



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE
DG SEC



ENTE NAZIONALE PER L'AVIAZIONE CIVILE

Progetto co-finanziato dall'Unione Europea



Programma Operativo Interregionale
ENERGIE RINNOVABILI E
RISPARMIO ENERGETICO
2007 - 2013

Una scelta illuminata

L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI AEROPORTI OBIETTIVO CONVERGENZA

Roma, 8 luglio 2015

Criteri di progettazione eco-sostenibile e gestione dei terminal aeroportuali

Prof. Ing. Federico Santi



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Università di Roma Sapienza



Studio Santi
Innovation in Energy

In collaborazione con:



Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Roma

Obiettivi della linea guida

Il principio ispiratore della linea guida per la progettazione e la gestione eco-sostenibile dei terminal aeroportuali italiani è **il controllo puntuale, fin dalle prime fasi progettuali, dei flussi di energia e materia necessari alla costruzione ed alla gestione** dei terminal stessi.

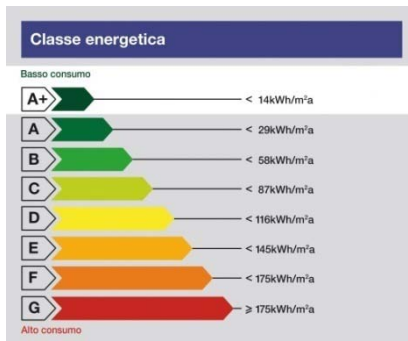
- ▶ Nei casi di nuovi terminal o di riqualificazione/ampliamento, il progettista deve porsi sin subito il problema di contenere quanto più possibile i flussi di energia e di materia
- ▶ Nei casi di terminal esistenti, i gestori, al pari dei progettisti dovranno:
 - ▶ porsi il problema della sostenibilità ambientale
 - ▶ effettuare audit/rilevazioni/verifiche ed ogni attività necessaria ad individuare possibili miglioramenti del grado di sostenibilità
 - ▶ indagare a fondo sui livelli di eco-sostenibilità raggiungibili e mettere in campo tutte le idee e le risorse necessarie per conseguirli

Obiettivi della linea guida

- ▶ La linea guida fornisce uno strumento di lavoro utile per:
 - ▶ **definire univocamente il livello di eco-sostenibilità** del terminal
 - ▶ **identificare e cifrare soluzioni** di aumento del livello di eco-sostenibilità, attraverso una serie di possibili **interventi raccolti in apposite schede**
 - ▶ **etichettare il terminal** in una **classe di eco-sostenibilità** definita all'interno della linea guida stessa
- ▶ Obiettivo finale è il raggiungimento di un **alto livello generale di eco-sostenibilità dei terminal aeroportuali italiani**, in linea con le policy energetico-ambientali nazionali e comunitarie, incentrate sulla riduzione dei consumi di materia e di energia, mediante:
 - ▶ l'aumento dell'**efficienza energetica**
 - ▶ l'uso delle **energie rinnovabili** disponibili in sito
 - ▶ il ricorso a **materiali eco-compatibili**
 - ▶ l'ottimizzazione dell'impiego di **risorse idriche**
 - ▶ la minimizzazione della produzione ed il recupero **dei rifiuti**

Certificazione di eco-sostenibilità e "Smart Standard" (*constrained*)

- ▶ La Certificazione Energetica degli edifici non è esaustiva per i terminal aeroportuali:
 - ▶ scarsa/nulla considerazione delle peculiarità dei terminal aeroportuali
 - ▶ scarsa considerazione copertura fabbisogno energetico da fonti rinnovabili
 - ▶ scarsa premialità di soluzioni impiantistiche avanzate (es. tri-generazione)
 - ▶ scarsa considerazione dei fabbisogni di energia diversi dalla climatizzazione
 - ▶ nessuna considerazione per le funzioni che si svolgono all'interno dell'edificio
 - ▶ nessuna considerazione di aspetti legati al life-cycle
- ▶ Passaggio ad un concetto di «**Smart Standard**»



SMART
STANDARD

Certificazione di eco-sostenibilità e Smart Standard (Vincolato)

- ▶ Lo Smart Standard è finalizzato al raggiungimento di un **obiettivo di efficientamento complessivo** lasciando la **massima flessibilità al progettista**
- ▶ Lo Smart Standard è qui definito **vincolato** poiché il progettista deve rispettare ANCHE la normative vigenti, in particolare sulla **Certificazione Energetica**
- ▶ Lo Smart Standard può essere definito attraverso un indicatore numerico univoco (es. kWh/m³/anno)
- ▶ Nella linea guida lo Smart Standard è definito attraverso una **matrice di eco-sostenibilità** che identifica criteri di intervento e li cifra attraverso dei punteggi appositamente definiti

SMART
STANDARD

Matrice di eco-sostenibilità

- ▶ Ad ogni elemento di eco-sostenibilità è assegnato un punteggio
- ▶ Il punteggio è assegnato in base al peso che lo specifico elemento esercita sul livello globale di eco-sostenibilità
- ▶ I punteggi dei singoli elementi sono stabiliti tramite apposite «**Schede degli Interventi**» nelle quali sono definiti definisce i criteri e le modalità di assegnazione dei punteggi stessi

Matrice di eco-sostenibilità

	Punteggi o Categorie (0-100)	Pesi	Punteggio finale	
PD - Analisi dei parametri che influiscono maggiormente sul livello di eco-sostenibilità dei terminali e criteri di progettazione eco-sostenibile dei terminali stessi (Best Available Technologies)		130%		/100
PD 1 - Architettura e comportamento dell'involucro edilizio. Trattamento dei ponti termici. Utilizzo di facciate ventilate, soluzioni per infissi e vetrate, tetti verdi, serre solari, sistemi innovativi.		25%		
PD 2 - Performance dei materiali da costruzione: life-cycle, impatto ambientale, tecniche costruttive		10%		
PD 3 - Il sistema edificio-impianto, ottimizzazione tramite modellazione dinamica tridimensionale		5%		
PD 4 - Benessere termo-igrometrico e qualità dell'aria all'interno dell'aerostazione. Sistemi efficienti di climatizzazione. Modularità degli spazi climatizzati.		20%		
PD 5 - Illuminazione naturale ed artificiale, comfort visivo, progetto illuminotecnico		20%		
PD 6 - Produzione locale di energia elettrica e/o termica da fonti rinnovabili		30%		
PD 7 - Cogenerazione o trigenerazione di energia elettrica e termica da fonti fossili		10%		
PD 8 - Valutazione e limitazione dell'impatto ambientale del terminal aeroportuale		5%		
PD 9 - Sistemi di monitoraggio dei consumi e building automation. Smart-grid aeroportuale.		5%		
M - Management e gestione eco-sostenibile del terminale aeroportuale (Best Practice)		100%		/100
M 1 - Centri di consumo, best-practice, raccomandazioni		32%		
M 2 - Programmi di informazione/formazione e responsabilizzazione del personale		8%		
M 3 - Conduzione degli impianti di climatizzazione ed illuminazione artificiale		30%		
M 4 - Sistemi di monitoraggio dei consumi e automazione degli impianti a servizio del terminale		30%		

Schede degli interventi

Le diverse soluzioni tecniche, tecnologiche ed organizzative applicabili ai terminali aeroportuali per accrescerne il grado di eco-sostenibilità sono riportate in apposite **Schede degli interventi**

- ▶ Le schede sono lo strumento principale per l'applicazione della linea guida
- ▶ Nelle schede sono descritti i criteri relativi ai singoli aspetti che concorrono a determinare l'eco-sostenibilità del terminal
- ▶ Nelle schede si definiscono degli **indicatori** per determinare i punteggi da assegnare ad ogni aspetto considerato da inserire nella matrice di eco-sostenibilità

PD 1 – PI 1 – A	Project and Design: Prestazioni dell'involucro edilizio – Strutture opache verticali	
<p>OBIETTIVO GENERALE Ridurre lo scambio termico per trasmissione attraverso le strutture opache verticali.</p>	<p>PUNTI</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SOV > 150% = 0pt ▪ 100% < SOV < 150% = 1pt ▪ 70% < SOV ≤ 100 % = 3pt ▪ SOV < 70% = 5pt <p>I primi due punteggi sono validi solo per strutture già esistenti.</p>	
<p>AZIONI E OBIETTIVI Al fine di ottenere i punti assegnabili in questa sezione è necessario ridurre il fabbisogno energetico ottimizzando le soluzioni costruttive e le scelte architettoniche con particolare riferimento alle strutture opache verticali dell'involucro.</p>	<p>BENEFICI</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Riduzione delle dispersioni di calore. ▪ Riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento ▪ Riduzione dei costi di riscaldamento. ▪ Riduzione delle emissioni di CO₂. ▪ Riduzione dell'impatto ambientale. 	
<p>SVILUPPOTECNICO <u>Nuove costruzioni, ampliamenti e ristrutturazioni:</u> il progettista è tenuto per lo meno ad eguagliare i valori limite di trasmittanza delle strutture opache verticali imposti dalla normativa vigente. <u>Strutture esistenti:</u> si consiglia al progettista di valutare possibili interventi migliorativi al fine di ridurre la trasmittanza delle strutture opache verticali e eguagliare i valori limiti stabiliti dalla normativa vigente. L'indicatore (SOV) sarà rappresentato dal rapporto percentuale tra la trasmittanza di progetto degli elementi dell'involucro e la trasmittanza corrispondente ai valori limite di legge.</p>	<p>DOCUMENTAZIONE</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Specifiche dei materiali impiegati ▪ Relazione che mostri la procedura di calcolo della trasmittanza, nel rispetto delle Norme Tecniche vigenti. 	

Schede degli interventi – Guida alla lettura

<p>Sigla indicante la macro-categoria di afferenza: PD (Project and Design) o M (Management). Le schede sono numerate in ordine crescente.</p>		<p>Ogni scheda è classificata con la lettera A o B a seconda che l'intervento sia previsto dalla normativa la certificazione energetica nazionale</p>	
<p>PD 1 - PI 1 - A</p>		<p>Project and Design: Prestazioni dell'involucro edilizio – strutture opache verticali</p>	
<p>Sigla indicante categoria di appartenenza p.e. PI (Prestazioni dell'involucro), FR (Fonti Rinnovabili). Le schede sono numerate in ordine</p>		<p>Titolo della scheda riportante la macrocategoria e la categoria di appartenenza nonché il criterio di valutazione qualitativa adottato.</p>	
<p>SCOPO GENERALE</p> <p>In questa sezione si definisce l'obiettivo generale della scheda, il frame work all'interno del quale si sviluppano i successivi interventi.</p>		<p>PUNTI</p> <p>In questa sezione è riportato il punteggio assegnabile alla singola scheda.</p>	
<p>Ridurre lo scambio termico per trasmissione attraverso le strutture opache verticali.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ SOV > 150% = 0pt ▪ 100% < SOV < 150% = 1pt ▪ 70% < SOV < 100 % = 3pt ▪ SOV < 70% = 5pt 	
<p>AZIONI E OBIETTIVI</p> <p>In questa sezione si definisce l'obiettivo operativo, rappresenta una destinazione dell'obiettivo generale</p>			
<p>Al fine di ottenere i punti assegnabili in questa sezione è necessario ridurre il fabbisogno energetico ottimizzando le soluzioni costruttive e le scelte architettoniche con particolare riferimento alle strutture opache verticali dell'involucro</p>			




<p>SVILUPPO TECNICO</p> <p>In questa sezione si riportano gli interventi e le soluzioni tecniche adottabili per raggiungere l'obiettivo specifico. Sono talvolta differenziati per "Strutture esistenti" o "Nuove costruzioni"; possono riportare prescrizioni imposte o interventi suggeriti. Sono inoltre individuati gli indicatori utilizzabili per verificare i risultati attesi.</p>	<p>BENEFICI</p> <p>Sono esplicitati i benefici (ambientali, tecnici, economici,...) ottenibili con gli interventi migliorativi proposti.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Riduzione delle dispersioni di calore. ▪ Riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento. ▪ Riduzione dei costi di riscaldamento. ▪ Riduzione delle emissioni di CO₂. ▪ Riduzione dell'impatto ambientale.
<p><u>Nuove costruzioni, ampliamenti e ristrutturazioni:</u> il progettista è tenuto per lo meno ad eguagliare i valori limite di trasmittanza delle strutture opache verticali imposti dalla normativa vigente.</p> <p><u>Strutture esistenti:</u> si consiglia al progettista di valutare possibili interventi migliorativi al fine di ridurre la trasmittanza delle strutture opache verticali e eguagliare i valori limiti stabiliti dalla normativa vigente.</p> <p>L'indicatore (SOV) sarà rappresentato dal rapporto percentuale tra la trasmittanza di progetto degli elementi dell'involucro e la trasmittanza corrispondente ai valori limite di legge.</p>	
<p>DOCUMENTAZIONE</p> <p>In questa sezione si riporta la documentazione da produrre per dimostrare il raggiungimento dei risultati attesi e/o il rispetto delle prescrizioni imposte.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Specifiche dei materiali impiegati ▪ Relazione che mostri la procedura di calcolo della trasmittanza, nel rispetto delle Norme Tecniche vigenti. 	

Classificazione dei terminal in base al livello di eco-sostenibilità

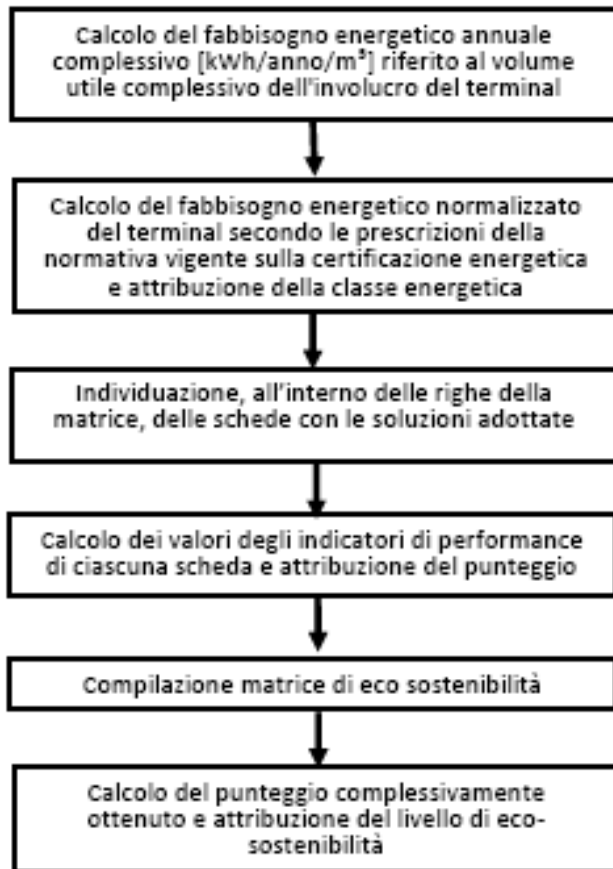
Livelli di eco-sostenibilità ed etichettatura: 5 classi (idea iniziale: «semaforo» con 3 livelli)

- ▶ Nelle schede sono descritti i criteri relativi ai singoli aspetti che concorrono a determinare l'eco-sostenibilità del terminal
- ▶ Nelle schede si definiscono degli **indicatori** per determinare i punteggi da assegnare ad ogni aspetto, da inserire nella matrice di eco-sostenibilità dove ciascun indicatore viene «pesato» in base al contributo al livello generale di eco-sostenibilità

Livello di eco-sostenibilità	Progetto	Gestione	Certificazione Energetica
1	minore di 50	minore di 60	G
2	tra 50 e 60	tra 60 e 70	E-F
3	tra 60 e 70	tra 70 e 80	C-D
4	tra 70 e 80	tra 80 e 90	B
5	maggiore di 80	maggiore di 90	A

Class	Progetto	Gestione	Certificazione Energetica	
Economy	minore di 70	minore di 60	minore di F	
Business	tra 70 e 90	tra 60 e 80	tra E e C	
First	maggiore di 90	maggiore di 80	maggiore di B	

Metodologia per la classificazione



Analisi dei parametri che influiscono maggiormente sul livello di eco-sostenibilità dei terminali e criteri di progettazione eco-sostenibile dei terminali stessi (Best Available Technologies)

- PD1 - Architettura e comportamento dell'involucro edilizio. Trattamento dei ponti termici. Utilizzo di facciate ventilate, soluzioni per infissi e vetrate, tetti verdi, serre solari, sistemi innovativi
- PD2 - Performance dei materiali da costruzione: life-cycle, impatto ambientale, tecniche costruttive
- PD3 - Il sistema edificio-impianto, ottimizzazione tramite modellazione dinamica tridimensionale
- PD4 - Benessere termo-igrometrico e qualità dell'aria all'interno dell'aerostazione. Sistemi efficienti di climatizzazione. Modularità degli spazi climatizzati
- PD5 - Illuminazione naturale ed artificiale, comfort visivo, progetto illuminotecnico
- PD6 - Produzione locale di energia elettrica e/o termica da fonti rinnovabili
- PD7 - Cogenerazione o trigenerazione di energia elettrica e termica da fonti fossili
- PD8 - Emissioni di sostanze inquinanti dagli impianti ubicati nel terminale aeroportuale
- PD9 - Sistemi di monitoraggio dei consumi e Building Automation. Smart-Grid aeroportuale

Management e Gestione eco-sostenibile del terminale aeroportuale (Best Practice)

- M1 - Centri di consumo, Best-Practice, raccomandazioni
- M2 - Programmi di informazione/formazione e responsabilizzazione del personale
- M3 - Conduzione degli impianti di climatizzazione ed illuminazione artificiale
- M4 - Sistemi di monitoraggio dei consumi e automazione degli impianti a servizio del terminale

Fase progettuale

La linea guida definisce i criteri per operare una progettazione eco-sostenibile tenendo in considerazione i seguenti aspetti:

- ▶ Architettura e comportamento dell'involucro edilizio
- ▶ Performance dei materiali da costruzione: LCA, impatto ambientale, tecniche costruttive
- ▶ Sistema edificio-impianto, ottimizzazione tramite modellazione dinamica tridimensionale
- ▶ Benessere termo-igrometrico e qualità dell'aria all'interno dell'aerostazione. Sistemi efficienti di climatizzazione. Modularità degli spazi climatizzati
- ▶ Illuminazione naturale ed artificiale
- ▶ Produzione locale di energia da fonti rinnovabili
- ▶ Cogenerazione / trigenerazione di energia elettrica e termica da fonti fossili
- ▶ Emissioni di sostanze inquinanti dagli impianti ubicati nel terminale aeroportuale
- ▶ Monitoraggio dei consumi, Building Automation. Smart-Grid aeroportuale

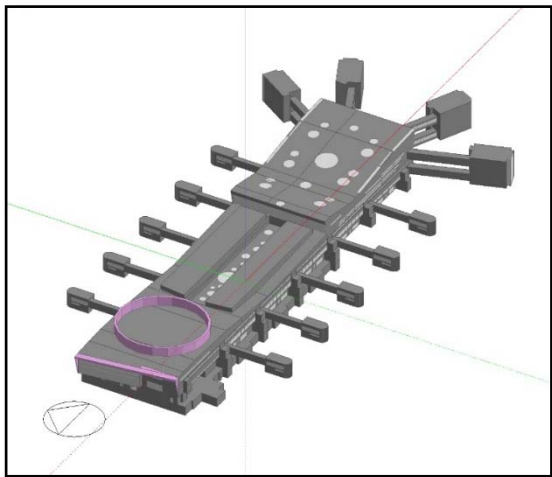
Architettura e comportamento dell'involucro

- ▶ Isolamento termico superfici opache
- ▶ Correzione ponti termici
- ▶ Impiego di facciate ventilate
- ▶ Impiego di superfici vetrate basso-emissive e a bassa trasmittanza
- ▶ Impiego di sistemi schermanti e di ombreggiamento
- ▶ Impiego di tetti verdi



Ottimizzazione sistema edificio-impianto tramite modellizzazione dinamica 3D

- ▶ Modellazione 3D e simulazione dinamica per il calcolo dei fabbisogni di energia
- ▶ Possibilità di individuare in fase di progettazione le soluzioni che permettono di contenere i fabbisogni di energia come:



- ▶ Scelta ottimale dell'orientamento dell'edificio
- ▶ Progettazione degli opportuni sistemi di ombreggiamento
- ▶ Scelta dei materiali per la realizzazione delle superfici di scambio con l'esterno opache e trasparenti
- ▶ Scelte architettoniche per la realizzazione di un sistema efficiente di ventilazione naturale

Benessere termo-igrometrico e qualità dell'aria

È possibile prevedere diverse soluzioni per rendere più efficiente l'utilizzo di energia per la climatizzazione degli ambienti come:

- ▶ **Pompe di calore polivalenti** a recupero di calore ad alta efficienza
- ▶ **Caldaje a condensazione** a bassa temperatura
- ▶ **Geotermia** con sonde, acqua di falda o corsi d'acqua
- ▶ UTA con ricircolo parziale aria, recupero di calore e bypass per **free cooling**
- ▶ Impianti di climatizzazione estiva ed invernale a **portata variabile** con regolazione tramite valvole a 2 vie e azionamenti a velocità variabile con **inverter**
- ▶ Sistemi di **regolazione automatica della portata d'aria primaria** in base alla qualità misurata da sensori nell'ambiente climatizzato (es. CO2)
- ▶ Sistemi di **regolazione e controllo continuo della temperatura** degli ambienti
- ▶ Sistemi ad espansione diretta a volume di refrigerante variabile affiancati a sistemi di ventilazione per garantire il ricambio d'aria
- ▶ Impianti di climatizzazione ad anello d'acqua con pompe di calore ad alta efficienza

Illuminazione naturale ed artificiale, comfort visivo, progetto illuminotecnico

- ▶ Utilizzando sistemi efficienti di illuminazione è possibile ottenere un risparmio di energia consistente ed un light design di alta qualità
- ▶ Sistemi di illuminazione con lampade a **LED** possono portare ad un risparmio di energia nell'ordine del 60% rispetto alle lampade fluorescenti T8 e del 90% rispetto alle lampade alogene
- ▶ Ulteriore risparmi sono ottenibili prevedendo l'installazione di un sistema di **regolazione automatica** del flusso luminoso (es. DALI) connesso a sistemi di rilevamento dei livelli di luminosità degli ambienti, per sfruttare al massimo le opportunità di risparmio offerte dai significativi apporti di luce naturale tipici del terminal aeroportuale con ampie vetrate

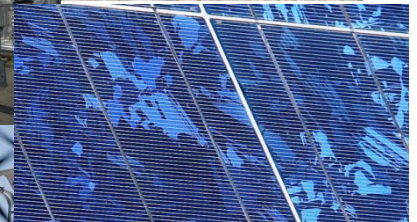


	lm/W lampada	Durata utile (ore)	Resa cromatica (Ra)
LED	70-140	50000	80-90
T5	80-110	15000-20000	80-90
T8	70-90	10000-15000	80-90
Alogene	15-20	1000-5000	100
Induzione	70-85	60000	75-82

Produzione di energia da fonti rinnovabili

Pur con alcuni vincoli tecnici, in ambito aeroportuale è possibile prevedere l'impiego di diverse fonti rinnovabili per la produzione locale di energia (generazione distribuita):

- ▶ Solare fotovoltaico
- ▶ Solare termodinamico a concentrazione
- ▶ Eolico / mini-eolico
- ▶ Solare termico
- ▶ Solar cooling
- ▶ Cogenerazione a biomasse
- ▶ Geotermia a bassa entalpia
- ▶ Geotermia a media ed alta temperatura



Sistemi di monitoraggio, Building Automation. Smart-Grid aeroportuale

L'automazione degli impianti di produzione ed utilizzo di energia permette di ottimizzarne il funzionamento riducendo i consumi di energia primaria della struttura.

Al fine di ottenere questi vantaggi è necessario prevedere:

- ▶ Sistemi distribuiti di monitoraggio puntuale dei consumi energetici
- ▶ Sistemi di gestione e controllo automatico delle utenze (illuminazione, climatizzazione, forza motrice, ecc.)
- ▶ Sistemi di *energy storage* per aumentare l'affidabilità della rete elettrica aeroportuale e massimizzare lo sfruttamento delle fonti rinnovabili localmente disponibili
- ▶ Sistemi automatici di gestione degli impianti di generazione distribuita, integrati con gestione rete (smart grid, autodiagnosi, ecc.), gestione utenze e gestione storage in un unico sistema con algoritmi di ottimizzazione multicriterio

Fase di gestione

La linea guida tiene conto anche della gestione eco-sostenibile di un terminal considerando:

- ▶ Riduzione dei consumi di energia attraverso interventi sui sistemi di produzione, distribuzione e utilizzo finale dell'energia
- ▶ Incentivazione dell'utilizzo di fonti rinnovabili in ambito aeroportuale
- ▶ Monitoraggio e misure periodiche delle proprie prestazioni energetiche
- ▶ Analisi dei risultati ottenuti in termini di efficienza e di prestazioni energetiche al fine di individuare ed intervenire nelle potenziali aree di miglioramento
- ▶ Circolazione efficace di informazioni all'interno e all'esterno della struttura organizzativa per garantire il coinvolgimento di personale, fornitori e passeggeri nel processo di ottimizzazione
- ▶ Promozione dello sviluppo di una cultura aziendale orientata al risparmio ed all'uso razionale dell'energia anche attraverso appositi interventi formativi ed organizzativi

Esempi di elementi di eco-sostenibilità in alcuni terminal

► Aeroporto di Bari:

- Installazione in copertura di un impianto Fotovoltaico da 200 kWp, che produce mediamente 2700 MWh/anno

► Aeroporto di Torino:

- Installazione di un sistema di controllo UTA e gruppi frigoriferi con inverter che ha consentito un risparmio del 10% di energia elettrica e del 7% di energia termica, insieme ad altre politiche di energy saving volte all'ottimizzazione degli impianti

► Aeroporto di Bologna:

- Installazione luci LED nei corridoi e negli uffici
- Installazione inverter su UTA
- Installazione sistema di monitoraggio
- Impianto fotovoltaico in copertura (80 kWp)



Esempi di elementi di eco-sostenibilità in alcuni terminal

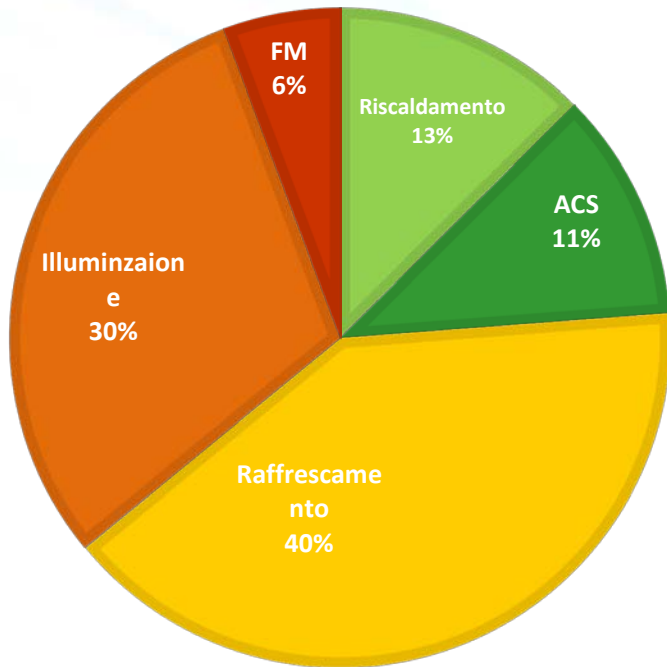
- ▶ East Midlands Airport:
 - ▶ Certificato «Carbon Neutrality»
 - ▶ Installazione di 2 turbine eoliche da 250 kW ciascuna e alte 45 m per la copertura di circa il 10% del fabbisogno di energia elettrica dell'intero aeroporto
- ▶ San Francisco International Airport:
 - ▶ Certificato LEED Gold per i nuovi terminali
 - ▶ Consumo energetico dovuto al ricambio d'aria artificiale ridotto del 20% grazie all'installazione di sistemi di controllo della ventilazione
 - ▶ Ristrutturazione del Terminal 2 con un risparmio di energia primaria superiore al 15%
 - ▶ Emissioni di CO2 equivalenti ridotte del 19% rispetto ai valori del 1990, tramite estesi interventi di risparmio energetico ed utilizzo di fonti rinnovabili



Esempio di fabbisogno di un terminal aeroportuale tipo

ENERGIA PRIMARIA IN KWH

■ Riscaldamento ■ ACS ■ Raffrescamento ■ Illuminazione ■ FM



Dati Terminal esempio

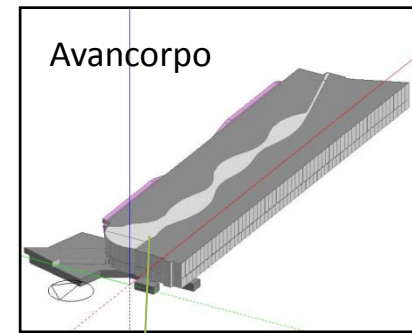
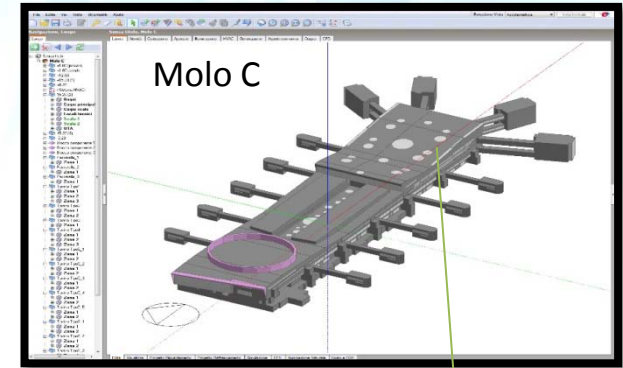
Sito	Italia meridionale
Dimensione	21000 m ²
Volume	147000 m ³
Pareti vetrate	80%
Fabbisogno energia primaria	7.045.224 kWh/anno
Indicatore Smart Standard	43.93 kWh/m ³ /anno

Risultato Matrice di Eco-sostenibilità

Project and Design	Gestione eco-sostenibile	Classe
47,7	48,8	Economy

Esempio di applicazione ad un terminal in costruzione (1)

- ▶ VIA – p. 19: nZEB (near-Zero Energy Buildings)
 - ▶ **Simulazione** energetica dinamica (E+) : 8760 ore dell'anno 2002, dati staz. meteo Fiumicino
 - ▶ Integrazione in rete di **teleriscaldamento** aeroportuale servita da **cogeneratori ad alto rendimento (TRIGENERAZIONE)**
 - ▶ **Fotovoltaico** in copertura
 - ▶ Illuminazione a **LED** con regolazione **DALI** (**ampie vetrate**: apporti naturali significativi)
 - ▶ Climatizzazione a tutt'aria a portata variabile (**VAV**) con post-riscaldamento di zona, sensori **CO₂**. UTA con **recupero di calore** a doppia batteria + raffreddamento adiabatico indiretto. **Free cooling**
 - ▶ Ottimizzazione caratteristiche energetiche degli **involucri** (S/V, Sf/Sm, trasmittanze strutture verticali opache e trasparenti, vetri a basso fattore solare, ecc.)



Courtesy of AdR S.p.A.



Esempio di applicazione ad un terminal in costruzione (2)

- ▶ Risultato della simulazione energetica dinamica:
 - ▶ Molo C: da 114 kWh/mc/a (progetto 2007) a **26 kWh/mc/a** (progetto 2013), -77%
 - ▶ Avancorpo: **38 kWh/mc/a**
- ▶ Applicazione della matrice di eco-sostenibilità:
 - ▶ Molo C: da 28,6 (progetto 2007) a **80** (progetto 2013)
 - ▶ Avancorpo: **77,6**
- ▶ Classificazione:
 - ▶ Molo C: da classe 1 (progetto 2007) a **classe 4** (progetto 2013)
 - ▶ Avancorpo: **classe 4**



Courtesy of
AdR S.p.A.