali del settore elettrico	%	36%	49%	65%	non previsto
Quota di idrogeno da FER rispetto al totale dell'idrogeno usato nell'industria	%	0%	3%	42%	42% ³
Efficienza Energetica					
Consumi di energia primaria	Mtep	145	130	122	112,2 (115 con flessibilità +2,5%)
Consumi di energia finale	Mtep	113	109	100	92,1 (94,4 con flessibilità +2,5%)
Risparmi annui nei consumi finali tramite regimi obbligatori di Efficienza Energetica	Mtep	1,4		73,4	73,4 ³

1. Scenario costruito considerando le misure previste a giugno 2023, sarà aggiornato con la sottomissione del piano definitivo entro giugno 2024
2. Vincolante solo per le emissioni complessive a livello di Unione europea
3. Vincolante
4. Vincolante non solo il 2030 ma tutto il percorso dal 2021 al 2030
5. Vincolante per gli operatori economici

A titolo illustrativo, nella *Tabella 1.1* [29] sono riportati i principali obiettivi al 2030 su emissioni e assorbimenti di gas serra, fonti energetiche rinnovabili (FER) ed Efficienza Energetica del Piano presentato. La tabella, prodotta per fornire una base analitica al Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, riporta due elaborazioni differenti:

- I. la prima con uno *scenario di riferimento*, che descrive l'evoluzione del sistema energetico con politiche e misure correnti;
- II. la seconda con uno *scenario di policy*, che considera gli effetti sia delle misure ad oggi già programmate che di quelle ancora in via di definizione nel percorso verso gli obiettivi strategici al 2030.

Per il raggiungimento degli obiettivi del PNIEC è stata prevista un'ampia gamma di misure in parte già vigenti ed in parte programmate per i prossimi anni. Le misure andranno ad incidere su tutte e cinque le dimensioni previste dall'Unione dell'Energia.

1.3 La Direttiva Europea Efficienza Energetica ed il suo recepimento in Italia [31]

Nel dicembre 2012 l'entrata in vigore della Direttiva sull'Efficienza Energetica (direttiva 2012/27/UE,[32]) ha imposto agli Stati membri di definire obiettivi nazionali indicativi di Efficienza Energetica al fine di garantire all'Unione il raggiungimento dell'obiettivo di riduzione del consumo energetico del 20% entro il 2020. Inoltre, la direttiva ha introdotto anche una serie di misure obbligatorie, stabilito norme giuridicamente vincolanti per gli utenti finali e i fornitori di energia ed ha imposto agli Stati membri l'obbligo di pubblicare i loro piani d'azione nazionali per l'Efficienza Energetica ogni tre anni.

Il 19 luglio 2014 con il D.Lgs.102/2014 [33], la direttiva 2012/27/UE, è stata recepita in Italia. All'articolo 1 sono definite le finalità:

- ▷ definire un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'Efficienza Energetica che concorrono al conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico (art. 3);
- ▷ dettare norme finalizzate a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia e a superare le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e negli usi finali dell'energia.

Tra i vari provvedimenti previsti per il raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico vi sono:

- ▷ la promozione dell'Efficienza Energetica negli edifici (art.4);
- ▷ gli obiettivi per il miglioramento della prestazione energetica degli immobili della Pubblica Amministrazione (art. 5);
- ▷ il richiamo verso il rispetto dei requisiti minimi di Efficienza Energetica negli acquisti delle Pubbliche amministrazioni centrali (art. 6);
- ▷ gli strumenti per il rispetto del regime obbligatorio di Efficienza Energetica (art. 7);
- ▷ l'obbligo per le grandi imprese e le imprese energivore di implementazione periodica di una Diagnosi Energetica o di un Sistema di Gestione dell'Energia e l'introduzione dell'obbligo di certificazione per i professionisti o le ESCO abilitati allo svolgimento degli audit energetici (art. 8);
- ▷ la definizione di norme più stringenti per la misurazione e fatturazione dei consumi energetici (art. 9).

Nel novembre 2018, nell'ambito del pacchetto "*Energia pulita per tutti gli europei*" [34], la Commissione ha revisionato la direttiva sull'Efficienza Energetica (direttiva (UE) 2018/2002, [35]), portando gli obiettivi di riduzione del consumo di energia primaria e finale dell'UE al 32,5 % entro il 2030, rispetto alle previsioni di consumo energetico per il 2030 formulate nel 2007. La direttiva ha inoltre imposto agli Stati membri di mettere a punto misure volte a ridurre il loro consumo annuo di energia in media del 4,4 % entro il 2030.

Il 29 luglio 2020 con il D.Lgs. 73/2020 [36] la revisione della Direttiva Efficienza Energetica (direttiva (UE) 2018/2002, [35]) è stata recepita dall'Italia. Rispetto al precedente D.Lgs. 102/2014 [33] le principali novità contenute nel decreto hanno riguardato:

- ▷ l'estensione dell'obbligo di risparmio energetico al periodo dal 1° gennaio 2021 al 31 dicembre 2030;
- ▷ l'introduzione di sanzioni in caso di inadempimento ad eseguire le diagnosi energetiche e in caso di mancata attuazione di almeno uno degli interventi di efficienza individuati dalle diagnosi stesse per le imprese a forte consumo di energia iscritte agli elenchi definitivi della CSEA (Cassa per i Servizi Energetici e Ambientali);
- ▷ regolamenti più stringenti in merito all'obbligo di installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore;
- ▷ requisiti minimi in materia di informazioni: fatturazione e consumo per il raffrescamento, il riscaldamento e consumo di acqua calda sanitaria;

- ▷ l'esenzione dall'obbligo di diagnosi energetica per tutte le grandi imprese aventi consumi complessivi, per partita IVA, inferiori a 50 TEP.

Il 13 settembre 2023 è stata approvata la Nuova Direttiva sull'Efficienza Energetica (direttiva (UE) 2023/1791, [37]), che si basa sul principio di "Efficienza Energetica al primo posto" e ha stabilito, come obiettivo di Efficienza Energetica dell'UE per il 2030, una riduzione dell'11,7 % del consumo di energia primaria (indicativa) e finale dell'UE rispetto alle proiezioni per il 2020. Il principio di "Efficienza Energetica al primo posto" introduce l'obbligo ai paesi dell'UE di garantire che le soluzioni di Efficienza Energetica siano prese in considerazione nelle decisioni di pianificazione, politica e investimento sia nel settore energetico sia in quello non energetico, obbligando di fatto gli stati membri a rivedere i propri piani nazionali (PNIEC). Sarà quindi compito della Commissione Europea monitorare le azioni nazionali ai fini del raggiungimento dell'obiettivo totale dell'11,7% e, qualora i contributi nazionali risultino inferiori, apportare correzioni. Nelle valutazioni finali, i principali indicatori indicati nella Direttiva sono 4:

- ▷ intensità energetica;
- ▷ PIL pro capite;
- ▷ sviluppo energie rinnovabili;
- ▷ potenziale risparmio energetico.

Importanti modifiche hanno riguardato anche l'articolo relativo ai Sistemi di Gestione dell'Energia e gli Audit Energetici (ex art.8 D.Lgs. 102/2014, art. 11 nella nuova direttiva). Nel *Box dedicato* (pag 23) sono riportate le principali novità.

La nuova direttiva dovrà essere recepita in Italia entro l'ottobre 2025.



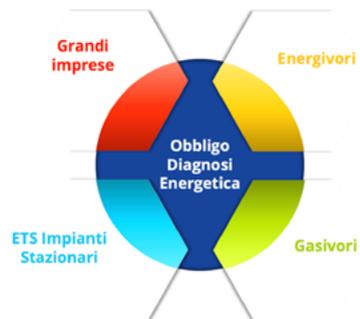
1.4 La Diagnosi Energetica o Audit Energetico

Audit energetico: procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati.[35]

Nel luglio 2014 con il D. Lgs. 102/2014 [33], recepimento in Italia della Direttiva Europea Efficienza Energetica 2012/27/UE [32], ed in particolare con l'articolo 8 viene introdotto l'obbligo per le Grandi Imprese¹ e le Imprese a forte consumo di energia² di redigere una diagnosi energetiche obbligatoria presso i propri siti produttivi a partire dal 5 dicembre 2015 e, con cadenza quadriennale, ad inviarla ad ENEA tramite il caricamento della documentazione sul portale ENEA Audit102. La diagnosi energetica è diventata, ad oggi, uno strumento imprescindibile nello sviluppo e implementazione di azioni e politiche di efficientamento dei consumi, dei costi e dell'impatto energetico.

L'obbligo di redazione di una diagnosi energetica ai sensi della direttiva 2012/27/UE [32] (o suo recepimento con il D.Lgs.102/2014 [33]) è stato anche introdotto o proposto come prerequisito per l'accesso a "sistemi incentivanti", tra questi a livello nazionale vi sono:

- ▷ il DL 131 del settembre 2023 (articolo 3) come prerequisito per accedere alle agevolazioni per le aziende energivore [40,41,42];
- ▷ il DM 541 del 21 dicembre 2021 come prerequisito per accedere alle agevolazioni per le aziende gasivore [43];
- ▷ la revisione della direttiva 2003/87/CE [44,45] per l'ottenimento delle quote gratuite nell'ambito del meccanismo ETS per gli impianti stazionari [46].



1 Ai sensi dell'art. 2 dei Chiarimenti MISE del novembre 2016 [38] per Grandi Imprese si intendono quelle che negli anni n-2 ed n-1 rispetto all'anno n-simo di obbligo risultano avere contemporaneamente:

- un numero di addetti maggiore di 250;
- un fatturato annuo maggiore di 50 mln di Euro o/e un bilancio annuo maggiore di 43 Mln Euro.

2 Vengono classificate come Imprese a forte consumo di energia ("energivore") le imprese iscritte nel registro CSEA (Cassa per i servizi energetici e ambientali) che hanno fruito nell'anno n-1 delle agevolazioni secondo il DM 21/12/2017 [39].

Principali novità e differenze tra la Direttiva 27/2012 (art. 8) e la Direttiva 1791/2023 (art. 11) in merito agli Audit Energetici ed i Sistemi di Gestione dell'Energia

Direttiva 27/2012

Art. 8 – Audit energetici e
Sistemi di gestione dell'energia

Direttiva 1791/2023

Art. 11 – Sistemi di gestione
dell'energia e audit energetici

Nome dell'articolo:

già nel nome dell'articolo si marca una differenza tra le due direttive, infatti, in quella del 2012 l'obiettivo era quello di spingere le imprese verso una maggiore conoscenza dei propri consumi energetici, da perseguire attraverso la realizzazione di un audit energetico, nel 2023 si chiede un passo ulteriore, cioè, andare verso un pieno controllo e gestione dei consumi energetici attraverso l'implementazione di su un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE).

Comma 4. Gli Stati

membri garantiscono che *le imprese che non sono PMI* siano soggette a un audit energetico (...)

Comma 6. Le imprese che non sono PMI e che attuano un sistema di gestione dell'energia o ambientale — certificato da un organismo indipendente secondo le pertinenti norme europee o internazionali — sono esentate dai requisiti di cui al paragrafo 4 (...)

Comma 1. Gli Stati

membri provvedono affinché le imprese con un consumo annuo medio di energia superiore a 85 TJ nei tre anni precedenti, considerati tutti i vettori energetici, attuino un sistema di gestione dell'energia.

Comma 2. Gli Stati membri provvedono affinché le imprese con un consumo annuo medio di energia superiore a 10 TJ nei tre anni precedenti, considerati tutti i vettori energetici, che non attuano un sistema di gestione dell'energia siano oggetto di un audit energetico.

Soggetti Obbligati:

in merito ai soggetti obbligati la nuova direttiva introduce una novità sostanziale, infatti, nella direttiva del 2012 l'obbligo è rivolto alle grandi imprese quindi basandosi su parametri dimensionali/finanziari, la nuova direttiva, invece, basa l'accento e quindi l'obbligo su parametri energetici, andando a individuare due categorie di imprese: quelle con consumi superiori agli 85 TJ, obbligate ad implementare un Sistema di Gestione dell'Energia e quelle con consumi compresi tra i 10 e gli 85 TJ obbligate ad effettuare un diagnosi energetica (a meno che non abbiano un SGE).

Segue Comma 2.

Le imprese interessate elaborano un piano d'azione concreto e fattibile sulla base delle raccomandazioni risultanti da tali audit energetici. Il piano d'azione individua misure per attuare ciascuna raccomandazione risultante dagli audit, laddove ciò sia fattibile dal punto di vista tecnico o economico. Il piano d'azione è trasmesso agli amministratori dell'impresa. Gli Stati membri provvedono affinché i piani d'azione e il tasso di attuazione delle raccomandazioni siano pubblicati nella relazione annuale dell'impresa e che siano resi pubblici conformemente al diritto dell'Unione e nazionale a tutela dei segreti commerciali e aziendali e della riservatezza.

Ulteriori novità per i soggetti obbligati Comma 2:

sempre nel comma 2 della nuova direttiva (soggetti obbligati all'audit energetico) viene introdotto l'obbligo di elaborare, contestualmente all'audit energetico, un piano di azione per l'implementazione delle opportunità di efficientamento energetico evidenziate dall'audit che dovrà essere inserito insieme al tasso di attuazione all'interno delle relazioni annuali dell'impresa.

Comma 4. Gli Stati membri possono incoraggiare le imprese di cui ai paragrafi 1 e 2 a fornire, nella loro relazione annuale, informazioni relative al consumo annuo di energia in kWh, al volume annuo di acqua consumata, espresso in metri cubi, come anche un confronto del consumo di energia e acqua rispetto agli anni precedenti.

Comma 10. Le imprese che hanno sottoscritto un contratto di rendimento energetico sono esentate dagli obblighi stabiliti ai commi 1 e 2 del presente articolo a condizione che il contratto di rendimento energetico includa i necessari elementi del sistema di gestione dell'energia e che il contratto rispetti i requisiti fissati all'allegato XV della direttiva.**Comma 2.** Gli Stati membri provvedono affinché le imprese con un consumo annuo medio di energia superiore a 10 TJ nei tre anni precedenti, considerati tutti i vettori energetici, che non attuano un sistema di gestione dell'energia siano oggetto di un audit energetico.

Raccomandazioni per gli stati membri e per i soggetti obbligati:

tra le novità introdotte dalla direttiva vi è quella legata ad una maggiore sensibilizzazione, oltre che per i consumi energetici, verso i consumi di acqua, nonché l'esenzione dall'obbligo di diagnosi per tutte quelle imprese dotate di un contratto di rendimento energetico.

La Diagnosi Energetica ed il Piano di Tutela Ambientale per il settore aeroportuale



Immagine: ENAC (LG-[2019]/[001]-[ADP])

In previsione della sottoscrizione del Contratto di programma¹ tra ENAC e il gestore aeroportuale, in ottemperanza alle previsioni convenzionali della concessione di gestione totale, va presentata la documentazione propedeutica alla sottoscrizione del suddetto Contratto, tra cui il Piano della Tutela Ambientale. Ciascuna società di gestione, come si evince dall'articolato della convenzione tipo, è tenuta in modo vincolante alla redazione e presentazione di questi strumenti di pianificazione, fondamentali per guidare gli investimenti aeroportuali.

Il Piano di Tutela Ambientale ha lo scopo di definire le principali caratteristiche degli interventi di adeguamento e potenziamento applicabili in campo ambientale per gli scali aeroportuali interessati, con un orizzonte temporale coerente con il correlato Piano degli Interventi.

Il Piano di Tutela Ambientale riguarda i seguenti elementi:

- ▷ monitoraggio dello stato dell'aeroporto da punto di vista ambientale ed energetico;
- ▷ la scelta dei singoli indicatori e dei relativi pesi;

¹ <https://www.enac.gov.it/aeroporti/gestioni-aeroportuali/contratti-di-programma/contratti-di-programma-ai-sensi-della-l-11-novembre-2014-n-164-e-ss-mm/schema-di-contratto-di-programma>

- ▷ gli obiettivi di miglioramento legati agli indicatori e gli aspetti che ne hanno determinato la scelta;
- ▷ descrizione delle misure e delle risorse da impiegare per raggiungere tali obiettivi;
- ▷ indicazione di eventuali investimenti da impiegare, previsti nel piano pluriennale di breve periodo degli interventi, strumentali al raggiungimento degli obiettivi di tutela ambientale illustrati nel PTA;
- ▷ miglioramento annuo atteso in relazione ai singoli indicatori ambientali proposti.

Le valutazioni all'interno del PTA sono fatte sulla base dei dati necessari per la valutazione ambientale, la disponibilità delle risorse e il quadro economico necessario a sviluppare l'intervento e la sua successiva gestione.

Sulla base di quanto illustrato può esservi un forte legame tra l'individuazione degli interventi legati alla sostenibilità ambientale e le Diagnosi Energetiche:

- ▷ i dati annuali di consumo e produzione di energia nell'ambito aeroportuale potrebbero costituire la base per l'individuazione e la calibratura dei target dei PTA; questi dati di consumo e produzione potrebbero quindi trovare diretta coerenza con quelli che il gestore comunica all'ENEA in occasione delle Diagnosi Energetiche obbligatorie;
- ▷ le raccomandazioni per l'efficientamento energetico presenti nella Diagnosi Energetica potrebbero rientrare tra gli interventi proposti nel PTA e viceversa.



**L'ENAC
E IL SETTORE
AEROPORTUALE
IN ITALIA**

2

2. L'ENAC ed il settore aeroportuale civile in Italia

2.1 L'ENAC

L'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC) agisce come autorità unica di regolazione tecnica, certificazione, vigilanza e controllo nel settore dell'aviazione civile in Italia nel rispetto dei poteri derivanti dal Codice della Navigazione [47]. Nello svolgimento della propria attività istituzionale di regolazione e controllo del settore aereo l'ENAC promuove lo sviluppo dell'Aviazione Civile, garantendo al Paese, in particolare agli utenti ed alle imprese, la sicurezza dei voli, la tutela dei diritti, la qualità dei servizi e l'equa competitività **nel rispetto dell'ambiente** [48].

La tutela dell'ambiente è una delle cinque aree strategiche sulle quali l'ENAC basa la propria missione istituzionale. Le attività dell'Ente, in coerenza con il quadro internazionale, sono tese a rendere sostenibile lo sviluppo del trasporto aereo attraverso misure regolamentari, certificative e di vigilanza volte alla prevenzione e al contenimento dell'inquinamento prodotto dalle operazioni aeronautiche e dell'impatto ambientale delle infrastrutture aeroportuali.

La politica dell'ENAC nel governo dello sviluppo del settore aeronautico consiste nel coniugare in modo bilanciato gli interessi dell'aviazione con le esigenze ambientali della collettività. In particolare, la **politica ambientale** dell'ENAC prevede di [49]:

- ▷ coniugare lo sviluppo competitivo del mercato nazionale con le esigenze ambientali della collettività;
- ▷ favorire il continuo dialogo con l'utenza, divulgando l'informativa sugli obiettivi futuri, i progetti avviati e i vincoli possibili, in modo da rendere la collettività partecipe degli sforzi e dei benefici che ne derivano;
- ▷ definire un piano strategico dell'aviazione per l'ambiente;
- ▷ partecipare in modo strutturato alle attività degli organismi internazionali;
- ▷ accelerare l'applicazione del quadro normativo nazionale e relativo monitoraggio;
- ▷ sviluppare iniziative per migliorare la regolamentazione dell'aviazione civile, rivolta a produrre benefici ambientali, in linea con gli indirizzi e le indicazioni dell'*International Civil Aviation Organization* (ICAO) e della Unione europea;

- ▷ promuovere interventi per la sensibilizzazione degli operatori aeronautici e delle industrie di settore alle tematiche ambientali;
- ▷ informare la collettività delle azioni e dell'impegno volto a tutela del territorio e alla salute dei cittadini;
- ▷ sviluppare uno stretto coordinamento con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), l'ENAV e l'industria nazionale, le università ed i centri di ricerca per potenziare lo sviluppo della ricerca scientifica e l'innovazione tecnologica in vista di un elevato livello di protezione dell'ambiente.

La linea politica adottata scaturisce dalla considerazione che, anche per il settore ambientale, è fondamentale una attività di prevenzione che si concretizzi in una sostanziale attività di regolamentazione e controllo, nonché nello sviluppo di progetti di studio e ricerca interdisciplinari per favorire l'innovazione tecnologica, al fine di valutarne gli effetti sulla salute dei cittadini e di individuare criteri adeguati per la pianificazione aeroportuale e la gestione del territorio [49].

Uno degli strumenti essenziali per ottenere risultati è il continuo dialogo con il territorio e i soggetti interessati al fine di procedere alle scelte in un'ottica di condivisione, valutazione e maturazione delle decisioni. Per gestire con un processo trasparente le problematiche dell'ambiente, tenendo conto delle esigenze economico-sociali locali, è stato istituito presso ENAC un Comitato Ambiente rappresentativo delle varie istanze centrali e territoriali e di posizioni contrapposte in tema di protezione ambientale, che svolge una funzione di coordinamento per raccordare i diversi interessi [49].

2.2 Il settore aeroportuale civile in Italia

2.2.1 Dati di Traffico

Il settore aeroportuale civile italiano ha subito una significativa evoluzione negli ultimi decenni, grazie al costante aumento del traffico aereo e alla crescente importanza dell'aviazione commerciale. L'Italia conta numerosi aeroporti di dimensioni e capacità diverse, che servono non solo il traffico nazionale, ma anche quello internazionale. Con la sua posizione geografica strategica, l'Italia è un importante hub per i collegamenti aerei tra l'Europa e il resto del mondo. I principali aeroporti italiani sono moderni e ben attrezzati, offrendo

una vasta gamma di servizi e infrastrutture per accogliere milioni di passeggeri ogni anno. Grazie agli investimenti in corso e ai progetti di sviluppo in atto, il settore aeroportuale civile italiano si prospetta come un importante motore di crescita per l'economia nazionale. La presenza di una rete di scali aeroportuali solida ed efficiente rappresenta un fattore cruciale per il sistema economico italiano, non solo in termini di soddisfacimento della domanda di mobilità, ma soprattutto per l'impatto economico indotto.

Il sistema aeroportuale italiano, in linea per numero di scali e volumi di traffico con quello di altri paesi europei di dimensioni comparabili, si caratterizza principalmente per la presenza di aeroporti di medie dimensioni. La distribuzione sul territorio italiano dei principali aeroporti italiani aperti al traffico commerciale, sia adibiti al traffico passeggeri (alcuni dei quali con volumi anche superiori ai 40 mln), sia adibiti al traffico cargo [50] risponde alla domanda di mobilità regionale del paese (Figura 2.1).



Figura 2.1 - Mappa dei principali aeroporti civili italiani – Fonte ENAC [50].

Come riportato dai dati ENAC [50], [51], il traffico passeggeri dei 45 aeroporti aperti al traffico commerciale si è attestato a 197.128.729 unità nel 2023, evidenziando un significativo aumento rispetto ai 164.688.740 del 2022. Nel complesso risulta un incremento di traffico del +20%, pari a 32,4 mln di passeggeri. Confrontando tali dati con l'andamento del mercato del trasporto aereo pre-pandemia – assumendo come *benchmark* il 2019 – risulta un incremento del traffico del +2%, pari a 4,4 mln di passeggeri.

La distribuzione mensile del traffico passeggeri per ambito geografico è evidenziata nel grafico della *Figura 2.2*. I flussi maggiori si concentrano nel periodo estivo (giugno – settembre) con una quota del 42%, con punte del 11% nei mesi di luglio e agosto. La distribuzione del traffico passeggeri per ambito geografico evidenzia come il traffico internazionale (UE e Extra-UE) rappresenta la maggior componente, con 128,5 mln di passeggeri, ed un incremento del +28% rispetto al 2022 per una quota percentuale totale del 65%.

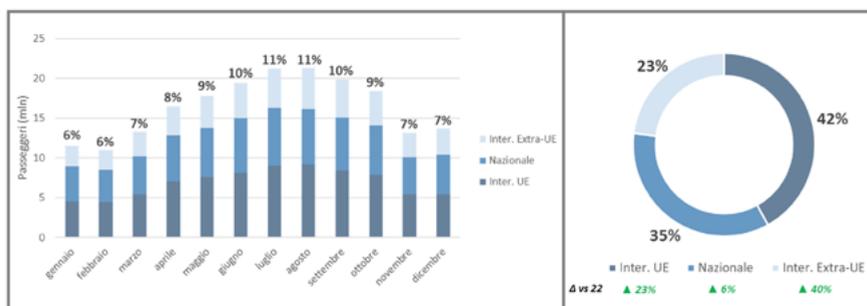


Figura 2.2 - Distribuzione del traffico passeggeri 2023 - Fonte ENAC [51].

La tendenza positiva, +6% rispetto al 2022, è registrata anche dal traffico nazionale, che rappresenta il 35% del totale, con 68,6 mln di passeggeri.

Nel corso del 2023 il traffico passeggeri mensile si è attestato su valori superiori a quelli dell'anno precedente, registrando un minimo di 11 mln di passeggeri nel mese di febbraio ed un picco massimo di 21,3 mln nel mese di agosto.

Il traffico cargo (merci e posta) dei 45 aeroporti aperti al traffico commerciale si è attestato a 1.061.669 tonnellate nel 2023, evidenziando una modesta flessione del traffico rispetto al 2022 del -1%, pari a 15 mila tonnellate. Confrontando tali dati con l'andamento del mercato del trasporto aereo pre-pandemia – assumendo come *benchmark* il 2019 – i volumi di traffico risultano pressoché invariati, con una flessione di circa 700 tonnellate (-0,07%).

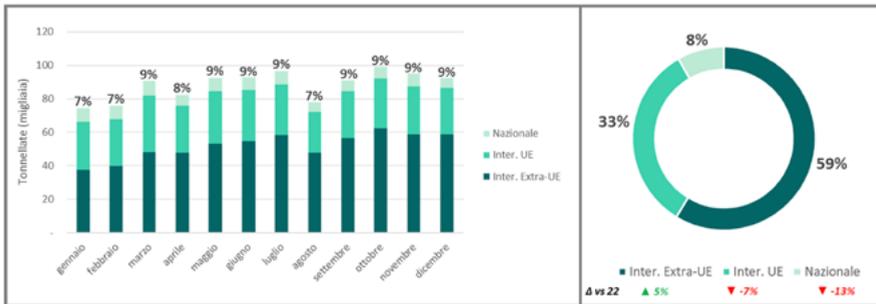


Figura 2.3 - Distribuzione del traffico cargo 2023 - Fonte ENAC [51].

La [Figura 2.3](#) mostra la distribuzione mensile del traffico cargo per ambito geografico, dalla quale non si evince una concentrazione in un particolare periodo dell'anno, a differenza di quanto osservato per i passeggeri. Nei primi quattro mesi del 2023 i volumi sono stati quasi sempre inferiori a quelli evidenziati nel 2022 e nel 2021, con un minimo di 74 mila tonnellate registrate nel mese di gennaio. Il picco massimo si registra nel mese di ottobre con 99 mila tonnellate.

L'andamento mensile dei movimenti è sostanzialmente identico a quello dei passeggeri, con volumi maggiori nei mesi estivi, per effetto di una domanda di trasporto significativa trainata dal settore turismo. Analogamente, è nel mese di febbraio che si osserva il minimo di movimenti, con 82 mila voli e ad agosto il picco massimo con 142 mila voli ([Figura 2.4](#)).



Figura 2.4 - Trend mensile movimenti - Fonte ENAC [51].

La **Tabella 1.1** riporta i valori del traffico passeggeri e delle tonnellate cargo movimentate nel 2023. Tra i principali aeroporti per traffico passeggeri complessivo risultano: Roma Fiumicino (oltre 40 milioni), Milano Malpensa (oltre 25 milioni), Bergamo Orio al Serio (oltre 15 milioni), Napoli Capodichino (oltre 12 milioni), Venezia Tessera (oltre 11 milioni), Catania Fontanarossa (circa 11 milioni) e Bologna Borgo Panigale (oltre 10 milioni).

AEROPORTO	Passeggeri [n]	Cargo [t]
Foggia	47.907	0
Forlì	134.690	0
Bolzano	77.554	2
Trapani Birgi	1.337.152	0
Perugia	533.864	0
Grosseto	586	0
Marina di Campo	3.932	0
Parma	131.883	0
Milano Linate	9.371.260	2.094
Crotone	230.078	0
Cuneo Levaldigi	111.893	0
Torino Caselle	4.553.353	70
Lampedusa	336.528	9
Pescara	852.334	0
Pantelleria	199.815	12
Bari Palese Macchie	6.482.796	2.476
Trieste Ronchi dei Legionari	928.883	177
Brindisi Casale	3.181.156	426
Bergamo Orio al Serio	15.966.787	21.101
Palermo Punta Raisi	8.116.530	1.689
Napoli Capodichino	12.368.656	10.103
Olbia	3.252.766	1.176
Alghero Fertilia	1.492.566	3

AEROPORTO	Passeggeri [n]	Cargo [t]
Firenze Peretola	3.054.321	20
Ancona Falconara	514.032	6.975
Bologna Borgo Panigale	10.031.474	41.174
Catania Fontanarossa	10.723.025	6.533
Cagliari Elmas	4.883.125	5.458
Albenga	0	0
Aosta	0	0
Venezia Tessera	11.302.350	43.470
Verona Villafranca	3.419.227	426
Pisa S. Giusto	5.070.517	12.570
Treviso S. Angelo	3.029.953	0
Roma Fiumicino	40.290.652	189.672
Lamezia Terme	2.856.532	1.676
Milano Malpensa	25.890.166	671.685
Comiso	304.665	0
Genova Sestri	1.282.186	43
Reggio Calabria	295.348	8
Rimini Miramare	280.047	0
Roma Ciampino	3.851.760	13.912
Brescia Montichiari	808	26.673
Salerno Pontecagnano	0	0
Taranto Grottaglie	0	1.711
Total	196.793.157	1.060.802

Tabella 1.1 - Traffico passeggeri e cargo, performance 2023 - Fonte ENAC [51].

Analogamente, riguardo ai volumi del traffico cargo 2023, tra i principali aeroporti per traffico complessivo risultano: Milano Malpensa (oltre 670 mila tonnellate), Roma Fiumicino (circa 190 mila tonnellate), Venezia Tessera (circa 44 mila tonnellate), Bologna Borgo Panigale (oltre 41 mila tonnellate), Brescia

Montichiari (circa 27 mila tonnellate) e Bergamo Orio Al Serio (oltre 21 mila tonnellate).

L'andamento del traffico passeggeri riportato in [Figura 2.5](#) evidenzia come nel corso del 2023 si siano raggiunti e superati i volumi di traffico passeggeri del 2019, assunto come anno di riferimento, con un incremento del +2%. Il comparto cargo ([Figura 2.6](#)), invece, è il segmento che ha risentito meno della crisi del trasporto aereo, in quanto le merci hanno sempre continuato a viaggiare, facendo registrare anche degli incrementi notevoli sui singoli aeroporti diventati degli scali di riferimento [\[51\]](#).

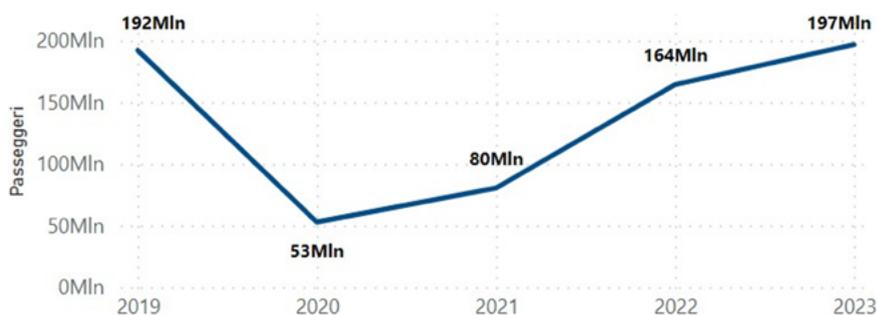


Figura 2.5 - Traffico passeggeri 2023-2019 - Fonte ENAC [\[51\]](#).

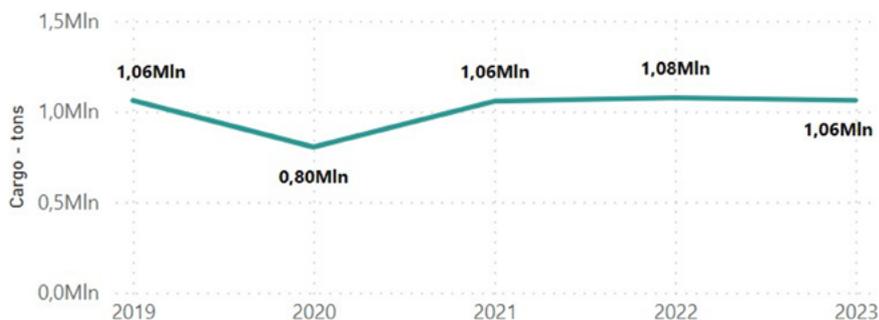


Figura 2.6 - Traffico cargo 2023-2019 - Fonte ENAC [\[51\]](#).

2.2.2 Dati di consumo energetico

In questo sottocapitolo viene presentata l'analisi dei consumi energetici del settore relativo al servizio aeroportuale civile e alle attività connesse al trasporto aereo di passeggeri, animali o merci (Ateco 52.23), che ENEA ha svolto sulla base dei dati forniti con le diagnosi energetiche obbligatorie caricate sul portale AUDIT102 nel 2019.

In *Figura 2.7* è riportata la distribuzione territoriale dei siti analizzati da ENEA relativi al settore Aeroportuale civile. Il 40% fa riferimento a siti localizzati nel Nord Italia, mentre il restante 60% afferisce a siti del Centro, Sud e Isole. La regione con un maggior numero di siti è la Lombardia e il Veneto.

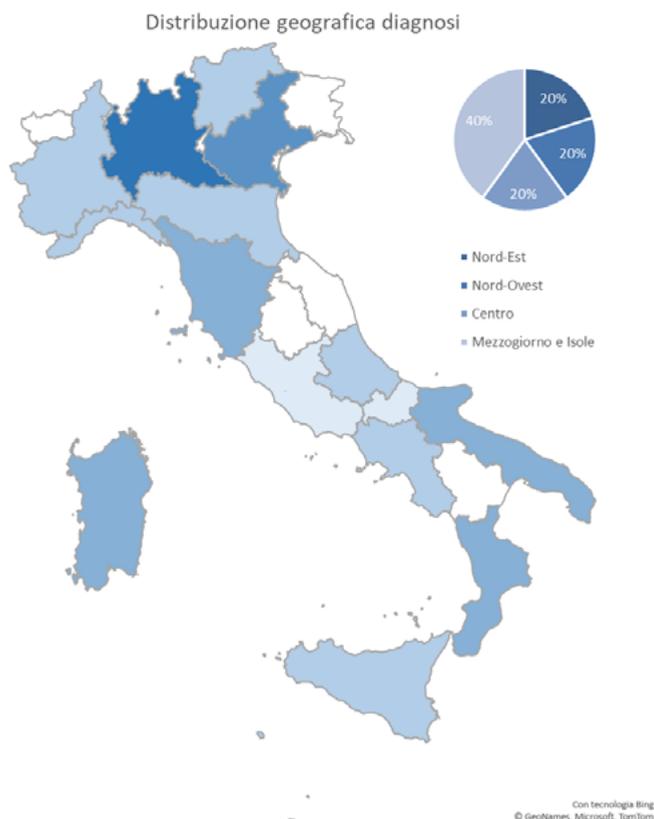


Figura 2.7 - Distribuzione territoriale dei siti oggetto di diagnosi analizzati¹.

¹ Nota: L'analisi qui rappresentata risente della distribuzione territoriale del campione di diagnosi energetiche presentate che potrebbe discostarsi anche significativamente dai dati complessivi di consumo del settore aeroportuale civile.

La distribuzione territoriale e di conseguenza le caratteristiche climatiche possono determinare un differente utilizzo del mix dei vettori energetici impiegati nei siti aeroportuali.

In *Figura 2.8* è mostrata la distribuzione per fasce climatiche dei siti oggetto di diagnosi. Del campione di diagnosi analizzato, il 40% afferisce alla zona climatica E, il 20% alla zona D, il 35% alla zona C ed il 5% alla zona B.

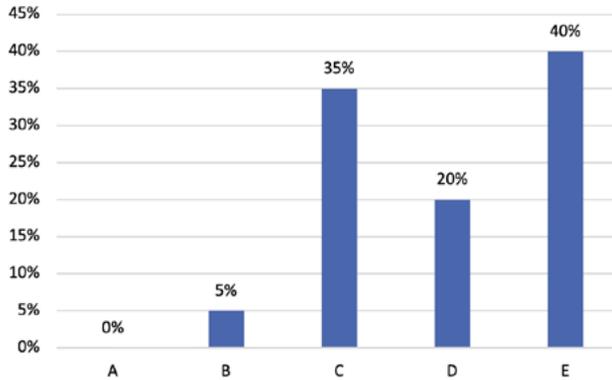


Figura 2.8 - Distribuzione percentuale per fasce climatiche dei siti oggetto di diagnosi.

In *Figura 2.9* è mostrata la distribuzione percentuale dei siti aeroportuali in funzione del volume di traffico passeggeri. Il grafico suggerisce che il 45% dei siti aeroportuali presenta un volume di traffico compreso tra 1 e 5 milioni di passeggeri equivalenti "pax", mentre solo il 15% di essi supera i 10 milioni oppure è inferiore al milione di passeggeri equivalenti.

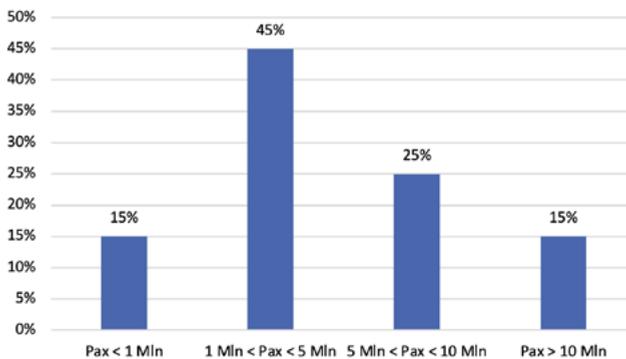


Figura 2.9 - Distribuzione percentuale per fasce di traffico aeroportuale dei siti oggetto di diagnosi.

In *Figura 2.10* è riportata la ripartizione percentuale dei consumi elettrici e di quelli provenienti dall'utilizzo di fonti fossili o teleriscaldamento, definiti per semplicità termici, per le fasce di traffico aeroportuale individuate in precedenza; riepilogando:

- ▷ **la fascia A** identifica un volume di passeggeri inferiore al milione;
- ▷ **la fascia B** identifica un volume di passeggeri compreso tra il milione e i 5 milioni di passeggeri;
- ▷ **la fascia C** identifica un volume di traffico compreso tra i 5 ed i 10 milioni;
- ▷ **la fascia D** identifica un volume di passeggeri superiore ai 10 milioni di passeggeri equivalenti.

Nella fascia A e B si riscontra una netta prevalenza del consumo elettrico con percentuali rispettivamente del 90% e del 85%. Dalla fascia C si nota un decremento del consumo elettrico dal 71% della zona C al 58% della zona D ed un incremento del consumo termico da 15% della zona B al 42% della zona D.

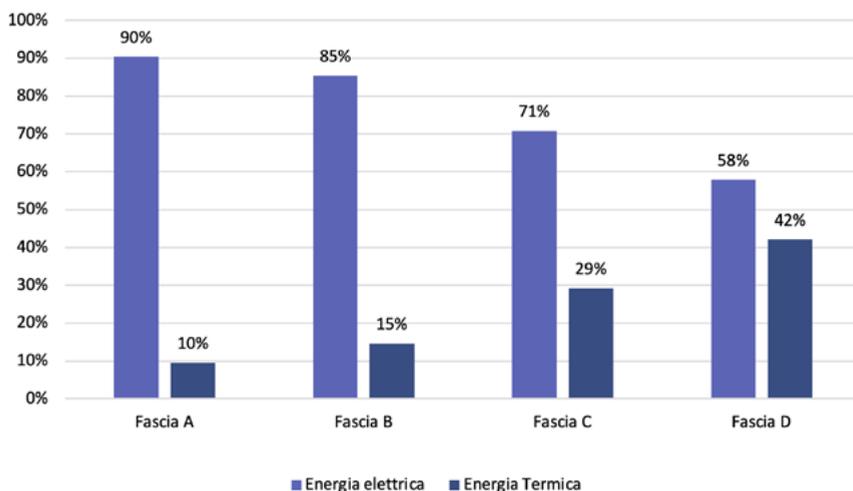


Figura 2.10 - Differenziazione percentuale consumi elettrici e termici nelle fasce di traffico aeroportuale.

Dall'analisi dei vettori energetici acquistati dai siti aeroportuali, è possibile osservare, *Figura 2.11*, come il vettore Energia Elettrica incida per il 58% del totale mentre solo il 15% è imputabile al Gas Naturale. Una percentuale significativa dei vettori acquistati, il 26%, è relativa all'approvvigionamento di calore prodotto da terzi da impiegare direttamente negli impianti di servizio

e di trasformazione presenti nel sito aeroportuale, la quota restante (1%) è composta da gasolio, oli combustibili e GPL impiegati in minima quantità.

Analizzando, invece, la distribuzione percentuale dei vettori energetici consumati nei siti aeroportuali, [Figura 2.13](#), è possibile notare una condizione modificata rispetto alla precedente. Anche in questo caso, il vettore energetico predominante resta l'Energia Elettrica che passa dal 58% in acquisto al 65% nell'utilizzo, a discapito del consumo di Gas Naturale che si riduce dal 15% in acquisto a poco più del 4% in utilizzo.

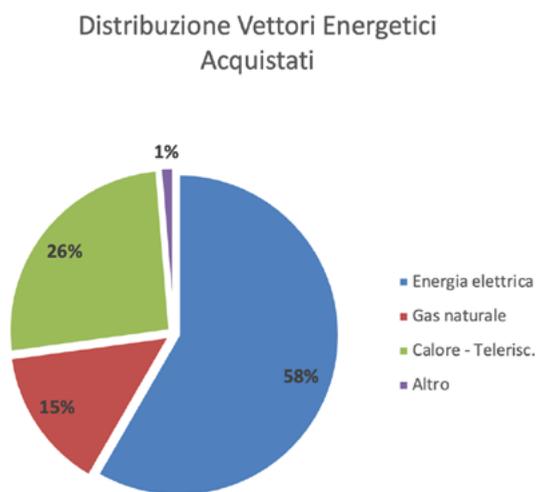
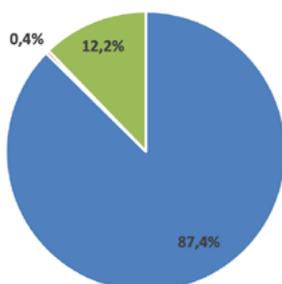


Figura 2.11 – Distribuzione percentuale dei vettori energetici acquistati.

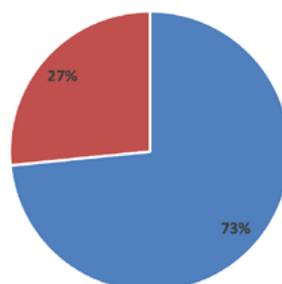
In [Figura 2.12](#) è riportato, rispettivamente, il dettaglio della provenienza dell'Energia Elettrica utilizzata nei siti aeroportuali e la ripartizione percentuale dell'utilizzo del Gas Naturale per tipologia di impianto. In particolare, l'incremento di energia elettrica consumata, rappresentato in [Figura 2.13](#), è giustificabile dalla produzione cogenerativa (circa il 12 %) ed anche in minima parte dalla presenza di impianti fotovoltaici installati nei siti aeroportuali (0,4%). In relazione, invece, al consumo di Gas Naturale nei siti aeroportuali, sempre in [Figura 2.12](#), la quota predominante di consumo (73%) è associata agli impianti di trasformazione, come i cogeneratori, mentre il restante consumo (27%) è relativo agli impianti di servizio (es. caldaie e generatori di vapore).

Ripartizione EE consumata



■ EE da rete ■ EE Rinnovabile ■ EE Cogenerazione

Ripartizione Gas Naturale



■ GN per Cogenerazione ■ GN per Servizi

Figura 2.12 - Ripartizione percentuale dei consumi di energia elettrica e gas naturale.

Questa differenza tra i vettori energetici acquistati e quelli consumati all'interno dei siti aeroportuali, è dovuto principalmente alla diffusione di impianti cogenerativi per la produzione del fabbisogno di calore e di freddo. La presenza di tali impianti contribuisce a spiegare, nel grafico di [Figura 2.13](#), la variazione della quota di Calore consumato (21%) rispetto all'acquisto e di quella di Freddo (9%). Inoltre, l'apparente diminuzione del Calore acquistato, rispetto a quello consumato (21%), è giustificato dall'assetto trigenerativo di tali impianti ed anche dall'impiego di gruppi frigoriferi ad assorbimento per la produzione del freddo. La quota di consumo (1%) legata all'impiego di gruppi elettrogeni, *Ground Power Unit* (GPU) e piccole caldaie di *backup* resta pressoché invariata.

Distribuzione Vettori Energetici Consumati

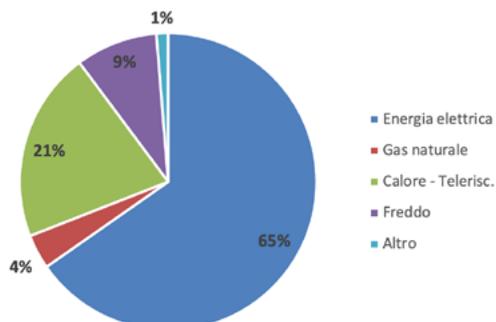


Figura 2.13 - Distribuzione percentuale dei vettori energetici utilizzati.

Nella *Figura 2.14* è riportata la distribuzione percentuale dei consumi totali di energia per i principali servizi generali che caratterizzano il consumo di un sito aeroportuale. Il grafico evidenzia come oltre il 50% dell'energia totale è impiegata per la copertura dei fabbisogni di riscaldamento e raffrescamento del sito. Una notevole quota, circa il 19%, è legata al servizio di illuminazione degli edifici, terminal, aree parcheggio e viabilità. La restante quota del 31% è riferita al resto dei servizi o delle utenze che sono presenti nel sito aeroportuale come gli aiuti visivi luminosi (AVL), il sistema di movimentazione bagagli (BHS), le torri faro, i servizi radar, i sistemi automatici di mobilità, etc.

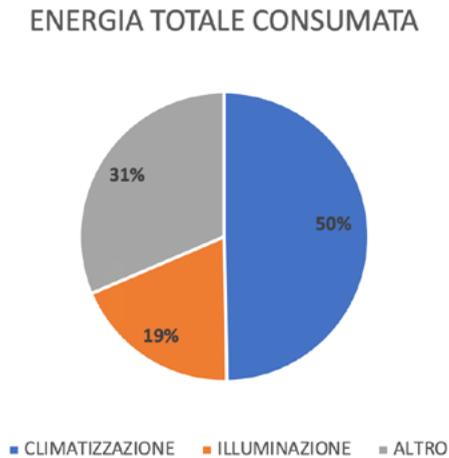


Figura 2.14 - Ripartizione percentuale consumi totali aeroportuali.



LA DIAGNOSI ENERGETICA

3

3. La diagnosi energetica

In questo capitolo si entra nel merito di come deve essere condotta una diagnosi energetica di qualità, ed in particolare di come questa dovrebbe essere implementata nel settore aeroportuale civile.

Dopo una panoramica generale sulla metodologia di approccio e sui contenuti minimi che debbono essere soddisfatti per redigere un rapporto di diagnosi conforme ai dettami del D.lgs. 102/2014, si entra nello specifico del settore, suggerendo struttura energetica, strategia di monitoraggio ed Indici di Prestazione Energetica (IPE).

3.1 Redazione del rapporto di diagnosi energetica

Diagnosi Energetica o Audit energetico: *procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati [35].*

Per la stesura di un rapporto di diagnosi energetica di qualità e conforme ai dettami legislativi è necessario seguire le indicazioni presenti:

- ▷ nell'allegato 2 del decreto legislativo 102/2014, aggiornato nel luglio 2020 dal D.Lgs. 73/2020 [33];
- ▷ nei chiarimenti del MISE [38];
- ▷ nella normativa tecnica, pacchetto UNI CEI EN 16247:2022 [52];
- ▷ nelle linee guida generali elaborate da ENEA [53];
- ▷ nelle linee guida settoriali pubblicate sul sito Efficienza Energetica dell'ENEA [54].

Come riportato nella norma tecnica UNI CEI EN 16247-1, l'esecuzione di una diagnosi energetica può essere suddivisa nelle seguenti fasi (*Figura 3.1*):

- I. contatti preliminari;
- II. incontro di avvio;
- III. raccolta dati;
- IV. attività in campo;
- V. analisi dati ed individuazione delle opportunità di efficientamento energetico;
- VI. rapporto;
- VII. incontro finale.

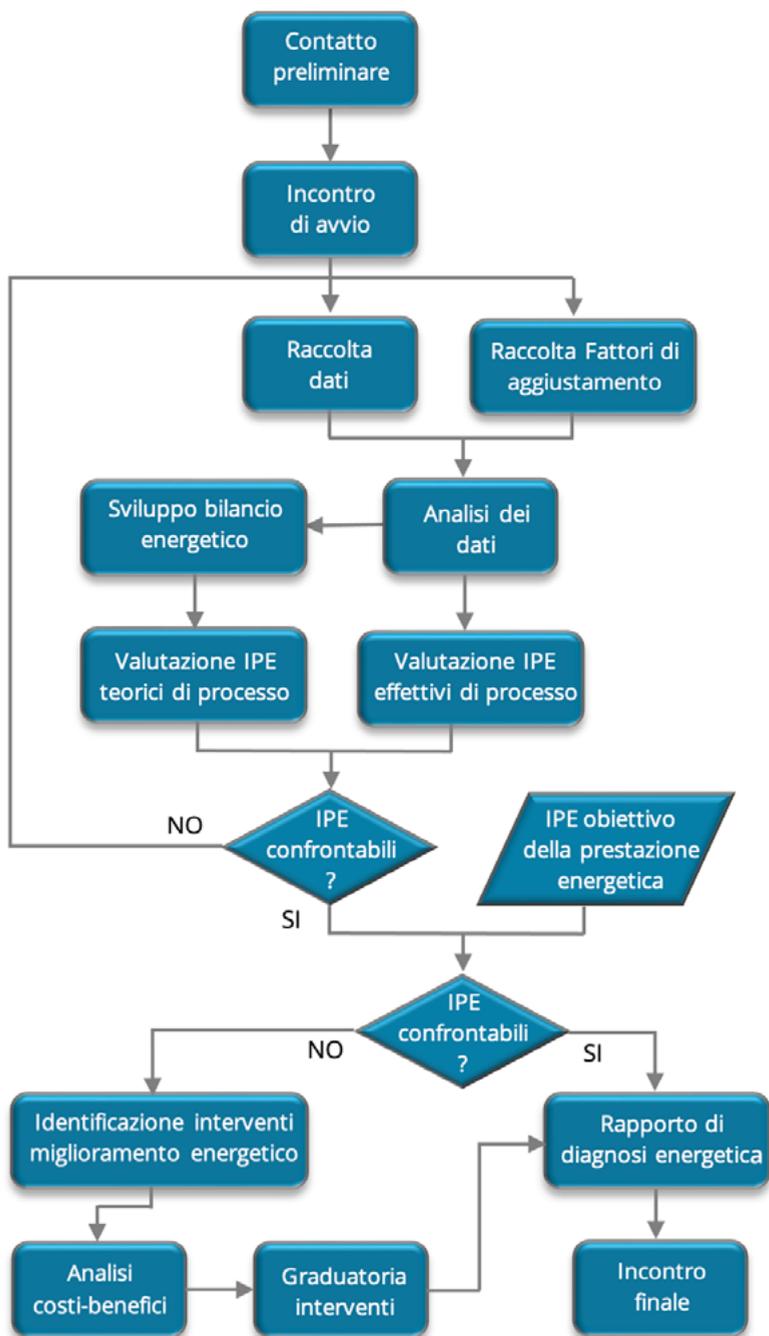


Figura 3.1 - Schema esecuzione diagnosi energetica secondo la UNI CEI EN 16247-1.

Nell'incontro di avvio vengono informate tutte le parti interessate su obiettivi, scopo, confini e accuratezza della diagnosi energetica e concordate le disposizioni pratiche. Vengono pianificate le attività e nominate le persone dell'organizzazione che faranno da interfaccia all'auditor.

In fase di **raccolta dati** l'auditor, in cooperazione con l'organizzazione, deve raccogliere tutte le informazioni necessarie ed utili per comprendere il processo produttivo, le fonti di approvvigionamento energetico e di materie prime, le modalità di gestione del sito produttivo/impianto in termini energetici, economici e organizzazione del lavoro.

L'auditor energetico **deve ispezionare in campo l'oggetto della diagnosi**, valutarne gli usi energetici secondo le finalità, lo scopo ed accuratezza della diagnosi energetica, comprendere le modalità operative, i comportamenti degli utenti e il loro impatto sui consumi e l'efficienza energetica, formulare idee preliminari per le opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica e redigere un elenco di aree e processi per i quali necessitino ulteriori dati quantitativi per successiva analisi. **Deve assicurarsi che le misure ed i rilievi siano effettuati in maniera conforme a quanto previsto dal D.Lgs 102/2014 [33], dai chiarimenti del MISE [38] e dalle linee guida ENEA generali [53] e settoriali [54], che siano affidabili e rappresentativi delle ordinarie condizioni di esercizio.**

In **fase di analisi** l'auditor deve determinare il **"livello di prestazione energetica"** corrente dell'oggetto sottoposto a diagnosi, il quale rappresenterà il riferimento per individuare e valutare **eventuali interventi di miglioramento energetico** e successivamente misurarne i benefici.

A conclusione dell'attività di analisi, l'auditor dovrà redire un rapporto di diagnosi, che dovrà comprendere almeno:

- a. le informazioni generali necessarie a caratterizzare ed individuare il sito produttivo con una descrizione delle attività e, lì dove presenti, dei principali processi produttivi;
- b. l'alberatura energetica del sito comprendente:
 - i. una **scomposizione dei consumi energetici** suddivisi per uso e fonte. Realizzata mediante sia l'ausilio dei profili di carico o di consumo (ad es. per l'energia elettrica curve potenza/tempo, per il gas consumi mensili o giornalieri) rappresentativi della realtà aziendale che attraverso l'utilizzo di dati misurati e tracciati o con sistemi di monitoraggio esistenti in sito o attraverso campagne di

misura dedicate¹ [33], [38];

- II. i **flussi energetici** ed un **bilancio energetico** del sito sottoposto a diagnosi;
 - III. i **flussi di massa** (prodotti, semilavorati, materie prime) del sito sottoposto a diagnosi;
- c. le **correlazioni tra i consumi energetici e le relative destinazioni d'uso² (o energy use)** ed il successivo calcolo degli **Indicatori di Prestazione Energetica (IPE)** generali e specifici³ (vedi *capitolo 3.4*);
 - d. lì dove possibile, individuazione attraverso analisi di letteratura tecnica di indici di prestazione energetica di riferimento, e confronto di questi con gli IPE generali e specifici del sito produttivo. Nel caso non siano disponibili indici di letteratura di riferimento effettuare l'analisi con gli indici dello stabilimento relativi ad anni precedenti;
 - e. le **opportunità di miglioramento** dell'efficienza energetica scaturite dall'analisi delle prestazioni energetiche del sito e/o apparato analizzato (vedi *capitolo 3.6*). Queste dovranno essere valutate attraverso un'analisi tecnico economica che tenga conto sia dei risparmi energetici ed economici ottenibili, che dei costi necessari all'implementazione e gestione dell'intervento.

Nell'incontro finale l'auditor dovrà:

- I. consegnare il rapporto di diagnosi energetica;
- II. presentare i risultati della diagnosi energetica in maniera da agevolare il processo decisionale dell'organizzazione;
- III. essere in grado di spiegare i risultati.

1 Nel caso di utilizzo di dati provenienti da campagne di misura, è necessario prevedere un periodo di monitoraggio coerente con il sistema/apparato per cui viene svolta la misurazione (vedi *capitolo 3.5*).

2 Per destinazione d'uso o *Energy Use* si intende, secondo la norma UNI CEI EN 16247-1 [52] e UNI EN ISO 50001 [55] il parametro quantificabile in grado di influenzare il consumo energetico (ad esempio: tonnellate prodotte, superficie utile, gradi giorno, etc..).

3 L'IPE assume solitamente la forma di un consumo specifico, avendo come denominatore la destinazione d'uso (o *energy use*) e come numeratore il consumo di energia.

3.2 Alberatura dei consumi energetici

Per l'analisi e la rendicontazione dei consumi energetici è necessario attenersi alla suddivisione sia per differenti vettori energetici che per differenti aree funzionali, come illustrato nel [capitolo 3.3](#).

In un'ottica di settorializzazione delle diagnosi energetiche ENEA, in collaborazione con ENAC, ha definito una struttura energetica specifica per il settore degli aeroporti civili. Questo ha permesso di standardizzare il glossario impiegato ed inoltre di individuare in maniera chiara diversi centri di consumo chiamati "Aree Operative Omogenee" (AOO) ai quali è associato una specifica destinazione d'uso (es. n. di voli serviti, n. passeggeri equivalenti, t di merci, m³ di volume climatizzato, etc.). La suddivisione del sito aeroportuale in aree operative omogenee è effettuata in accordo con i criteri proposti nei documenti di chiarimento sui criteri di svolgimento delle Diagnosi Energetiche, pubblicati sia da ENEA che dal Ministero dello Sviluppo Economico [38].

Per la caratterizzazione del sito produttivo e per l'analisi dei consumi energetici è opportuno che si tenga conto di informazioni sia generali che specifiche relative al sito oggetto di diagnosi energetica, in particolare:

- ▷ **indicazioni di carattere generale** (necessarie per l'individuazione e la localizzazione del sito);
- ▷ **indicazioni sui vettori energetici e di carattere tipologico** (necessarie per l'individuazione degli Indicatori energetici di riferimento IPE);
- ▷ **indicazioni sui consumi energetici del sito** (strutturati in livelli di approfondimento dal più generale al più dettagliato).

Si riporta nella [Figura 3.2](#), la schematizzazione generale dell'alberatura energetica concordata con ENAC e i principali *stakeholder* del settore e la relativa suddivisione in livelli di consumo, come indicato nelle linee guida ENEA [53].

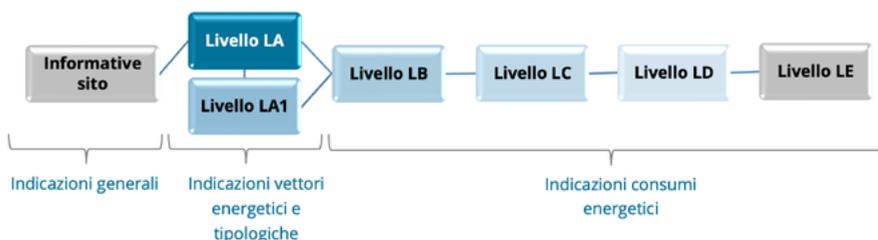


Figura 3.2 – Schematizzazione dell'alberatura energetica.

Nella sezione **Informative sito**, vanno riportate le informazioni necessarie all'individuazione del sito e dello specifico settore merceologico di riferimento (ragione sociale, partita IVA, indirizzo, codice ATECO, anno riferimento diagnosi energetica).

Nel **Livello LA**, vanno riportati tutti gli approvvigionamenti energetici di sito, prestando anche attenzione alla natura del contratto di acquisto (energia certificata "Green", contratti di tipo "Power Purchase Agreement - PPA"), l'impiego di fonti rinnovabili di energia, indicando le quantità prodotte ed autoconsumate di rinnovabile elettrico e termico, gli approvvigionamenti energetici di sito per autotrazione ed anche le quantità di acqua utilizzata nell'aeroporto. Inoltre, vanno riportate le informazioni generali che caratterizzano il sito aeroportuale (es. tipologia e numero di edifici esistenti, certificazioni possedute, etc.) e che individuano i dati di riferimento del servizio (n. voli, n. passeggeri equivalenti, t di merci, etc.) (Figura 3.3).

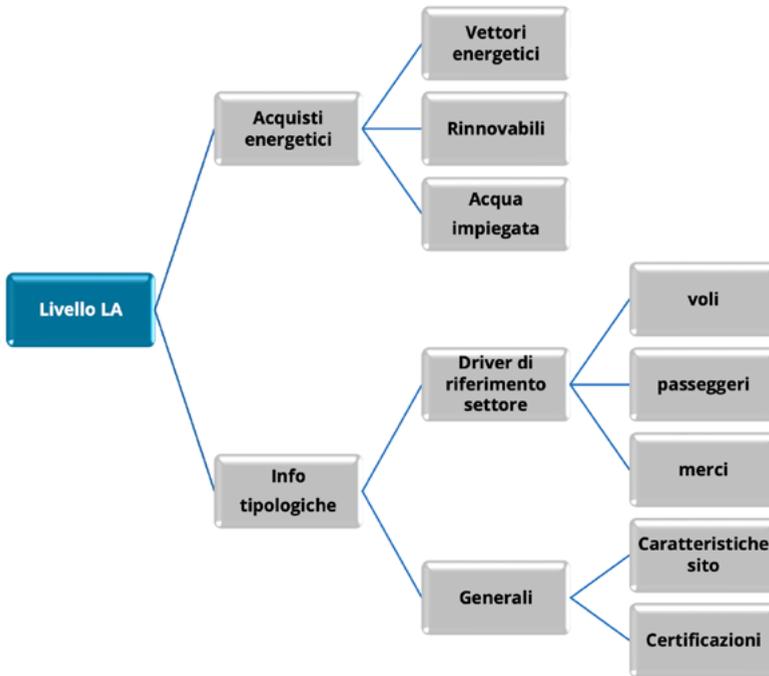


Figura 3.3 - Schematizzazione livello LA dell'alberatura energetica.

Nel **Livello LA1** (Figura 3.4), va riassunta la modalità in cui i diversi vettori energetici entranti nel sito aeroportuale vengono impiegati direttamente oppure inviati ad impianti di trasformazione e conversione dell'energia (es. cogenerazione/trigenerazione, ORC, caldaie, centrali frigo, etc.).

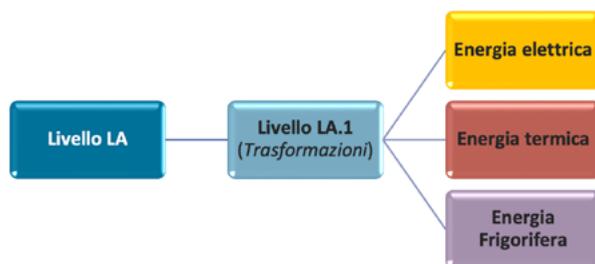


Figura 3.4 – Schematizzazione livello LA1 dell'alberatura energetica.

Nel **Livello LB** (Figura 3.5), vengono riportati i valori di consumo energetico, suddivisi per ciascun vettore, effettivamente imputabili al sito. Si differenziano dal livello LA nel caso in cui vi siano sistemi di autoproduzione o trasformazione dell'energia (es. Cogenerazione). A questo livello di dettaglio vengono confrontati i consumi effettivi con quelli rendicontati.

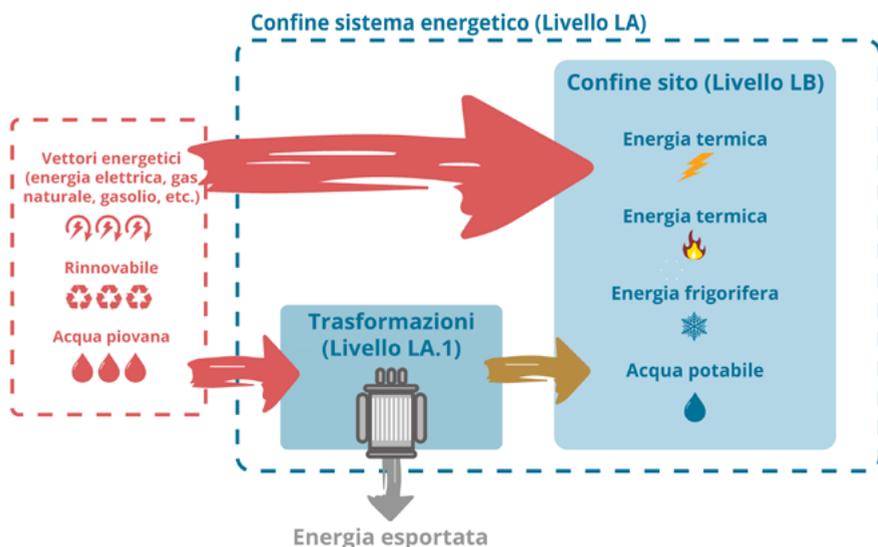


Figura 3.5 – Schematizzazione livello LB dell'alberatura energetica.

Nell'alberatura proposta, i successivi livelli di dettaglio (Figura 3.6) vengono settorializzati in base alle Aree Operative Omogenee (AOO) e alle specifiche tipologie di utilizzo energetico (utenze o centri di consumo).

Nei Livelli LC e LD è prevista la suddivisione dei consumi energetici per vettore energetico (energia elettrica, termica e frigorifera) e per area operativa omogenea. Le AOO definite all'interno di un sito aeroportuale civile sono quelle riportate in *Figura 3.6* e descritte nel *capitolo 3.3*.

Nel Livello LE si riporta il dettaglio della suddivisione del consumo di ciascun vettore energetico all'interno delle diverse aree operative omogenee (utenze specifiche e centri di consumo).

Non necessariamente tutte le "utenze specifiche" riportate a livello LE debbono essere considerate all'interno di ciascuna AOO individuata a livello LD, è sufficiente riportare quelle che caratterizzano l'AOO.

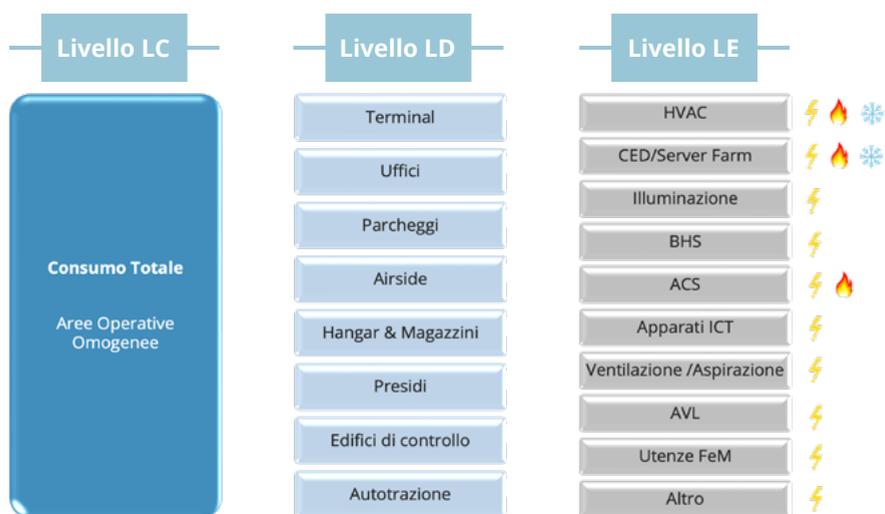


Figura 3.6 - Schematizzazione livello LC, LD, LE dell'alberatura energetica.

Il compito del Responsabile della Diagnosi Energetica (REDE) è individuare all'interno delle diverse AOO (Livello LD) i consumi delle specifiche utenze (Livello LE).

Si riportano di seguito alcuni esempi di consumo tipici rilevabili nell'area Terminal, Airside e nell'area Hangar & Magazzini (*Figura 3.7*).

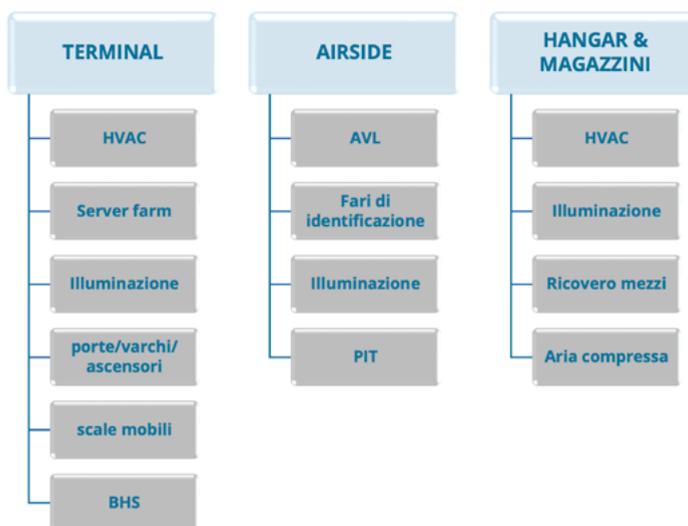


Figura 3.7 - Esempio individuazione utenze per l'AOO "Terminal", "Airside" e "Hangar & Magazzini".

3.3 Suddivisione del sito aeroportuale in Aree Operative Omogenee (AOO)

Di seguito si riportano le specifiche descrizioni delle diverse aree operative omogenee (*Tabella 3.1*) e delle principali tipologie di utenze e centri di consumo (*Tabella 3.2*), identificabili nel settore aeroportuale civile.

Area operativa omogenea (AOO)	Descrizione
Terminal	Identifica quella parte dell'aeroporto destinata al servizio di movimento dei passeggeri e dei loro bagagli, in cui si svolgono funzioni di accesso dei flussi di passeggeri e merci, servizi aeroportuali (accettazione, ristoro, attesa e controllo) e servizi di sicurezza (dogana e polizia).
Uffici	Spazio di lavoro chiuso con relative attrezzature in cui le persone svolgono un determinato impiego, adatto per lavori che richiedono livelli di concentrazione media e lavori collaborativi in piccoli gruppi. Deve essere conteggiata anche l'area relativa alle sale meeting e l'area dei servizi igienici.

Area operativa omogenea (AOO)	Descrizione
Parcheggi	Identifica tutte le superfici funzionali adibite al parcheggio e all'accoglienza di veicoli privati pubblici e di <i>sharing/</i> noleggio mezzi. Possono essere di superficie, esterni, coperti, chiusi, multipiano o sotterranei.
Airside	Area aeroportuale (es. piste, piazzali aeromobili, viabilità, aree di sicurezza) interna ai varchi doganali e/o alle postazioni di controllo di sicurezza destinata al solo transito di aeromobili, mezzi di servizio ed operatori autorizzati.
Hangar & Magazzini	L'hangar identifica le aree e gli edifici adibiti al ricovero di aeromobili mentre i magazzini identificano le aree e gli edifici destinati al ricovero dei mezzi di servizio (es. officine) oppure allo stoccaggio di merci e prodotti (zone cargo, magazzini, etc.).
Presidi	Identifica tutte quelle aree e edifici la cui destinazione d'uso è legata al presidio dei vigili del fuoco, delle caserme e del pronto soccorso medico.
Edifici di Controllo	Identifica le aree e gli edifici che sono preposti alla fornitura dei servizi del traffico aereo ai voli controllati (ACC) e alle strutture adibite alla radio assistenza e controllo (radar e torri di controllo TWR).
Autotrazione	Area funzionale virtuale che include la flotta di terra di tutti i mezzi di servizio, di trasporto persone e merci che insistono sul sito aeroportuale.

Tabella 3.1 - Descrizione sintetica delle Aree Operative Omogenee che contraddistinguono il sito aeroportuale civile.

Utenze	Descrizione
Infrastruttura informatica ICT	Ricomprende tutte le utenze relative al funzionamento degli apparati informatici, ovvero di tutti gli apparecchi funzionali alle attività d'ufficio (pc, stampanti/scanner, schermi, proiettori etc.) e gli apparecchi informatici presenti nell'area <i>Server-farm</i> (<i>switch/hub</i> , unità backup/disco, ups, router).
Illuminazione	Utenze relative all'illuminazione degli ambienti, servizi, postazioni lavoro e di tutti gli spazi di transito, interni ed esterni.

Utenze	Descrizione
Sistema di movimentazione bagagli BHS	Questa utenza comprende, in primis, le utenze di tutti gli impianti di cui si compone il sistema di movimentazione bagagli (nastri trasportatori, lettori ottici e di codici a barre, etc..). Laddove per tale sistema è adibito un intero edificio od una porzione dello stesso è possibile etichettare i consumi delle diverse utenze con il sistema BHS (es. Climatizzazione BHS, Illuminazione BHS, etc..).
Aspirazione fumi	Utenze relative agli impianti necessari per l'estrazione dei fumi negli ambienti (parcheggi, garage, sale mensa/ristorazione, etc..).
Porte/Scale Mobili/ Ascensori/nastri	Utenze funzionali al trasporto centralizzato o meno di persone e cose, compresi i consumi per modalità <i>stand-by</i> .
Climatizzazione e ACS	Ricomprende tutte le utenze, con consumi di tipo elettrico o di altro vettore (calore, acqua refrigerata, etc..), per la climatizzazione degli ambienti e per la produzione di acqua calda sanitaria. Sono inclusi in questa tipologia di consumo quello elettrico degli ausiliari (ventilazione, fancoil e UTA). Laddove è possibile il consumo per climatizzazione può essere suddiviso in centri di consumo (es. sale CED, <i>server farm</i> , mensa, etc..).
Aiuti visivi luminosi AVL	Con tale definizione si intendono tutte quelle utenze che concorrono al funzionamento delle luci dell'area di movimento di un aeroporto.
Fari di identificazione IBN-ABN	Identifica tutte le utenze che concorrono alla segnalazione della posizione di un aerodromo o di uno specifico punto di riferimento.
Ricovero mezzi	Identifica tutte le utenze che è possibile imputare alla ricarica e al ricovero di mezzi presenti nell'area airside, hangar, magazzini, officine e presidi (carica batterie, muletti, etc..).

Tabella 3.2 – Descrizione sintetica utenze che contraddistinguono le Aree Operative Omogenee.

Si sottolinea che la descrizione delle utenze che contraddistinguono le AOO non è esaustiva e sarà cura dell'*Energy Manager* e del Responsabile della Diagnosi Energetica (REDE) individuare ulteriori utenze caratterizzate da consumi significativi e riportarli in descrizione.

3.4 Indicatori di prestazione energetica

Uno dei punti chiave nella valutazione delle prestazioni energetiche di un sito, di un processo, etc. è il **confronto delle sue prestazioni con quelle di impianti/processi simili** (*benchmarking*). Questa fase di confronto però non può prescindere da una chiara standardizzazione delle caratteristiche del processo che permetta confronti omogenei con, ad esempio, Indici di Prestazione Energetica presenti in letteratura, o anche più semplicemente confronti con impianti simili di proprietà della stessa azienda.

La metodologia di *benchmarking* dell'efficienza energetica è definita nella norma UNI CEI EN 16231:2012 [56], che ne definisce i requisiti e ne fornisce raccomandazioni. La norma prevede la definizione di dati chiave e di indicatori del consumo energetico. Il *benchmarking* del consumo energetico, sia interno (tramite analisi dello storico/*trend*) che esterno (confronto con altre imprese del settore), è un potente strumento per la valutazione delle prestazioni ed il miglioramento dell'efficienza energetica tramite l'analisi delle tendenze del consumo energetico, dei costi dell'energia e del consumo energetico specifico.

Tra gli strumenti maggiormente utilizzati per il *benchmarking* prestazionale troviamo gli *Energy Performance Indicators* (EnPI) o **IPE (Indici di prestazione energetica)**.

Lo scopo di definire gli indici di prestazione energetica è quello di individuare valori di riferimento tali da permettere alle aziende di pianificare in modo appropriato la propria politica energetica, in linea con i dettami previsti dalla normativa di riferimento e successivi chiarimenti [33], [38]. Tali valori possono essere relativi all'intero sito produttivo, ad un singolo processo produttivo, ad un'area/reparto aziendale, ad una singola fase del processo produttivo. L'IPE assume solitamente la forma di un consumo specifico, avendo come denominatore la destinazione d'uso (o *energy use*) e come numeratore il consumo di energia:

$$IPE \left[\frac{u. m. energia}{u. m. destinazione d'uso} \right] = \frac{Consumo [u. m. (es.: kWh, MJ, tep)]}{Destinazione d'uso [u. m. (es.: t, kg, m^2, etc)]}$$

Dove, per destinazione d'uso o *Energy Use* si intende, secondo la norma UNI CEI EN 16247-1 [52] e UNI EN ISO 50001 [55], il parametro quantificabile in grado di influenzare il consumo energetico (ad esempio: tonnellate prodotte, superficie utile, gradi giorno, etc.).

Il *benchmarking* delle prestazioni energetiche consente di:

- ▷ quantificare le tendenze dei consumi energetici (fissi e variabili) rispetto ai livelli di produzione o servizio;
- ▷ confrontare le prestazioni energetiche del settore rispetto a vari livelli di produzione o servizi;
- ▷ identificare le best practice di settore;
- ▷ quantificare in maniera oggettiva eventuali margini disponibili per la riduzione dei costi energetici.

Esso, inoltre, costituisce la base per impostare il piano di monitoraggio e i target energetici da raggiungere.

Sulla base di quanto detto, l'individuazione e l'analisi degli IPE deve essere coerente con l'alberatura energetica del sito analizzato.

Solitamente è possibile definire due categorie di IPE:

- I. **Indicatori di Prestazione Energetica di tipo generale (IPE_g)** che normalizzano i consumi di sito (sia relativamente ai singoli vettori energetici che totali) rispetto alla destinazione d'uso di riferimento del sito oggetto di analisi.
- II. **Indicatori di Prestazione Energetica di tipo specifico (IPE_s)** che normalizzano i consumi (sia relativamente ai singoli vettori energetici che totali) delle aree funzionali o AOO, reparti o utenze (Livello LE) rispetto alla destinazione d'uso associata. Ad esempio:
 - per l'IPE di una centrale per la produzione di aria compressa sarebbe opportuno correlare il consumo energetico alla portata di aria compressa prodotta (destinazione d'uso);
 - Per l'IPE relativo all'illuminazione dei locali sarebbe opportuno correlare il consumo energetico alla superficie dei locali illuminati (lì dove possibile, tenendo anche in considerazione i diversi livelli di illuminamento minimi previsti per legge).

Tipicamente la destinazione d'uso o (*energy use*) generale, nell'ambito del settore terziario, corrisponde alla superficie del sito (espressa in metri quadri).

È importante sottolineare che resta alla professionalità del REDE e alla conoscenza dettagliata dell'*Energy Manager* di sito, l'utilizzo di ulteriori destinazioni d'uso a cui riferire i consumi energetici aeroportuali.

Nel caso del settore aeroportuale potrebbe essere opportuno considerare destinazioni d'uso diverse in relazione alla caratteristica funzionale dell'infrastruttura o alla tipologia di traffico. Pertanto, per i consumi totali

di sito, le destinazioni d'uso generale utilizzabili potrebbero essere: il dato di passeggeri equivalenti trasportati, il numero di movimentazioni aeree effettuate o le tonnellate di merci trasportate nell'anno di riferimento della diagnosi.

Tra le informazioni che potrebbero essere utili per effettuare confronti omogenei con eventuali altri siti aeroportuali vi sono: la zona climatica di appartenenza, la diversa caratteristica funzionale dell'infrastruttura aeroportuale (business, turistico, industriale e cargo) e la relativa tipologia di traffico (stagionale o continuativo).

Nella valutazione degli indici di Prestazione Energetica di tipo Specifico (IPE_s) è necessario correlare in maniera coerente i consumi con la destinazione d'uso più consona.

Nella tabella seguente sono riassunte le destinazioni d'uso specifiche di riferimento per alcune delle principali utenze e servizi che contribuiscono maggiormente ai consumi energetici per il settore aeroportuale civile. Tale classificazione, nel [capitolo 3.5](#), viene utilizzata per identificare i centri di consumo principali per cui sarebbe opportuno approntare un sistema di monitoraggio dei consumi energetici attraverso l'utilizzo di strumentazione fissa o mobile.

Attività	Destinazione d'uso o Energy Use	Unità di misura
Produzione e distribuzione di aria compressa	Volumi di aria prodotta	Normal metri cubi [Nm ³]
Produzione di freddo per climatizzazione	Volume degli ambienti condizionati	Metri cubi [m ³]
	Gradi giorno estivi	Gradi centigradi x giorni [°C gg]
	Energia frigorifera	Kilowattora di freddo [kWh _f]
Produzione di calore per riscaldamento	Volume degli ambienti condizionati	Metri cubi [m ³]
	Gradi giorno invernali	Gradi centigradi x giorni [°C gg]
	Calore prodotto	Kilowattora energia termica [kWh _t]

Attività	Destinazione d'uso o <i>Energy Use</i>	Unità di misura
Unità trattamento aria (UTA)	Volume ambienti condizionati	Metri cubi [m ³]
	Volume di aria trattata durante l'anno	Metri cubi [m ³]
Illuminazione	Superficie utile illuminata	Metri quadri [m ²]
Sistema di movimentazione bagagli (BHS)	Bagagli movimentati	-
Aiuti visivi luminosi (AVL)	Superficie utile/ lunghezza totale pista	Metri quadri [m ²] / chilometri [Km]
Fari di identificazione	Superficie utile	Metri quadri [m ²]
Impianti di pompaggio	Acqua pompata	Metri cubi [m ³]
Trattamento acque	Acqua trattata	Metri cubi [m ³]

Tabella 3.3 - Destinazioni d'uso specifiche di servizi e utenze presenti nei siti aeroportuali.

3.5 Piano di monitoraggio dei consumi energetici

Secondo quanto prescritto dall'Art. 8 del D.lgs. 102/2014 [33], la Diagnosi Energetica deve essere eseguita in conformità con i Criteri Minimi contenuti nell'Allegato 2 al citato decreto, il quale stabilisce che la Diagnosi Energetica deve essere **“basata su dati operativi relativi al consumo di energia aggiornati, misurati e tracciabili”**.

Il Ministero dello Sviluppo Economico ha, successivamente, chiarito (Allegato II del Documento di Chiarimenti del novembre 2016 [38]) che, ai fini della conformità della Diagnosi Energetica, non è necessario misurare tutti i consumi energetici, ma è possibile definire un **“Piano di Monitoraggio”** che includa quelli associati alle aree funzionali, opportunamente identificate, che contribuiscono in maniera significativa al Consumo complessivo dello Stabilimento.

In questo capitolo verranno descritte le procedure per implementare un piano di monitoraggio dei consumi energetici per il settore aeroportuale civile.

3.5.1 Modalità di Misurazione

Di seguito è riportato, integralmente, il testo del paragrafo 7.5 delle “Linee Guida per il Monitoraggio nel settore industriale per le Diagnosi Energetiche ex art. 8 del D.lgs. 102/2014” [53] pubblicate da ENEA.

Le misure potranno essere effettuate adottando le seguenti metodologie:

- ▷ **Campagne di misura:** la durata della campagna di misura dovrà essere scelta in modo rappresentativo (in termini di significatività, riproducibilità e validità temporale) rispetto alla tipologia di processo dell'impianto (es: impianti stagionali). La durata minima della campagna dovrà essere giustificata dal redattore della diagnosi. Occorrerà inoltre rilevare i dati di produzione relativi al periodo della campagna di misura;
- ▷ **installazione di strumenti di misura:** nel caso di installazione “permanente” di strumentazione di misura, è opportuno adottare come riferimento l'anno solare precedente rispetto all'anno d'obbligo della realizzazione della diagnosi energetica.

Tipologie di strumenti ammessi:

- ▷ **misuratori esistenti;**
- ▷ **nuovi misuratori** (manuali, in remoto, con software di monitoraggio con funzioni di memorizzazione e presentazione delle misure stesse).

Le misure devono essere conformi agli standard nazionali ed internazionali di riferimento (ISO, UNI, Protocollo IPMVP, etc.).

3.5.2 Fasi per la progettazione del piano di monitoraggio

In questo paragrafo, ed in particolare nella *Tabella 3.4*, è riportata una descrizione sintetica delle fasi per la progettazione di un Piano di Monitoraggio applicabile ad un sito del settore Aeroportuale. **È importante sottolineare come, in questo caso, per la valutazione dei requisiti minimi di monitoraggio ci si differenzi da quanto indicato nelle linee guida ENEA [53] per il settore terziario (in cui il settore aeroportuale ricade).** A differenza delle linee guida ENEA, infatti, le percentuali minime di consumi da monitorare non si riferiscono più ai Servizi Ausiliari ed ai Servizi Generali, superati con questo quaderno, ma al monitoraggio sia dei vettori energetici entranti nei principali sistemi di trasformazione (come ad esempio, impianti di cogenerazione, frigoriferi, generatori di calore, etc..) che dei consumi delle AOO.

Fase operativa	Descrizione															
Determinare il consumo del sito	Sommare i dati di consumo del sito (rilevabili dai contatori generali o dalle fatture di acquisto nel caso, ad esempio, del gasolio) relativi a ciascun vettore energetico impiegato dopo averli convertiti in unità di misura omogenee (es. MJ, kWh). Il consumo di sito è costituito anche dai vettori energetici autoprodotti (tramite fonti energetiche rinnovabili) ed autoconsumati (Livello LA alberatura energetica).															
Individuare le utenze del sistema energetico più significative	Nell'installazione dei sistemi di monitoraggio, prediligere i quadri generali e sistemi di trasformazione energia es. gruppi frigo, cogeneratori, caldaie possibilmente utilizzando sistemi di monitoraggio dedicati.															
Determinare il livello di copertura minima garantito dal piano di monitoraggio	<p>Noto il consumo del sito è possibile determinare, utilizzando la Tabella seguente, il livello di copertura minima che il sistema di monitoraggio dei consumi energetici dovrà soddisfare relativamente sia alle principali centrali di trasformazione energetica che ai principali centri di consumo energetico così come definiti nel capitolo 3.</p> <p>In particolare, in merito alle trasformazioni energetiche si ritiene di notevole importanza avere contezza almeno dell'intensità dei vettori energetici in ingresso alle principali centrali di trasformazioni.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Traffico aeroportuale</th> <th>Copertura Vettori Energetici in INPUT</th> <th>Copertura Ausiliari AOO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pax > 10 Mln</td> <td>80 %</td> <td>30 %</td> </tr> <tr> <td>9,9 Mln < Pax < 5 Mln</td> <td>70 %</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>4,9 Mln < Pax < 1 Mln</td> <td>60 %</td> <td>20 %</td> </tr> <tr> <td>Pax < 1 Mln</td> <td>50 %</td> <td>10 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nel caso, ad esempio, di un Aeroporto caratterizzato da un traffico aeroportuale di 12 Mln di passeggeri, si dovrà prevedere un Piano di Monitoraggio che garantisca una copertura dell'80% dei vettori energetici in ingresso agli impianti di trasformazione dell'energia, e la copertura del 30% dei consumi totali degli ausiliari associati alle AOO.</p>	Traffico aeroportuale	Copertura Vettori Energetici in INPUT	Copertura Ausiliari AOO	Pax > 10 Mln	80 %	30 %	9,9 Mln < Pax < 5 Mln	70 %	25 %	4,9 Mln < Pax < 1 Mln	60 %	20 %	Pax < 1 Mln	50 %	10 %
Traffico aeroportuale	Copertura Vettori Energetici in INPUT	Copertura Ausiliari AOO														
Pax > 10 Mln	80 %	30 %														
9,9 Mln < Pax < 5 Mln	70 %	25 %														
4,9 Mln < Pax < 1 Mln	60 %	20 %														
Pax < 1 Mln	50 %	10 %														
Determinare le aree funzionali, i processi e gli impianti da includere nel piano di monitoraggio	Individuata la copertura minima dei consumi che il Piano di Monitoraggio dovrà garantire, è possibile determinare per le AOO quali sono i servizi e gli impianti da includere nel Piano e quali impianti di trasformazione dell'energia monitorare. I consumi da includere nel Piano di Monitoraggio saranno quelli di tutti i processi e gli impianti la cui somma garantisce le coperture definite per le AOO ed allo stesso modo tutti gli impianti di conversione la cui somma di vettori energetici garantisce le coperture indicate per le trasformazioni.															

Tabella 3.4 – Fasi per il processo di progettazione di un Piano di Monitoraggio.

3.5.3 Esempio per il monitoraggio energetico

A titolo esplicativo, nella *Figura 3.8*, si riporta per le AOO identificate ai Livelli LC e LD della struttura energetica aeroportuale, le utenze o servizi che, nella maggior parte dei casi, sono presenti e potrebbero garantire i livelli di copertura richiesti. Generalmente, l'Area Operativa Omogenea alla quale è possibile attribuire un consumo energetico oltre il 60% è il Terminal aeroportuale. In particolare, gran parte del consumo energetico (in media tra il 60% e il 70%) riguarda la climatizzazione degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria. Rilevanti sono anche i consumi attribuibili all'illuminazione, sia interna che esterna o lato airside che in media si attestano tra il 10% ed il 15% dei consumi energetici totali. Consumi altrettanto rilevanti e confrontabili sono quelli relativi agli impianti per la movimentazione bagagli e alle sale apparati presente negli edifici di controllo.

Rimane a carico del Responsabile della Diagnosi Energetica (REDE) decidere quali utenze monitorare, controllando con i consumi effettivi, che i livelli di copertura richiesti siano raggiunti sia per i vettori energetici in ingresso agli impianti di trasformazione sia per i consumi totali delle Aree Operative Omogenee.

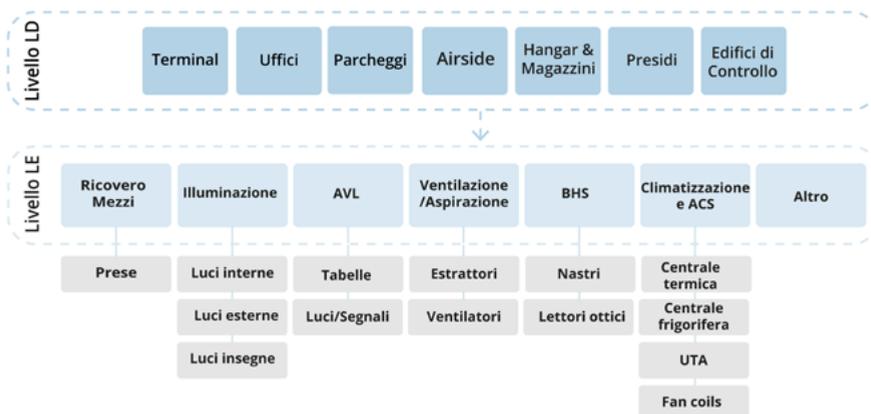


Figura 3.8 - Tipici centri di consumo delle diverse AOO del settore aeroportuale civile.

Al fine di rispettare le soglie minime riportate da ENEA, si suggerisce di monitorare con priorità i centri di trasformazione e generazione dell'energia più significativi, che sicuramente saranno le centrali termiche e frigorifere e gli impianti fotovoltaici o cogenerativi laddove presenti. Invece le aree operative omogenee più significative dal punto di vista energetico saranno sicuramente i terminal. I criteri di significatività sono decisi dall'azienda in funzione della

strategia energetica. Si può decidere di monitorare impianti che consumano molto, al fine di definire una baseline per la verifica del risparmio, e valutare la sostituzione con tecnologie più innovative.

Nelle tabelle successive sono riportati i principali centri di consumo che potrebbero essere sottoposti a monitoraggio con i relativi:

- ▷ Indici di Prestazione Energetica specifico (IPEs) o di secondo livello;
- ▷ parametro monitorato (vettore energetico; destinazione d'uso specifica) con relativa unità di misura;
- ▷ tipologia di strumento di misura utilizzabile per il monitoraggio;
- ▷ note generali per l'attuazione e messa in opera del sistema di monitoraggio.

Per la valutazione dei gradi giorno invernali si rimanda alla definizione indicata dalla norma UNI EN ISO 15927-6:2008 [57] che illustra il metodo di calcolo e il metodo di presentazione dei dati relativi alle differenze di temperatura cumulate (gradi giorno). In termini matematici i gradi giorno invernali ed estivi possono esprimersi come:

$$GG_{inv} = \sum_{e=1}^n \max(0; T_0 - T_e); \quad GG_{est} = \sum_{e=1}^n \max(0; T_e - T_0);$$

Dove:

- n : numero di giorni del periodo convenzionale di riscaldamento/raffrescamento;
- T_0 : temperatura ambiente convenzionale (es. 20°C per il periodo invernale e 26°C per il periodo estivo);
- T_e : temperatura media esterna del giorno e-esimo.

Identificazione Utente da monitorare: Climatizzazione

Utente	IPEs	Misura	Unità di misura	Strumento	Note
Calore per riscaldamento	IPEs = kWh _t /m ³	Gas naturale	Sm ³	Misuratori/contatori di energia termica volumetrici di gas o acqua (a membrana, a pistoni rotanti, a turbina, elettromagnetici, a mulinello), quantometro, calorimetro	<p>Il consumo di gas naturale alle effettive condizioni di esercizio può avvenire mediante quantometro, al quale deve essere applicato un convertitore per il consumo di gas in condizioni Standard. L'assenza del convertitore può essere superata applicando un fattore di conversione il cui valore deve essere riportato nella diagnosi energetica.</p> <p>Il calore impiegato o prodotto, sotto forma di acqua o vapore, può essere misurato mediante misuratori di portata e monitorando le temperature di mandata e ritorno.</p> <p>La destinazione d'uso è il volume degli ambienti climatizzati e può essere ricavato dai dati planimetrici. Si suggerisce di correlare i consumi per riscaldamento anche ai gradi giorno, ricavabili dalla misurazione accurata della temperatura esterna. Nel caso in cui il rapporto costo su beneficio risulti economicamente svantaggioso è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico in ingresso all'impianto di trasformazione.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Calore Impiegato o prodotto	kWh _t		
		Volumi ambienti climatizzati	m ³	Planimetrie di sito	
		Gradi giorno invernali	°C d	Termometro esterno	

Identificazione Utenza da monitorare: Climatizzazione

Utenza	IPEs	Misura	Unità di misura	Strumento	Note
Freddo per climatizzazione	$IPEs = kWh_f/m^3$	Calore impiegato e frigoriferie prodotte	kWh	Misuratori/contatori di energia termica volumetrici di gas o acqua (a membrana, a pistoncini rotanti, a turbina, elettromagnetici, a mulinello), quantometro, calorimetro	<p>Il calore impiegato o le "frigoriferie" prodotte, sotto forma di acqua o vapore, può essere misurato mediante misuratori di portata e monitorando le temperature di mandata e ritorno.</p> <p>La destinazione d'uso è il volume degli ambienti climatizzati e può essere ricavato dai dati planimetrici. Si suggerisce di monitorare, con dettaglio anche minore dell'ora, la temperatura esterna per correlare i consumi per climatizzazione ai gradi giorno estivi. Nel caso in cui il rapporto costo su beneficio risulti economicamente svantaggioso è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico in ingresso all'impianto di trasformazione.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno oraria.</p>
		Volumi ambienti climatizzati	m^3	Planimetrie di sito	
		Gradi giorno estivi	$^{\circ}C d$	Termometro esterno	
Impianto HVAC e Pompe di calore	$IPEs = kWh/m^3$	Energia Elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>Il consumo può essere monitorato installando un multimetro su singolo impianto o su un quadro elettrico di alimentazione di centrale. La destinazione d'uso è il volume degli ambienti climatizzati e può essere ricavato dai dati planimetrici.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Volumi ambienti climatizzati	m^3	Planimetrie di sito	

Identificazione Utente da monitorare: Climatizzazione					
Utenza	IPEs	Misura	Unità di misura	Strumento	Note
Unità trattamento aria (UTA)	IPEs = kWh/m ³ f o IPEs = kWh/m ³	Energia Elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>Il consumo può essere monitorato installando un multimetro su singolo. La destinazione d'uso è il volume di aria trattata, computabile dal volume degli ambienti climatizzati e dai ricambi orari scelti per i singoli ambienti. In alternativa si possono correlare i consumi delle UTA solo ai volumi degli ambienti climatizzati.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Volumi aria trattata	m ³	Gestionali di impianto	
		Volumi ambienti climatizzati	m ³	Planimetrie di sito	

Tabella 3.5 - Driver di riferimento per il calcolo degli IPE e strumentazione idonea per il monitoraggio: Climatizzazione.

Identificazione Utenza da monitorare: Carichi elettrici

Utenza	IPEs	Misura	Unità di misura	Strumento	Note
Infrastruttura informatica ICT	IPEs = kWh/m ²	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>La misurazione può essere effettuata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni impianto o gruppi di servizi.</p> <p>La destinazione d'uso è la superficie utile dove insiste l'impianto od il servizio e può essere ricavata dai dati planimetrici. Nel caso di apparecchiature informatiche o sale server è possibile valutare come destinazione d'uso anche la potenza installata (kW).</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
Illuminazione					
Altre utenze elettriche					
Aerazione ed estrazione fumi		Superficie climatizzata	m ²	Planimetrie di sito	
Apparati elettrici <i>server farm</i>					
Sale e Apparati					
Sistemi Video sorveglianza					
Sub concessionari					

Identificazione Utente da monitorare: Carichi elettrici					
Utente	IPEs	Misura	Unità di misura	Strumento	Note
Sistemi automatici di mobilità (ascensori, scale, passerelle)	IPEs = kWh/m ² o IPEs = kWh/h _f	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	La misurazione può essere effettuata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni impianto o gruppi di servizi. La destinazione d'uso è la superficie utile dove insiste l'impianto od il servizio e può essere ricavata dai dati planimetrici oppure le ore di effettivo funzionamento ricavate dal gestionale dell'impianto. Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi. Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.
		Superficie utile / Ore effettive di funz.	m ² o h _f	Planimetrie di sito o gestionale di impianto	
Sistema di movimentazione bagagli (BHS)	IPEs = kWh/bagagli o IPEs = kWh/ton.	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	La misurazione può essere effettuata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni impianto o gruppi di servizi. La destinazione d'uso è il numero di bagagli/movimentazioni che vengono effettuate nel periodo di riferimento oppure il peso totale dei bagagli/movimentazioni e può essere valutata dal sistema gestionale di controllo dell'impianto. Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi. Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.
		Numero bagagli	-	Sistema gestionale	

Tabella 3.6 - Driver di riferimento per il calcolo degli IPE e strumentazione idonea per il monitoraggio: Carichi elettrici.

Identificazione Utenza da monitorare: Airside

Utenza	IPEs	Misura	Unità di misura	Strumento	Note
Aiuti visivi luminosi (AVL)	IPEs = kWh/m ² , o IPEs = kWh/Km	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>La misurazione può essere effettuata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni impianto o gruppi di servizi.</p> <p>La destinazione d'uso è la superficie utile dove insiste l'impianto AVL oppure la lunghezza complessiva di tutte le piste presenti nel sito aeroportuale.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Superficie utile	m ²	Planimetrie di sito	
		Lunghezza totale di pista	km	Planimetrie di sito	
Fari di identificazione	IPEs = kWh/m ² .	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>La misurazione può essere effettuata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni impianto o gruppi di servizi.</p> <p>La destinazione d'uso è la superficie totale del sito aeroportuale e può essere ricavata dalle planimetrie.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 6 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Superficie utile	m ²	Planimetrie di sito	
Hatch pit 400 Hz	IPEs = kWh/m ²	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>La misurazione può essere effettuata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni impianto o gruppi di servizi.</p> <p>La destinazione d'uso è rappresentata dalla superficie lato airside dove sono collocati gli impianti (piazzole di sosta, apron, etc..) presenti nel sito aeroportuale ed il numero di voli serviti.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Superficie utile / n. voli serviti	m ² / n. voli	Planimetrie di sito / Sistema gestionale	

Identificazione Utenza da monitorare: Airside					
Utenza	IPEs	Misura	Unità di misura	Strumento	Note
Aria compressa	IPEs = kWh/Nm ³	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>La misurazione può essere effettuata installando un multimetro sul quadro elettrico di alimentazione di ogni compressore o sulla centrale.</p> <p>La destinazione d'uso è la quantità di aria prodotta dalla sala e la misurazione deve essere eseguita a valle dei compressori.</p> <p>Si suggerisce l'installazione di un sistema di misurazione fissa per tenere sotto controllo una tipologia di impianto spesso soggetto ad eventuali perdite.</p> <p>Nel caso in cui il rapporto costo su beneficio risulti economicamente svantaggioso è possibile limitarsi al monitoraggio del solo consumo energetico elettrico.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio suggerito: 12 mesi.</p> <p>Frequenza di acquisizione del dato almeno giornaliera.</p>
		Volume di aria compressa	Nm ³	Misuratore di portata	

Tabella 3.7 - Driver di riferimento per il calcolo degli IPE e strumentazione idonea per il monitoraggio: Airside.

3.6 Identificazione delle Opportunità di Risparmio Energetico

L'identificazione delle opportunità di risparmio energetico all'interno della struttura energetica aziendale rappresenta un obiettivo fondamentale della diagnosi energetica.

In particolare, si possono considerare quattro linee principali di intervento:

- I. *La valutazione di vettori energetici alternativi:* identificare i vettori energetici più adeguati all'utilizzo che se ne deve fare.
- II. *I sistemi di conversione dell'energia:* identificare le opportunità di miglioramento dell'efficienza di conversione dei principali trasformatori di energia (es caldaie, trasformatori elettrici, gruppi frigoriferi, cogeneratori etc..).
- III. *La distribuzione dell'energia:* identificare le opportunità di efficientamento nei trasformatori, cavi, commutatori e il possibile miglioramento del fattore di potenza in impianti elettrici e acqua refrigerata, nel raffreddamento dell'acqua, nell'aria compressa, etc.
- IV. *Gli utilizzatori di energia:* insieme ai sistemi di trasformazione di energetica rivestono un ruolo chiave nell'individuazione delle opportunità di efficientamento energetico (es. illuminazione, motori elettrici, apparati di processo etc..).

Gli interventi di efficientamento che si possono individuare sono di due tipologie: quelli di carattere gestionale, ad esempio correggendo o migliorando la modalità di utilizzo dell'energia e quelli tecnici/impiantistici, come ad esempio la sostituzione di apparati.

La fattibilità tecnico-economica degli interventi di risparmio energetico identificati rappresenta il parametro chiave per la loro successiva realizzazione. Dal punto di vista tecnico la fattibilità deve considerare il cosiddetto dimensionamento tecnico:

- ▷ La disponibilità della tecnologia, lo spazio di installazione, l'eventuale manodopera qualificata necessaria, l'affidabilità, etc.
- ▷ L'impatto delle misure di efficientamento energetico sulla sicurezza, sulla qualità, sul processo o servizio.
- ▷ La necessità di manutenzione e la disponibilità dei pezzi di ricambio.
- ▷ L'evoluzione dei consumi e i vincoli tecnico/normativi.

L'analisi economica, invece, è la valutazione che l'impresa è chiamata ad

effettuare per confrontare e poter scegliere la convenienza di possibili alternative di interventi di efficienza energetica. Questo studio deve essere fatto tenendo conto di tutti i costi associati all'intervento durante la sua vita operativa (come richiesto anche dalla Direttiva 2010/31/UE). La convenienza delle differenti alternative progettuali può variare in ragione di:

- ▷ investimenti necessari (CAPEX⁴);
- ▷ costi operativi (OPEX⁵);
- ▷ risparmi conseguibili;
- ▷ sensibilità alle variazioni;
- ▷ rischi.

Pertanto, per poter valutare correttamente un investimento è necessario che l'analisi riporti le seguenti informazioni:

- ▷ l'investimento complessivo necessario per il progetto (CAPEX);
- ▷ l'andamento dei costi operativi (OPEX), nascenti e cessanti;
- ▷ proposte per fonti e costi di finanziamento;
- ▷ valutazioni in merito alla redditività del progetto;
- ▷ analisi dei possibili rischi.

Le variabili principali che debbono essere prese in considerazione per la valutazione della redditività del progetto sono:

- ▷ Il **Valore Attuale Netto (VAN)**, cioè, la somma algebrica dei flussi di cassa originati da un progetto, attualizzati ad un determinato tasso di attualizzazione (esempio: WACC⁶), in un arco di tempo definito.

$$VAN = \sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Dove:

FC_t è il flusso di cassa al tempo t ;

r : è il tasso d'attualizzazione;

I_0 : è l'investimento iniziale;

N : la vita utile del progetto, o periodo d'attualizzazione.

4 CAPEX (dal termine inglese CAPital EXpenditure) sono gli investimenti in capitali.

5 OPEX (dal termine inglese OPERative EXpense) è il costo necessario per gestire un prodotto, business o sistema altrimenti detti costi di O&M (*Operation and Maintenance*) ovvero costi operativi o di gestione.

6 WACC (dall'inglese *Weighted Average Cost of Capital*) o Costo Medio Ponderato del capitale è calcolato come la media ponderata tra il costo del debito ed il costo del capitale proprio, sintetizza il costo (dividendi e interessi) che l'azienda paga per finanziarsi.

Chiaramente, valori positivi del VAN indicano che l'intervento è conveniente, mentre valori negativi dicono che non è conveniente.

- ▷ **L'Indice di Profitto (IP)**, il rapporto tra il VAN e l'investimento (I_0). È un parametro utile per stabilire una graduatoria di merito di più interventi con VAN positivi, quando, per esempio, non si ha sufficiente copertura finanziaria per realizzarli tutti.

$$IP = \frac{VAN}{I_0}$$

- ▷ Il **TIR (Tasso Interno di Rendimento)**, o **IRR (Internal Rate of Return)**, rappresenta la redditività del progetto che si sta valutando, in pratica è il rendimento % del progetto. Analiticamente, il TIR è il tasso d'attualizzazione che rende il VAN pari a zero:

$$\sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

- ▷ Il **Tempo di Ritorno o pay back period (PBP: periodo di recupero)** indica il tempo impiegato per recuperare il capitale investito in un determinato progetto. Il concetto di tempo di recupero è limitato al solo capitale investito distinto, pertanto, dagli interessi e dagli utili dell'investimento. Sostanzialmente, indica il periodo necessario affinché la somma dei flussi di cassa previsti eguagliano l'investimento iniziale.

Può essere quindi valutato in due differenti modi:

- I. Tempo di ritorno semplice: Attraverso l'analisi dei flussi di cassa semplici NON attualizzati;
- II. Tempo di ritorno attualizzato: Attraverso l'analisi dei flussi di cassa attualizzati.

Il Tempo di Ritorno Semplice dà indicazioni semplificate, sul tempo di ritorno di un investimento, poiché, non tiene conto del tasso di interesse/attualizzazione, non tiene conto della vita utile dell'investimento e solitamente è calcolato sui flussi di cassa medi.

Si calcola come semplice rapporto tra investimento e flusso di cassa medio lungo il periodo di vita dell'investimento.

Il Tempo di Ritorno Attualizzato (o semplicemente tempo di ritorno) dà indicazioni sul tempo di ritorno di un investimento utilizzando i flussi di cassa attualizzati. Viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$\sum_{t=1}^{PBP} \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Dove:

FC_t è il flusso di cassa al tempo t ;

r : è il tasso d'attualizzazione;

I_0 : è l'investimento iniziale;

N : la vita utile del progetto, o periodo d'attualizzazione.

Quanto più il tempo di ritorno attualizzato è inferiore alla vita utile del progetto, tanto più è conveniente l'investimento.

Il calcolo degli indici sopra elencati permette una prima valutazione sulla bontà o meno del progetto analizzato, ma per garantire maggiori certezze all'investitore è necessario che questa analisi sia corredata da una analisi dei rischi. L'analisi dei rischi risponde alla tipica domanda «ma cosa accadrebbe se...?» (*what is analysis*). Attraverso questa analisi si devono quantificare, valutare, pesare gli effetti sui Flussi di Cassa delle variazioni delle variabili critiche (o *driver*) di progetto (es. il prezzo dell'energia).

NOTA BENE: In merito all'individuazione delle opportunità di efficientamento energetico va ricordato che nella nuova **Direttiva Efficienza Energetica 1791/2023** (ancora non recepita in Italia) all'articolo 11, nel comma 2 viene introdotto l'obbligo di elaborare, contestualmente all'audit energetico, un piano di azione per l'implementazione delle opportunità di efficientamento energetico evidenziate dall'audit che dovrà essere inserito insieme al tasso di attuazione all'interno delle relazioni annuali dell'impresa.



**SINTESI DELLE
SOLUZIONI
ENERGETICHE**

4

4. Interventi di efficienza energetica: soluzioni tecnologiche per il settore degli aeroporti civili

Come chiarito nel *capitolo 3* scopo fondamentale di una diagnosi energetica di qualità è l'**individuazione delle principali opportunità di efficientamento energetico** potenzialmente implementabili, a seguito di un'accurata analisi costo-beneficio che tenga conto anche del ciclo di vita dell'intervento [Allegato 2 del D.Lgs 102/2014], sul sito analizzato.

Inoltre, in ambito Aeroportuale, in ottemperanza alle previsioni convenzionali della concessione di gestione totale, in previsione della sottoscrizione del contratto di programma con ENAC, il gestore del sito deve presentare ad ENAC una serie di documenti tecnici descriventi la **programmazione degli interventi** e relativi investimenti nel periodo considerato, tra questi vi è il **Piano della Tutela Ambientale (PTA)**.

Il Piano di Tutela Ambientale riguarda i seguenti elementi:

- ▷ **monitoraggio** dello stato dell'aeroporto da punto di vista ambientale ed energetico;
- ▷ la scelta dei singoli **indicatori** e dei relativi pesi;
- ▷ gli **obiettivi di miglioramento** legati agli indicatori e gli aspetti che ne hanno determinato la scelta;
- ▷ descrizione delle **misure** e delle **risorse** da impiegare per raggiungere tali obiettivi;
- ▷ indicazione di eventuali **investimenti** da impiegare, previsti nel piano pluriennale di breve periodo degli interventi, strumentali al raggiungimento degli obiettivi di tutela ambientale illustrati nel PTA;
- ▷ **miglioramento annuo** atteso in relazione ai singoli indicatori ambientali proposti.

In questo capitolo, vengono riportate, ovviamente in maniera non esaustiva, le principali opportunità di efficientamento energetico implementabile su un generico sito aeroportuale.

Le soluzioni qui proposte sono frutto sia di un'analisi di letteratura dello stato dell'arte del settore, che delle soluzioni individuate e riportate nelle numerose diagnosi energetiche obbligatorie [D.Lgs.102/2014] pervenute ad ENEA negli ultimi anni.

Rispetto agli altri settori analizzati nella collana "Quaderni dell'efficienza energetica", nell'individuazione e proposizione delle opportunità di

efficientamento energetico si è tenuto conto anche delle *Best practice* individuate per la valutazione degli indicatori previsti nel Piano di Tutela Ambientale richiesto agli operatori da ENAC.

Scopo del capitolo è, quindi, quello di fornire spunti utili al redattore della diagnosi energetica nell'individuazione delle principali opportunità di efficientamento energetico prestando attenzione anche agli obblighi richiesti ai gestori aeroportuali in merito alla redazione ed al monitoraggio del proprio PTA.

Le opportunità di efficientamento energetico vengono riportate suddivise per macroarea di appartenenza e rappresentate in tabelle all'interno delle quali ciascuna macroarea viene suddivisa ulteriormente in tipologia o oggetto dell'intervento (oggetto della soluzione) e intervento specifico proposto (Soluzione). Per ogni intervento o soluzione vengono riportati eventuali riferimenti bibliografici utili ad eventuali approfondimenti (Riferimenti), qualora l'intervento suggerito sia frutto dell'analisi delle diagnosi energetiche obbligatorie il campo dei riferimenti riporterà il valore [D.E.].

Inoltre, nelle tabelle per ciascuna soluzione proposta viene riportato, se presente, anche l'indicatore di riferimento (Indicatore di Riferimento PTA) richiamato dalle *"Best practice"* per la proposta e la valutazione degli indicatori nei Piani di Tutela Ambientale", redatto da ENAC.

4.1 Le macroaree

Per semplificare l'individuazione delle principali opportunità di efficientamento energetiche, queste sono state suddivise in 8 macroaree di riferimento:

- I. sistemi di supervisione e monitoraggio;
- II. soluzioni di risparmio energetico relative ad elementi strutturali e infrastrutturali;
- III. Viabilità e movimentazione persone e bagagli;
- IV. impianti elettrici ed illuminazione;
- V. impianti di autoproduzione energetica, trasformazione e climatizzazione;
- VI. impianti ausiliari;
- VII. sistemi di gestione, contrattualista e accreditamenti;
- VIII. altri interventi di impatto ambientale.

4.1.1 Sistemi di Supervisione e Monitoraggio

Questa macroarea propone alcune soluzioni che potrebbero essere adottate per l'implementazione, l'upgrade e l'estensione di sistemi di gestione, controllo e monitoraggio dei consumi energetici. La natura dell'intervento può essere sia di tipo prettamente gestionale, volto al miglioramento del processo, oppure di tipo impiantistico, legata all'installazione di sensoristica e contabilizzatori.

Gli interventi individuati per questa macroarea sono riportati nella seguente *Tabella 4.1*.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif.Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Impiantistico/ Gestionale	Istallazione Strumenti di misura	Installazione misuratori dei consumi energetici elettrici e termici	[53]	Ulteriori Impegni Ambientali
		Installazione di sensori di temperatura ed occupazione	[D.E.]	Ulteriori Impegni Ambientali
	Sistema di Supervisione e monitoraggio impianti	Implementazione di un sistema di monitoraggio, controllo e storicizzazione dei consumi energetici basato sull'architettura negli aeroporti sostenibili	[58], [59]	Ulteriori Impegni Ambientali
		Integrazione dei sistemi di sistemi di supervisione, monitoraggio e controllo degli impianti		Ulteriori Impegni Ambientali
		Installazione di un sistema di supervisione dei carichi Frigoriferi e Termici	[D.E.]	
		Implementazione di un sistema di monitoraggio dei carichi elettrici e delle temperature dell'aria evolvente nelle UTA	[D.E.]	
		Installazione di sistemi di supervisione e gestione per i sistemi di condizionamento dell'aria	[D.E.]	
		Installazione sistema di controllo della qualità dell'aria per i volumi di ingresso dell'aria esterna	[D.E.]	
		Implementazione di un sistema predittivo di gestione UTA del terminal	[D.E.]	

Tabella 4.1 – Sistemi di supervisione e Monitoraggio.

4.1.2 Soluzioni di risparmio energetico relative ad elementi strutturali e infrastrutturali

Gli interventi descritti in questa macroarea (*Tabella 4.2*) riguardano principalmente soluzioni di tipo edilizio riferibili sia all'area Terminal che all'Airside.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Edifici/Terminal	Superfici trasparenti	Sostituzione componenti trasparenti di involucro con componenti al di sotto dei valori limite indicati dalla normativa	[D.E.]	Efficienza Energetica
		Sostituzione delle attuali cornici delle finestre con nuove cornici con interruzione termica, doppio vetro e rivestimento a bassa emissività	[D.E.]	
		Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti		Efficienza Energetica
	Superfici opache	Isolamento Termico delle superfici opache verticali e orizzontali	[D.E.]	Efficienza Energetica
		Uso di materiali a ridotto assorbimento termico (es. <i>cool roof system</i>)		Efficienza Energetica
	Coperture	Installazione di una copertura verde che garantisca un adeguato assorbimento delle emissioni inquinanti in atmosfera e favorisca l'evapotraspirazione al fine di garantire un adeguato microclima (riduzione isole di calore)		Efficienza Energetica
AirSide	Vie di rullaggio	Realizzazione di Rapid Exit Taxiway per consentire agli aeromobili in atterraggio di liberare la pista di volo		Decarb.
	Piazzola di sosta	Sistemi GPU conversione da Diesel a elettricità con installazione carica batterie ad alta frequenza	[D.E.]	
	Piste	Installazione sistema di pavimentazione idronica riscaldata pista atterraggio	[61],[62]	

Tabella 4.2 – Soluzioni di risparmio energetico relative ad elementi strutturali e infrastrutturali.

Gli interventi riportati in *Tabella 4.2* si differenziano in funzione dell'area di intervento: nel caso di edifici presenti nel sito aeroportuale o del terminal, le principali soluzioni di risparmio energetico si riferiscono a tutti quegli interventi che possono garantire una riduzione dell'assorbimento termico degli elementi strutturali, per l'AirSide riguardano sia gli interventi relativi alle aree di decollo e rullaggio che di sosta degli aeromobili.

4.1.3 Viabilità e movimentazione persone e bagagli

In questa macroarea (*Tabella 4.3*) vengono riportate una serie di soluzioni riconducibili alla movimentazione sia delle persone che dei bagagli sia relativamente agli impianti meccanici (scale mobili, sorter, etc) che alle aree e/o superficie utilizzate per la movimentazione delle stesse.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Viabilità, Parcheggi o Aree Sosta interne ed esterne	Colonnine di ricarica	Installazione colonnine ricarica per veicoli elettrici		Efficienza Energetica
	Utilizzo materiali innovativi	Utilizzo di materiali fotocatalitici nelle aree di viabilità e parcheggi		Decarb.
Sistemi di movimentazione bagagli e persone	Movim. passeggeri	istemi di movimentazione efficienti per imbarco e sbarco dei passeggeri (scale mobili,, ascensori etc.), con sistemi ad <i>inverter</i> per modulazione carichi e recupero energetico	[58],[60]	
		Installazione controlli sensoriali su sistemi di movimentazione persone	[58],[60]	
	Sensori	Installazione sistema di rilevamento parallelo da sensori <i>Lidar</i> e telecamera dei veicoli per il traino automatico dei bagagli sulle rampe dell'aeroporto	[D.E.]	
	Veicoli	Aggiornamento flotta con veicoli elettrici o alimentati con carburanti a minor impatto ambientale per la movimentazione di persone e bagagli	[D.E.]	Decarb.
		Sostituzione del combustibile tradizionale con biocombustibile/ idrogeno	[D.E.]	Decarb.

Tabella 4.3 - Viabilità e movimentazione persone e bagagli.

4.1.4 Impianti elettrici ed illuminazione

Nella macroarea “impianti elettrici e illuminazione” vengono riportati una serie di interventi riconducibili sia all’efficientamento dei sistemi di illuminazione (*Tabella 4.4*) che al miglioramento qualità dell’energia elettrica utilizzata all’interno del sito produttivo (*Tabella 4.5*).

Relativamente agli impianti elettrici va fatto notare come l’utilizzo sempre più estensivo di sistemi di regolazione della potenza (es. inverter) o di trasformazione dell’energia (trasformatori AC/DC) spesso associati all’illuminazione a LED, può produrre sulla rete di trasmissione elettrica interna numerosi problemi relativamente al qualità dell’energia trasportate (armoniche, componente di energia reattiva elevata, etc..) con conseguenze riscontrabili sia sull’efficienza degli apparati che sulla loro durabilità.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Illuminazione	Corpi Illuminanti	Relamping con LED	[63],[64], [D.E.]	Efficienza Energetica
		Relamping con LED con soluzioni dimmerabili da integrare con adeguati sistemi di gestione e sensoristica per gestione dei flussi luminosi	[63],[64], [D.E.]	Efficienza Energetica
	Sensori	Installazione di sensori di presenza/movimento per una corretta gestione dei flussi luminosi	[63],[64], [D.E.]	Efficienza Energetica
	Sistema di gestione e controllo luci	Installazione di sistemi di gestione dell’illuminazione automatizzati (adeguamento dei livelli di luminosità, prevenzione del decadimento luminoso, illuminamento condizionato alla presenza, etc)	[65]	Efficienza Energetica
	AVL	Aggiornamento del sistema AVL (Aiuti Visuali Luminosi) del sito con l’installazione di apparecchi a LED	[63], [D.E.]	Efficienza Energetica

Tabella 4.4 - Impianti di illuminazione.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Impianti elettrici	Power Quality	Rifasamento sia centralizzato che misto (dotare anche le utenze o quadri di zona di impianti di rifasamenti) in funzione delle peculiarità del sito aeroportuale.	[D.E.]	
		Installazione di dispositivi di stabilizzazione della tensione e riduzione del contenuto armonico posizionati a monte dei quadri principali a bassa tensione	[D.E.]	
		Sostituzione Trasformatori	[D.E.]	
		Bilanciamento dei carichi	[D.E.]	
		Ottimizzazione nella regolazione della tensione elettrica	[58]	
	Monitoraggio e controllo	Sistema di monitoraggio, controllo ed ottimizzazione dei carichi nelle sottostazioni elettriche	[D.E.]	

Tabella 4.5 - Impianti elettrici.

4.1.5 Impianti di autoproduzione energetica, trasformazione e climatizzazione

La macroarea “Impianti di autoproduzione energetica, trasformazione e climatizzazione” identifica le diverse soluzioni impiantistiche che riguardano gli impianti atti sia all’autoproduzione e trasformazione energetica che alla climatizzazione all’interno di un aeroporto civile.

Per semplicità di lettura gli impianti con i relativi interventi sono stati suddivisi in:

- ▷ sistemi di autoproduzione dell’energia (*Tabella 4.6*);
- ▷ impianti termici (*Tabella 4.7*);
- ▷ impianti frigoriferi (*Tabella 4.8*);
- ▷ climatizzazione e trattamento aria (*Tabella 4.9*);

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif. Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Autoproduzione	FER	Produzione di energia elettrica tramite installazione di impianti fotovoltaici e/o aerogeneratori eolici	[58],[64],[66],[67],[D.E.]	Decarb.
		Produzione di energia termica tramite impianti solari	[68],[D.E.]	Decarb.
		Produzione di energia termica ed elettrica tramite impianti alimentati da biomasse reperibili localmente anche attraverso la realizzazione di impianti per il trattamento della frazione organica	[68]	Decarb./Economia Circolare
	Geotermico	Produzione di energia elettrica e termica tramite impianti geotermici a bassa entalpia	[68],[69]	Decarb.
	Cogenerazione e/o trigenerazione	Produzione di energia elettrica, termica e frigorifera tramite impianti di cogenerazione e trigenerazione	[D.E.]	Decarb.
	Recupero Termico	Produzione di energia elettrica da recupero termico con impianto ORC		Decarb.

Tabella 4.6 – Sistemi di autoproduzione dell'energia.

Nella *Tabella 4.6* sono riportati gli interventi relativi all'autoproduzione di energia i quali sono ulteriormente suddivisi in:

- ▷ autoproduzione da fonte rinnovabile (fotovoltaico, eolico, solare termico, biomassa);
- ▷ recuperi termici;
- ▷ utilizzo dei sistemi di cogenerazione e/o trigenerazione.

Nella *Tabella 4.7* sono invece riportati i principali interventi relativi agli impianti termici: dalla generazione alla trasmissione al recupero del calore.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Impianti termici	Generatori di Calore	Sostituzione del generatore di calore con sistemi più efficienti (es. generatori di vapore ad alta efficienza, caldaie a condensazione, pompa di calore, etc)	[D.E.]	
	Rete di distribuzione	Collegamento alla rete di teleriscaldamento/ cogenerazione	[D.E.]	
		Riqualificazione della rete di distribuzione interna	[D.E.]	
	Recupero Termico	Installazione di unità di recupero calore rotativi giroscopici	[D.E.]	
		Installazione sistemi di recupero del calore con doppia batteria accoppiata al raffreddamento evaporativo indiretto	[66]	

Tabella 4.7 - Impianti Termici.

Relativamente agli interventi sugli impianti frigoriferi, riportati nella [Tabella 4.8](#), vengono suggerite una serie di possibili opportunità di efficientamento energetico che riguardano sia direttamente i *chiller*/gruppi frigoriferi per la produzione del freddo attraverso la loro sostituzione con sistemi più efficienti, che tutti i servizi ausiliari al loro funzionamento ottimale: dall'implementazione di sistemi di *free cooling*, sistemi gestione dei carichi, recupero del calore/ freddo, utilizzo di "pozzi freddi" etc.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Impianti Frigoriferi	Repowering impianti, Sistemi di controllo e supervisione ed ottimizzazione carichi	Sostituzione dei <i>chiller</i> con sistemi a pompa di calore ad alta efficienza	[D.E.]	Efficienza Energetica
		Sostituzione dei <i>chiller</i> con <i>chiller</i> ad alta efficienza	[D.E.]	Efficienza Energetica
		Implementazione di sistemi di <i>free cooling</i>	[D.E.]	Efficienza Energetica
		Implementazione di sistema di supervisione e controllo dei carichi nelle Torri evaporative	[D.E.]	
		Installazione sistema di utilizzo delle acque sotterranee per il raffreddamento	[58]	Efficienza Energetica / Decarb.
		Installazione sistema di utilizzo ottimale di <i>chiller</i> e dei sistemi di acqua refrigerata in base al carico di raffreddamento	[65]	Decarb.
		Integrazione e ottimizzazione del controllo del sistema di acqua refrigerata	[70]	Decarb.

Tabella 4.8 – Impianti frigoriferi.

In *Tabella 4.9* sono elencati tutti quegli interventi funzionali al miglioramento delle prestazioni energetiche dei sistemi/impianti di climatizzazione (*fancoil*) e trattamento dell'aria (Sistemi HVAC, UTA, etc.).

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Climatizzazione e Trattamento Aria	Repowering impianti, Sistemi di controllo e supervisione ed ottimizzazione carichi	Installazione di un sistema idronico a 4 tubi per riscaldamento/condizionamento dell'aria	[D.E.]	
		Sostituzione UTA o Sistemi HVAC con sistemi più efficienti	[D.E.]	
		Ricalibrazione dei tassi massimi di flusso di aria esterna/ricambi d'aria	[D.E.]	
		Implementazione di un sistema predittivo di gestione UTA del terminal	[D.E.]	

Tabella 4.9 – Climatizzazione e trattamento aria.

4.1.6 Impianti Ausiliari

In questo capitolo ed in particolare in *Tabella 4.10* vengono proposti una serie di interventi sugli apparati ausiliari (es. motori elettrici, impianti aria compressa, etc) che possono incidere in maniera sensibile sui consumi energetici del sito aeroportuale.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Impianti ausiliari	Motori elettrici	Sostituzione delle pompe con pompe ad alta efficienza	[D.E.]	Efficienza Energetica
		Sostituzione dei motori elettrici con nuovi motori ad alta efficienza (IE3,IE4)	[71],[72], [73],[D.E.]	Efficienza Energetica
		Verifica e sostituzione cinghie dei motori elettrici con cinghie più efficienti, controllo pretensionatori.	[74],[75]	
		Installazione inverter su motori di pompe di circolazione, ventilatori e regolazione UTA	[D.E.]	Efficienza Energetica
	Ventilazione	Sostituzione delle ventilanti per la rimozione dei gas con ventole più efficienti	[75],[76], [77]	Efficienza Energetica
	Aria compressa	Repowering impianti aria compressa con introduzione compressori a carico variabile	[75],[76], [77],[78]	Efficienza Energetica
		Verifica rete di distribuzione aria compressa, individuazione perdite, dimensionamento ottimale diametro tubi, etc.	[75],[76], [78], [79],[80], [81]	
	Impianti Vuoto	Repowering impianti vuoto con sistemi ad elevata efficienza	[75],[76]	Efficienza Energetica

Tabella 4.10 – Impianti ausiliari.

4.1.7 Sistemi di gestione, Contrattualistica e Accreditementi

Il capitolo illustra quella tipologia di soluzioni di carattere prettamente gestionale, fondamentali per poter incidere sia direttamente sui consumi energetici che indirettamente sugli altri aspetti ambientali (es. riduzione emissioni).

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Gestionale	Sistema di Gestione	Certificazione Sistema di Gestione dell'Energia UNI EN ISO 50001:2018		Ulteriori Impegni Ambientali
		Certificazione Sistema di Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001		Ulteriori Impegni Ambientali
	Inventario GHG	Certificazione UNI EN ISO 14064:2019 riguardante la rendicontazione delle emissioni di gas serra		Ulteriori Impegni Ambientali
	Airport Carbon Accreditation (min LVL.2)	Ottenimento livello 2 della <i>Air Carbon Accreditation</i> - Gestione e riduzione delle emissioni di CO ₂		Ulteriori Impegni Ambientali
	Certificazione figure professionali	Certificazione e formazione figure professionali (EGE, EM, etc..)		Ulteriori Impegni Ambientali
	Formazione personale	Addestramento e sensibilizzazione del personale sulle corrette pratiche e ricadute ambientali		Ulteriori Impegni Ambientali
	Contratti con appaltatori, subappaltatori e fornitori	Inserimento nei contratti con appaltatori, subappaltatori e fornitori, di clausole sulle prestazioni ambientali		Ulteriori Impegni Ambientali
		Contratti con appaltatori, subappaltatori e fornitori, per il passaggio a prodotti sostenibili (es. riduzione consumo di plastica e delle materie prime)		Economia Circolare
		Recupero e riutilizzo dei materiali di cantiere		Economia Circolare
		Adozione e stipula Contratti Power Purchase Agreement (PPA)		Decarbon.

Tabella 4.10 – Sistemi di gestione, Contrattualistica e Accreditementi.

In *Tabella 4.10* sono riportate i principali interventi attuabili all'interno di un del sito aeroportuale. Tra le azioni proposte, i sistemi di gestione e accreditamento svolgono un ruolo chiave, infatti, ad esempio, grazie a strumenti come l'implementazione di un sistema di gestione dell'energia certificato ISO 50001:2018 è possibile pianificare, monitorare e migliorare le prestazioni energetiche delle attività.

4.1.8 Altri interventi di impatto ambientale

Per coerenza con le *"Best practice per la proposta e la valutazione degli indicatori nei Piani di Tutela Ambientale"*, redatto da ENAC, in quest'ultimo capito vengono riportati anche una serie di interventi (*Tabella 4.11*) che benché non abbiamo, necessariamente, una ricaduta diretta sui consumi energetici presentano una importante rilevanza ambientale.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	Indicatore di Riferimento PTA
Infrastrutturale, Impiantistica e Gestionale	Consumi Idrici	Definizione di interventi e pratiche per la diminuzione significativa dei consumi idrici totali annui		Ulteriori Impegni Ambientali
		Captazione e riutilizzo delle acque meteoriche per usi aeroportuali, compresa l'acqua di prima pioggia		Ulteriori Impegni Ambientali
	Trattamento Rifiuti	Raccolta differenziata dei rifiuti non pericolosi (es. macchine compattatrici di bottiglie in PET e lattine di alluminio che saranno installate presso i controlli sicurezza dei terminal)		Economia Circolare
		Riciclaggio dei rifiuti non pericolosi (es. impianto di compostaggio)		Economia Circolare
	Riduzione Rumore	Realizzazione di barriere fonoassorbenti e fono isolanti che limitano il rumore in fase di rullaggio		Ulteriori Impegni Ambientali
		Insonorizzazione e utilizzo di sistemi passivi per la diminuzione degli effetti da inquinamento acustico prodotti nel sedime		Ulteriori Impegni Ambientali

Tabella 4.11 – Altri interventi di impatto ambientale.



BIBLIOGRAFIA

5

5. Bibliografia

- [1] L'UE e le Nazioni Unite - obiettivi comuni per un futuro sostenibile: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/sustainable-development-goals/eu-and-united-nations-common-goals-sustainable-future_it
- [2] Nazioni Unite, Dipartimento degli affari economici e sociali Sviluppo sostenibile, "L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile": <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- [3] Nazioni Unite, Dipartimento degli affari economici e sociali Sviluppo sostenibile, "I 17 Go!": <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>
- [4] European Commission, National energy and climate plans: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en?prefLang=it
- [5] European Commission, Green Deal europeo: <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/>
- [6] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%": <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- [7] Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni "Pronti per il 55 %": realizzare l'obiettivo climatico dell'UE per il 2030 lungo il cammino verso la neutralità climatica: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550&qid=1707044781956>
- [8] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: riforma del sistema di scambio di quote di emissione dell'UE": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/>
- [9] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: un fondo per sostenere i cittadini e le imprese più colpiti": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-social-climate-fund/>
- [10] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: come l'UE intende trattare le emissioni al di fuori del suo territorio": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-cbam-carbon-border-adjustment-mechanism/>

- [11] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: riduzione delle emissioni risultanti da trasporti, edifici, agricoltura e rifiuti": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-effort-sharing-regulation/>
- [12] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: realizzazione degli obiettivi climatici nei settori dell'uso del suolo e della silvicoltura": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-lulucf-land-use-land-use-change-and-forestry/>
- [13] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: perché l'UE sta inasprendo le norme in materia di emissioni di CO2 per auto e furgoni": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-emissions-cars-and-vans/>
- [14] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: ridurre le emissioni di metano nel settore dei combustibili fossili": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-cutting-methane-emissions-in-fossil-fuels/>
- [15] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: aumentare la diffusione di carburanti più ecologici nei settori del trasporto aereo e marittimo": www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-refueeu-and-fueeu/
- [16] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: per trasporti più sostenibili": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-afir-alternative-fuels-infrastructure-regulation/>
- [17] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pacchetto Pronti per il 55%: in che modo l'UE intende promuovere le energie rinnovabili": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-how-the-eu-plans-to-boost-renewable-energy/>
- [18] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pacchetto Pronti per il 55%: in che modo l'UE diventerà più efficiente sotto il profilo energetico": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-how-the-eu-will-become-more-energy-efficient/>
- [19] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: per edifici più verdi nell'UE": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/>
- [20] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: passare dal gas di origine fossile ai gas rinnovabili e a basse emissioni di carbonio": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-hydrogen-and-decarbonised-gas-market-package-explained/>

- [21] Consiglio dell'Unione europea, infografica, *"Pronti per il 55%: in che modo l'UE intende rivedere la tassazione dei prodotti energetici"*: <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-energy-taxation/>
- [22] EUR-Lex, Regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 giugno 2020 relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica del regolamento (UE) 2019/2088: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF?uri=CELEX:32020R0852>
- [23] EUR-Lex, Regolamento (UE) 2023/2485 della Commissione Europea del 27 giugno 2023 modifica il regolamento (UE) 2021/2139 per definire criteri tecnici aggiuntivi per valutare se certe attività economiche contribuiscano significativamente alla mitigazione o all'adattamento ai cambiamenti climatici, senza danneggiare altri obiettivi ambientali: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R2485>
- [24] EUR-Lex, Regolamento delegato (UE) 2023/2486 della Commissione Europea del 27 giugno 2023 che integra il regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento europeo e del Consiglio definendo criteri tecnici per valutare se un'attività economica contribuisce in modo significativo all'uso sostenibile delle risorse marine, alla transizione verso un'economia circolare, alla prevenzione dell'inquinamento, alla protezione della biodiversità e degli ecosistemi, senza danneggiare altri obiettivi ambientali. Questo regolamento modifica anche il regolamento delegato (UE) 2021/2178 per quanto riguarda la comunicazione al pubblico di informazioni specifiche su tali attività economiche: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R2486>
- [25] Commissione Europea, *"Corporate sustainability reporting"*: https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en
- [26] Parlamento Europeo, *"Non-financial Reporting Directive"*: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/654213/EPRS_BRI\(2021\)654213_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/654213/EPRS_BRI(2021)654213_EN.pdf)
- [27] Regolamento (UE) 2019/2088 del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 novembre 2019 relativo all'informativa sulla sostenibilità nel settore dei servizi finanziari: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/ALL?uri=CELEX%3A32019R2088>

- [28] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Comunicato Stampa, "Clima-Energia: il MASE ha trasmesso la proposta di PNIEC alla Commissione Ue": <https://www.mase.gov.it/comunicati/clima-energia-il-mase-ha-trasmesso-la-proposta-di-pniec-alla-commissione-ue>
- [29] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, "PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA (PNIEC)", giugno 2023: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNIEC_2023.pdf
- [30] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Piani nazionali per l'energia e il clima": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/national-energy-and-climate-plans/>
- [31] Parlamento Europeo, "Efficienza energetica": <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/69/efficienza-energetica>
- [32] EUR-Lex, Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 ottobre 2012, sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:02012L0027-20210101_
- [33] Gazzetta Ufficiale, Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/07/18/14G00113/sg>
- [34] EUR-Lex, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo, al Comitato delle Regioni e alla Banca Europea per gli Investimenti in Energia pulita per tutti gli europei: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52016DC0860\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52016DC0860(01))
- [35] EUR-Lex, Direttiva (UE) 2018/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32018L2002_
- [36] Gazzetta Ufficiale, DECRETO LEGISLATIVO 14 luglio 2020, n. 73, Attuazione della direttiva (UE) 2018/2002 che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica: www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2020/07/14/175/sg/pdf
- [37] EUR-Lex, Direttiva (UE) 2023/1791 del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 settembre 2023 sull'efficienza energetica e che modifica il regolamento (UE) 2023/955: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32023L1791>

- [38] Ministero delle Imprese e del Made in Italy (già Ministero dello Sviluppo Economico), *"Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legislativo N.102 del 2014, 2016"*: <https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/CHIARIMENTI-DIAGNOSI-14-nov-2016.pdf>.
- [39] Ministero delle Imprese e del Made in Italy, Decreto ministeriale 21 dicembre 2017 - Agevolazioni imprese energivore: https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/decreto_ministeriale_21_dicembre_2017_%20agevolazioni_impres_energivore.pdf
- [40] Gazzetta Ufficiale, DECRETO-LEGGE 29 settembre 2023, n. 131 Misure urgenti in materia di energia, interventi per sostenere il potere di acquisto e a tutela del risparmio: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2023/09/29/23G00141/sg>
- [41] Decreto attuativo energivori, Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica
- [42] EUR-Lex, Comunicazione della Commissione - Disciplina in materia di aiuti di Stato a favore del clima, dell'ambiente e dell'energia 2022: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC0218\(03\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC0218(03))
- [43] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Decreto del Ministro della transizione ecologica n. 541 del 21 dicembre 2021 *"Rideterminazione dei corrispettivi a copertura degli oneri generali del sistema del gas applicati alle imprese a forte consumo di gas naturale"*: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/trasparenza_valutazione_merito/dm_541_21_12_2021.pdf
- [44] EUR-Lex, Direttiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 ottobre 2003 che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0087&from=en>
- [45] EUR-Lex, Direttiva (UE) 2023/959 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 10 maggio 2023 recante modifica della direttiva 2003/87/CE, che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nell'Unione, e della decisione (UE) 2015/1814, relativa all'istituzione e al funzionamento di una riserva stabilizzatrice del mercato nel sistema dell'Unione per lo scambio di quote di emissione dei gas a effetto serra: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L0959>

- [46] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, NOVITÀ EU ETS: <https://www.ets.minambiente.it/NovitaEUETS>
- [47] Ente Nazionale per l'Aviazione Civile, "Ruolo e competenze": <https://www.enac.gov.it/ruolo-competenze>
- [48] Ente Nazionale per l'Aviazione Civile, "Missione": <https://www.enac.gov.it/mission>
- [49] Ente Nazionale per l'Aviazione Civile, "Il ruolo dell'ENAC": <https://www.enac.gov.it/ambiente/lenac-per-lambiente/il-ruolo-dellenac>
- [50] ENAC - Action Plan 2021: <https://www.enac.gov.it/pubblicazioni/italys-action-plan-on-co2-emissions-reduction-edition-2021>
- [51] ENAC – Dati di traffico – Annualità 2023: <https://www.enac.gov.it/aeroporti/statistiche/report-periodici/dati-di-traffico-iv-trimestre-2023>
- [52] UNI CEI EN 16247:1-4:2018
- [53] Diagnosi Energetiche art 8 del D.lgs. 102/2014 Linee Guida e Manuale Operativo. La Clusterizzazione dei siti, il rapporto di diagnosi ed il piano di monitoraggio, ENEA, 2021: <https://www.efficienzaenergetica.enea.it/servizi-per/imprese/diagnosi-energetiche/indicazioni-operative.html>
- [54] Linee guida settoriali, ENEA: <https://www.efficienzaenergetica.enea.it/servizi-per/imprese.html>
- [55] UNI EN ISO 50001:2011
- [56] UNI CEI EN 16231:2012
- [57] UNI EN ISO 15927-6:2008
- [58] G. Baxter, P. Srisaeng, and G. Wild, 'An Assessment of Airport Sustainability, Part 2—Energy Management at Copenhagen Airport', Resources, vol. 7, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/resources7020032>.
- [59] M. P. Uysal and M. Z. Sogut, 'An integrated research for architecture-based energy management in sustainable airports', Energy, vol. 140, pp. 1387–1397, Dec. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.199>.
- [60] Y. Huiqun and X. Chunmei, 'Design and Implementation of the Key Technologies for Baggage Handling Control System', in 2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation,

- Mar. 2010, pp. 958–961. doi: <https://doi.org/10.1109/ICMTMA.2010.197>.
- [61] J. Daniels and E. Heymsfield, 'Development of Anti-Icing Airfield Heated Pavement System using Solar Energy', *Transportation Research Record*, vol. 2673, no. 11, pp. 141–149, Nov. 2019, doi: <https://doi.org/10.1177/0361198119852067>.
- [62] H. Xu, H. Shi, Y. Tan, Q. Ye, and X. Liu, 'Modeling and assessment of operation economic benefits for hydronic snow melting pavement system', *Applied Energy*, vol. 326, p. 119977, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119977>.
- [63] Y. Huiqun and X. Chunmei, 'Design and Implementation of the Key Technologies for Baggage Handling Control System', in *2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, Mar. 2010, pp. 958–961. doi: <https://doi.org/10.1109/ICMTMA.2010.197>.
- [64] M. P. Uysal and M. Z. Sogut, 'An integrated research for architecture-based energy management in sustainable airports', *Energy*, vol. 140, pp. 1387–1397, Dec. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.199>.
- [65] B. Yan et al., 'Strategical district cooling system operation in hub airport terminals, a research focusing on COVID-19 pandemic impact', *Energy*, vol. 255, p. 124478, Sep. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124478>.
- [66] M. C. Falvo, F. Santi, R. Aciri, and E. Manzan, 'Sustainable airports and NZEB: The real case of Rome International Airport', in *2015 IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, Jun. 2015, pp. 1492–1497. doi: <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2015.7165392>.
- [67] M. H. Banda, K. Nyeinga, and D. Okello, 'Performance evaluation of 830 kWp grid-connected photovoltaic power plant at Kamuzu International Airport-Malawi', *Energy for Sustainable Development*, vol. 51, pp. 50–55, Aug. 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.05.005>.
- [68] C. Koroneos, G. Xydis, and A. Polyzakis, 'The optimal use of renewable energy sources—The case of the new international "Makedonia" airport of Thessaloniki, Greece', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 6, pp. 1622–1628, Aug. 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.02.007>.
- [69] J. Zhen, J. Lu, G. Huang, and H. Zhang, 'Groundwater source heat pump application in the heating system of Tibet Plateau airport', *Energy and Buildings*, vol. 136, pp. 33–42, Feb. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.008>.

- [70] Y. Sun, S. Wang, B. Cui, and M. S. C. Yim, 'Energy performance enhancement of Hong Kong International Airport through chilled water system integration and control optimization', *Applied Thermal Engineering*, vol. 60, no. 1, pp. 303–315, Oct. 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013>.
- [71] A. Hasanbeigi, C. Menke, and A. Therdyothin, 'The use of conservation supply curves in energy policy and economic analysis: the case study of Thai cement industry', *Energy Policy*, vol. 38, no. 1, pp. 392–405, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.030>.
- [72] A. Hasanbeigi, W. Morrow, E. Masanet, J. Sathaye, and T. Xu, 'Energy efficiency improvement and CO₂ emission reduction opportunities in the cement industry in China', *Energy Policy*, vol. 57, pp. 287–297, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.01.053>.
- [73] A. Hasanbeigi, L. Price, H. Lu, and W. Lan, 'Analysis of energy-efficiency opportunities for the cement industry in Shandong Province, China: A case study of 16 cement plants', *Energy*, vol. 35, no. 8, pp. 3461–3473, Aug. 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.04.046>.
- [74] R. T. Fischer, 'Crusher and Screen Drives for the Mining, Aggregate and Cement Industries', in *IEEE Cement Industry Technical Conference*, Dallas, USA: IEEE, May 1992, pp. 108–147. doi: <https://doi.org/10.1109/CITCON.1992.687613>.
- [75] E. Worrell, C. Galitsky, and L. Price, 'Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for cement making', LBNL-54036-Revision. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, March, 2008. doi: <https://doi.org/s://www.osti.gov/biblio/927882>
- [76] E. Worrell, C. Galitsky, E. Masanet, and W. Graus, 'Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Glass Industry. An ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers', Berkeley National Laboratory, 2008, doi: <https://doi.org/10.2172/927883>.
- [77] M. Benedetti, I. Bertini, V. Introna, and S. Ubertini, 'Explorative study on compressed air systems' energy efficiency in production and use: First steps towards the creation of a benchmarking system for large and energy-intensive industrial firms', *Applied energy*, vol. 227, pp. 436–448, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.10>.
- [78] Institute for Industrial Productivity, 'Explore energy efficiency technologies across the industrial sectors.', [iipinetwork.org](http://www.iipinetwork.org). Accessed: Jan. 11, 2021. [Online]. Available: <http://www.iipinetwork.org/>

- [79] European Commission, 'Best Available Techniques Reference Documents (BREF) for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide.', pp. 1-506, 2013: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/production-cement-lime-and-magnesium-oxide>
- [80] European Commission, 'Best Available Techniques Reference Document (BREF) for the Manufacture of Glass', p. 485, 2013: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/manufacture-glass-0>
- [81] P. Radgen and E. Blaustein, 'Compressed air systems in the European Union', Stuttgart: LOG_X, 2001. ISBN: 3932298160, 9783932298165



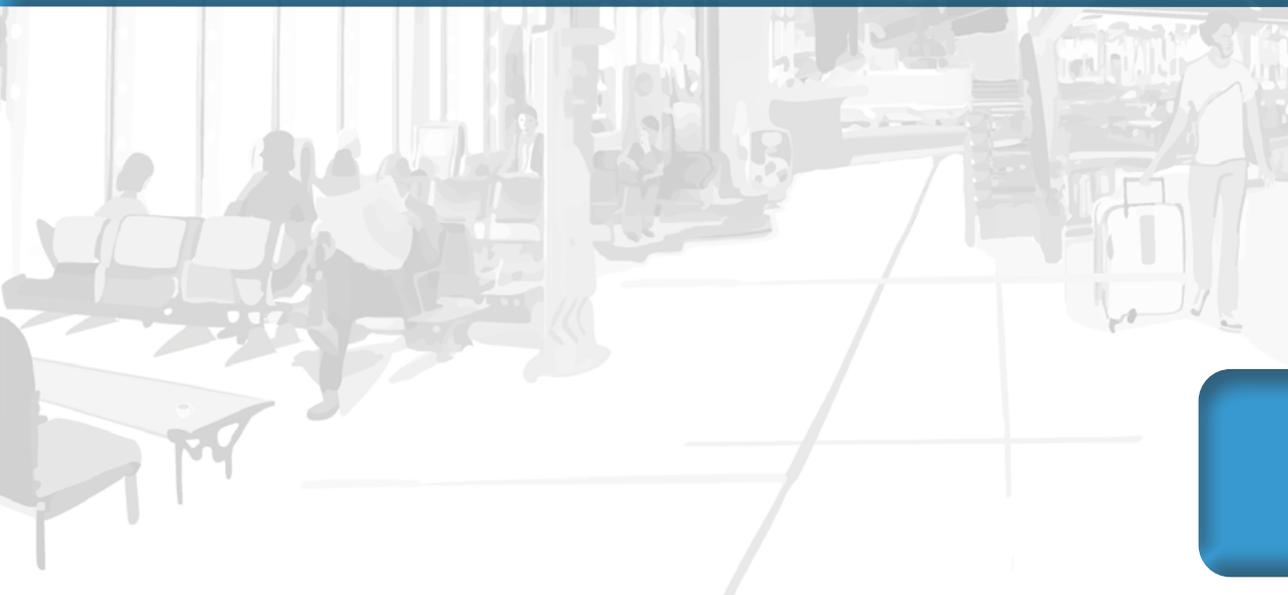
Grazie per il tuo interesse al volume "AEROPORTI" della collana
"Quaderni dell'efficienza energetica".

Vuoi condividere la tua valutazione di gradimento su questa lettura?
Utilizza il QR code qui sopra per accedere al nostro breve questionario.

Il tuo feedback è prezioso per noi e ci aiuterà a migliorare la qualità dei nostri
volumi futuri. Apprezziamo il tuo contributo e il tuo interesse nella nostra
attività di ricerca sull'efficienza energetica.

Ulteriore materiale in merito agli argomenti relativi all'Efficienza Energetica
dei prodotti e dei processi industriali è possibile trovarlo nella pagina web
curata dal Dipartimento Unità per l'Efficienza Energetica - ENEA DUEE,
tramite il QR code qui di seguito riportato





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

RdS
RICERCA DI SISTEMA

La presente pubblicazione è stata realizzata nell'ambito della Ricerca di Sistema PTR 2022-2024, progetto 1.6 *Efficienza Energetica dei prodotti e dei processi industriali*, finanziato dal Ministero della Transizione Ecologica (ora Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica)