MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE
E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI

E.N.A.C
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale

AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE AMERIGO VESPUCCI

Opera

PROJECT REVIEW – PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento Completo

Relazione Illustrativa Generale

Livello di Progetto

SCHEDE DI APPROFONDIMENTO PROGETTUALE

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE COMPLETO FLR-MPL-PSA-FTV1-001-GE-RT_Rel Gen
PSA	01	NOVEMBRE 2024	N/A	TITOLO RIDOTTO Rel Gen

01	11/2024	Prima revisione	SGS	Responsabile TAE	TAE
00	04/2024	Prima emissione	SGS	Responsabile TAE	TAE
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE	GRUPPO DI PROGETTAZIONE	SUPPORTI SPECIALISTICI
ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti	**DIRETTORE TECNICO** Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631	**PROGETTAZIONE SPECIALISTICA** Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631
POST HOLDER PROGETTAZIONE AD INTERIM Dott. Vittorio Fanti **POST HOLDER MANUTENZIONE** Ing. Nicola D'Ippolito **POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO** Geom. Luca Ermini	**RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE** Ing. Andrea Bonciani Ordine degli Ingegneri di Firenze n° 8150	**SUPPORTO SPECIALISTICO**

È SEVERAMENTE VIETATA LA RIPRODUZIONE E/O LA CESSIONE A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DELLA COMMITTENTE

Relazione Illustrativa Generale

Indice

1. IL PROGETTO IMPIANTISTICO 3

1.1 STATO DI FATTO 3
1.2 STATO DI PROGETTO 9
1.3 CALCOLI DI PROGETTO 13
1.4 UTILIZZO DELL'ENERGIA PRODOTTA 19

2. CONCLUSIONI 22

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

1. Il progetto impiantistico

Il presente capitolo fornisce le principali informazioni tecniche relative al progetto dell'impianto **fotovoltaico a terra** da installarsi presso **l'Aeroporto di Firenze "Amerigo Vespucci"**. Lo sviluppo del concept e il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico sono stati effettuati tenendo conto dei seguenti aspetti:

- disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico;
- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici e ambientali (ombreggiamento e albedo);
- fattori di compatibilità delle opere nel contesto paesaggistico.

1.1 Stato di fatto

1.1.1 Sito di installazione

1.1.1.1 Disponibilità di spazi

L'area individuata per l'installazione dell'impianto fotovoltaico a terra si trova nell'estremità nord-est dell'attuale pista di atterraggio dell'Aeroporto Amerigo Vespucci, all'interno di un'area pianeggiante dove non sono rilevabili brusche interruzioni o salti nell'andamento della superficie topografica. Si prevede, infatti, con lo sviluppo dell'aeroporto nel Masterplan, di realizzare una nuova pista orientata a nord-ovest, rendendo disponibili gli attuali spazi per la realizzazione dell'impianto. Il sito sorge a circa 43 m sul Livello del Mare e a circa 10 km di distanza dal Centro storico di Firenze.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

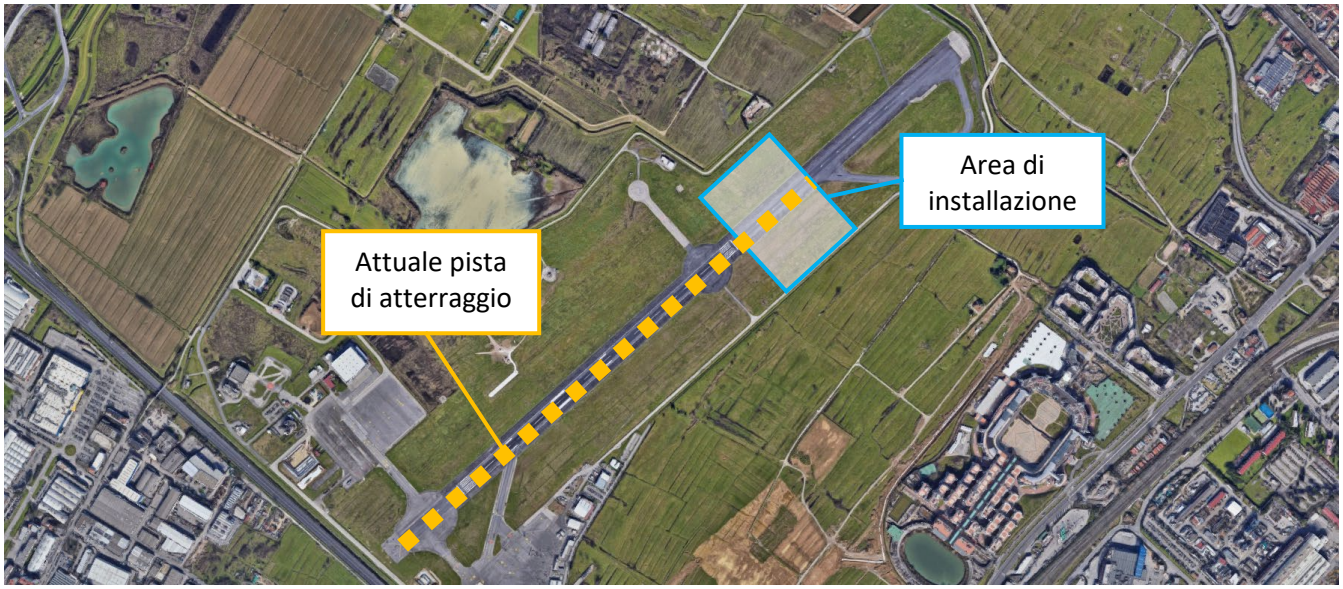


Figura 1 – Area di installazione prevista per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico a terra

L'impianto sarà disposto su una superficie complessiva di circa **8 ha** di terreno. L'area di intervento è classificata come "*Sottozona F3: Parcheggi, reti tecnologiche, cimiteri, aeroporto, recupero ambientale (esistenti)*" ai sensi dello strumento urbanistico vigente del Comune di Firenze.

La zona in cui è ubicato l'impianto non è soggetta ad alcun vincolo ambientale e/o paesaggistico e l'impatto visivo finale risulta essere contenuto.

1.1.1.1 Fattori morfologici e ambientali

Non si evidenziano fenomeni di schermatura da parte di elementi naturali (rilievi, alberi) o artificiali (edifici), tali da determinare una riduzione degli apporti solari e del tempo di ritorno dell'investimento.

Per quanto riguarda la composizione dei terreni invece, l'area oggetto di intervento è caratterizzata da Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna1), ovvero depositi di ambiente continentale, di origine alluvionale costituiti da **ghiaie, sabbie e limi** dei terrazzi fluviali di 1° ordine.

1.1.2 Disponibilità della fonte solare

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati della "UNI 10349:2016" relativi a valori giornalieri medi mensili dell'irradiazione solare sul piano orizzontale. Per la località sede dell'intervento, ovvero l'Aeroporto Amerigo Vespucci di Firenze avente latitudine 43.8143, longitudine 11.2118 e altitudine di 43 m.s.l.m.m., i valori giornalieri medi mensili dell'irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

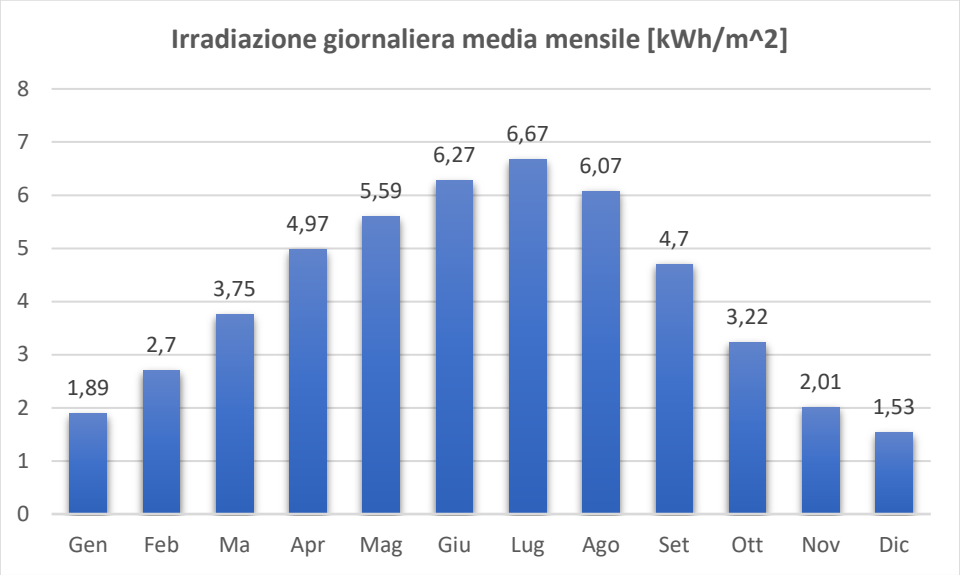


Figura 2 – Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m²] - Fonte dati: UNI 10349:2016

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a 1505 kWh/m² (Fonte dati: UNI 10349:2016.

1.1.3 Interferenze

Date le caratteristiche dell'area interessata, sono state condotte specifiche valutazioni di fattibilità, per verificare la compatibilità del progetto con l'operatività dello scalo; tali analisi hanno individuato l'**assenza di situazioni di criticità e di interferenze**, quali la presenza di impianti e sottoservizi esistenti.

1.1.4 Pericolosità idraulica

La mappa di pericolosità idraulica (Carta 5 – Carta della pericolosità idraulica ai sensi 53R) del Comune di Sesto Fiorentino, identifica l'area su cui sorgerà l'impianto fotovoltaico con codice "I3*: Aree di potenziale ristagno e/o insufficienza di drenaggio della rete di acque basse".

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

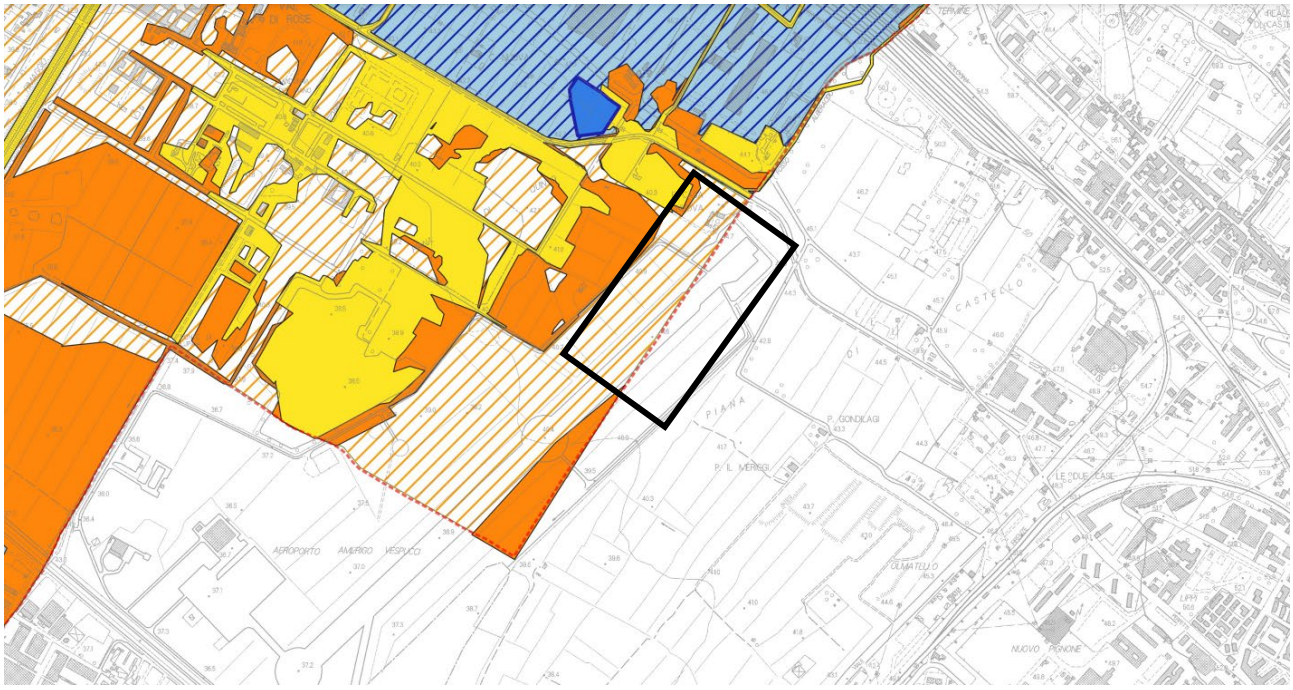


Figura 3 – Carta 5 – Carta della pericolosità idraulica ai sensi 53R

Tra gli elaborati vi è la previsione di una futura **vasca di laminazione** sul lato ovest del campo fotovoltaico in progetto (identificata nell'immagine sottostante con un riquadro azzurro) **destinata a ridurre il rischio idraulico dell'area**. Questa vasca sarà collegata al canale di cinta orientale (un fosso che serve alla regimentazione delle acque) attraverso una tubazione identificata con un tratto blu.

L'idea progettuale iniziale prevedeva di far passare il collegamento tra il parco fotovoltaico e la Stazione AT/MT nel tratto identificato con la linea rossa, idea poi scartata perché la presenza della vasca avrebbe creato un'importante interferenza. È stata così scelta la soluzione di un collegamento dal basso, nel tratto identificato con una linea verde, in modo tale da non avere vincoli progettuali.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

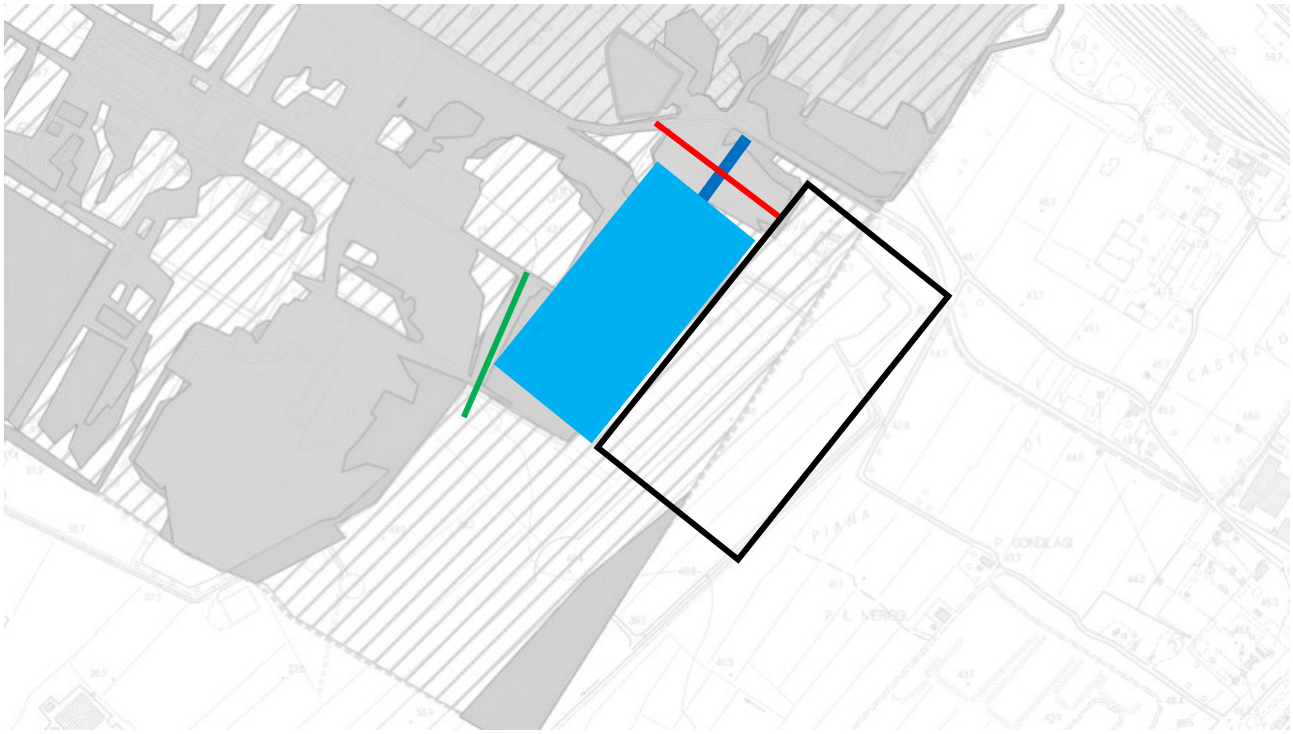


Figura 4 – Ipotesi di collegamento tra parco fotovoltaico e Stazione AT/MT

1.1.1 Pericolosità geologica

Il terreno interessato alla realizzazione del nuovo campo fotovoltaico è classificato in classe di pericolosità geologica media (G2) nella Carta della pericolosità geologica dei Comuni di Firenze e Sesto Fiorentino.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488



Figura 5 – Tavola della pericolosità geologica comune di Firenze

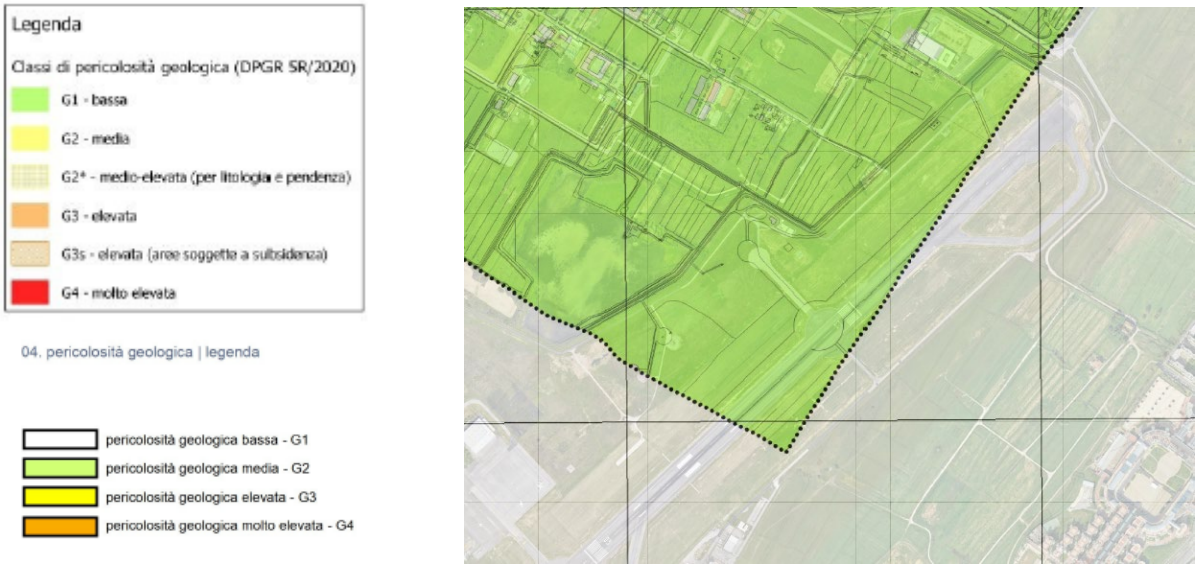


Figura 6 – Tavola della pericolosità geologica comune di Sesto Fiorentino

Per quanto riguarda il Progetto di Piano – PAI Dissesti geomorfologici, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, la zona in oggetto non è classificata nella cartografia adottata con Delibera CIP n. 20 del 20 dicembre 2019.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

1.2 Stato di Progetto

1.2.1.1 Scelta del modulo

Nell'ottica di realizzare un'opera meglio integrata nel contesto paesaggistico dell'Aeroporto di Firenze e dei suoi dintorni, per il presente progetto si intendono utilizzare moduli dotati di una particolare **colorazione delle celle, che richiami il paesaggio naturale**. Suddetti moduli, di tipo **policristallino**, sono dotati di performance energetiche inferiori alla media di mercato, ma contribuiscono a integrare meglio, dal punto di vista visivo, l'esteso impianto di produzione di energia elettrica con l'ambiente.

Di seguito le caratteristiche del singolo modulo:



ELECTRICALDATA(STC)	280P
Max power Pmax (Wp)	280
Max power voltage Vmp (V)	31.55
Max power current Imp (A)	8.87
Open circuit voltage Voc (V)	38.50
Short circuit current Isc (A)	9.40
Module efficiency (%)	16.78
Power tolerance (Wp)	-0/+5

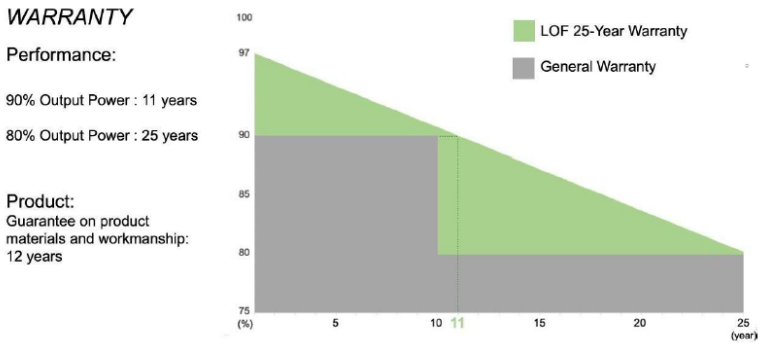


Figura 7 – Modulo solare con colorazione "Emerald Green"

1.2.1.2 Suddivisione dei campi

Il progetto prevede quindi l'installazione di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio policristallino della potenza unitaria di 280 Wp, posizionati con orientamento tale da garantire la miglior esposizione compatibile con l'assenza di fenomeni di abbagliamento verso la Torre di Controllo, fissati su strutture in acciaio ancorate al terreno.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

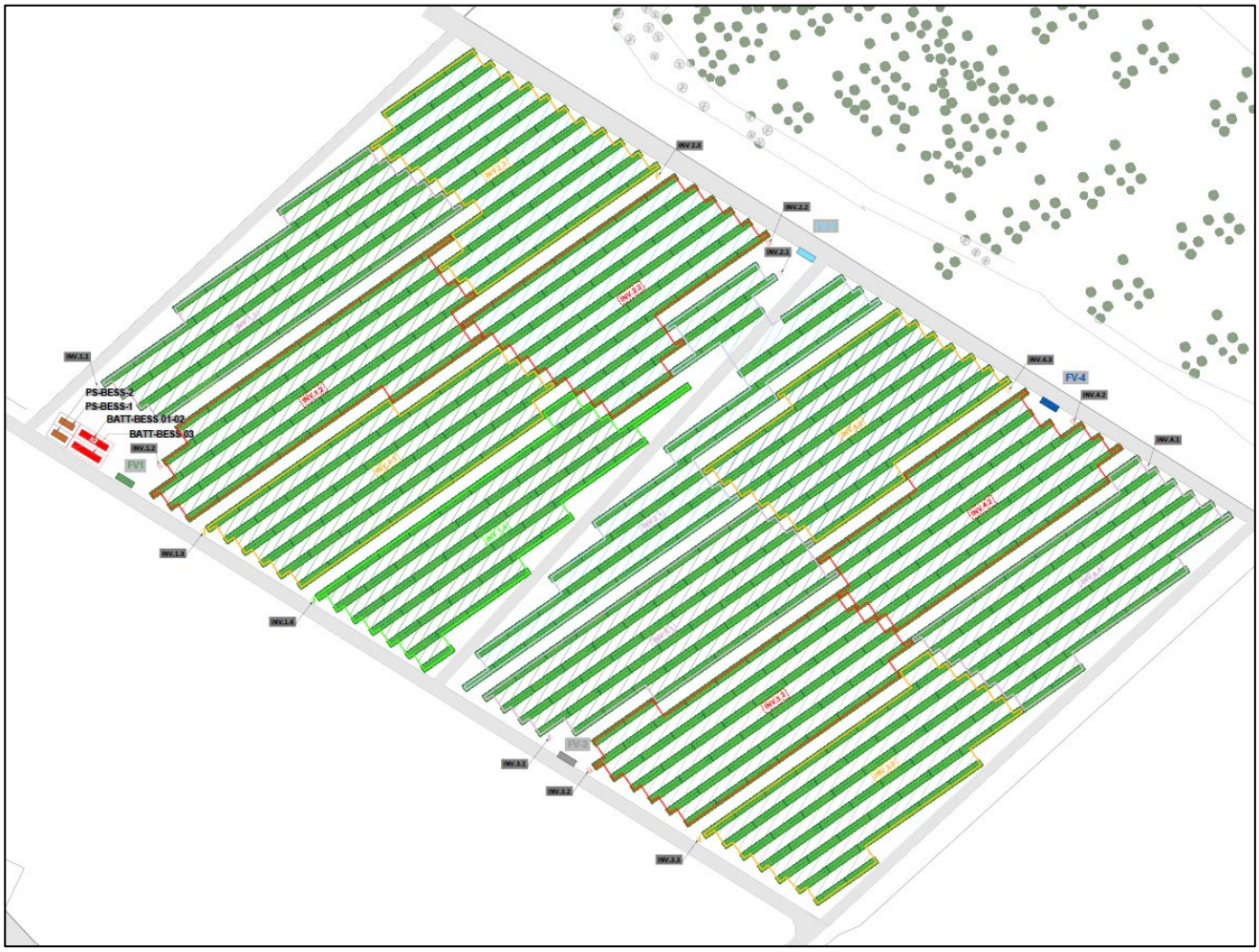


Figura 8 – Suddivisione campi fotovoltaici

L'impianto avrà una potenza totale di 5.056,80 kW e saranno installati 18.060 moduli fotovoltaici. L'impianto si compone di n. 4 campi fotovoltaici, denominati da "Campo FV-1" a "Campo FV-4", dislocati all'interno dell'area pianeggiante precedentemente descritta.

Oltre l'installazione dei moduli e del sistema di fissaggio, è prevista la posa in opera di sistemi accessori quali cavidotti e cabine elettriche (una per ogni campo fotovoltaico), nonché di sistemi BESS come in seguito specificati. Il parco fotovoltaico verrà collegato alla Cabina Primaria (CP) "Università" mediante un cavidotto interrato.

L'area che ospiterà il parco fotovoltaico non sarà riconvertita ad area verde, pertanto, non è previsto un inerbimento delle superfici sottostanti i pannelli che saranno fissati su strutture di fissaggio in acciaio, con trattamento anticorrosione a zincatura a bagno caldo per immersione (normativa UNI EN ISO 1461), idonea

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

a sostenere **moduli fotovoltaici disposti in verticale su 2 file e 14 colonne**, completa di binari per il fissaggio dei moduli.

La struttura è vincolata al terreno per mezzo di **due pali di fondazione** posizionati anteriormente e posteriormente e realizzati con profilo "C" di adeguata sezione e spessore profilato a freddo (EN 10204), con altezza fissa. Il lato più basso del modulo fotovoltaico avrà un'altezza rispetto il piano di calpestio, non inferiore a 80 cm.

Di seguito si riportano i principali dati di progetto:

Dati principali di installazione	
Denominazione Sito	**Aeroporto Amerigo Vespucci - Firenze**
Coordinate Sito	**43.8143 N - 11.2118 E**
Potenza nominale (CC)	**5.056,80 kWp**
Potenza nominale (CA)	**4.160 kW**
Tipologia di posa	**a terra su struttura inclinata a 35°**
Orientamento Impianto (Azimut)	**-35°**
Inclinazione (Tilt)	**35°**
Moduli	**Si policristallino - 280 Wp (18.060 unità)**
Inverter	**Multistringa Pot. nominale 320 kW (13 unità)**

Tabella 1 – Principali dati d'installazione impianto fotovoltaico

1.2.1.3 Verifica sull'assenza di fenomeni di abbagliamento (LINEE GUIDA ENAC-LG.2022/002-APT)

Al fine di valutare compatibilità aeronautica dell'impianto fotovoltaico si è redatta una relazione sulla verifica degli impatti da abbagliamento (elaborato **FLR-MPL-PSA-FTV1-002-FV-RT**) che potrebbero interessare sia i piloti in fase di atterraggio sulla futura pista RWY 11 dell'aeroporto e sia i controllori del traffico aereo in torre all'aeroporto di Firenze, come richiesto dalle disposizioni di ENAC in materia di "Ostacoli e pericoli per la navigazione" e come definito dal Regolamento ENAC per la Costruzione ed Esercizio Aeroporti.

Prendendo come riferimento le normative FAA (Federal Aviation Administration), la cui autorevolezza in materia è riconosciuta da ENAC, FAA 78 FR 63276 "Review of Solar Energy System Projects on Federally Obligated Airports" e FAA "Technical Guidance for Evaluating Selected Solar Technologies on Airports" e ricorrendo al software di calcolo "Solar Glare Hazard Analysis Tool v3.0" sviluppato dal Sandia National Laboratories e rispondente ai requisiti FAA sull'analisi da abbagliamento, si è condotta un'analisi mirata ad

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

accertare la possibilità che, data la collocazione ottimale dei pannelli fotovoltaici per l'ottimizzazione della producibilità dell'impianto, possano verificarsi fenomeni di abbagliamento indesiderati.

Il componente di un modulo fotovoltaico a carico del quale è principalmente imputabile l'abbagliamento, è il rivestimento anteriore del modulo e delle celle solari. L'insieme delle celle solari costituenti i moduli fotovoltaici di ultima generazione è protetto frontalmente da un vetro temprato antiriflettente ad alta trasmittanza che conferisce alla superficie del modulo un aspetto opaco. Questo rivestimento esterno trasparente antiriflesso fa sì che penetri più luce nella cella che altrimenti, con la sola superficie in silicio, rifletterebbe circa il 30% della luce solare.

Per tal ragione, il progetto ha previsto l'utilizzo di pannelli con caratteristiche **antiriflettenti**, tali da ridurre effetti negativi nelle aree circostanti ove si svolgono attività antropiche.

L'analisi specialistica, per cui si rimanda all'elaborato **FLR-MPL-PSA-FTV1-002-FV-RT**, ha riportato le seguenti conclusioni:

- L'analisi condotta sui diversi moduli PV ha evidenziato come si possano avere fenomeni di **abbagliamento con un basso potenziale (green glare) verso Torre di Controllo dell'Aeroporto di Firenze**. Al fine di evitare tale possibile abbagliamento si è provveduto ad un'ottimizzazione nell'orientamento dei diversi moduli, fissata a Tilt **-35° per tutti i moduli**, con inclinazione di **145°**, rispetto ai 180° del posizionamento iniziale.

In considerazione di quanto sopra, viste le risultanze delle simulazioni effettuate che hanno evidenziato l'assenza di significativi fenomeni di abbagliamento, la cui entità è contenuta entro i limiti di tolleranza previsti dalla normativa di riferimento, il progetto - come da ottimizzazione effettuata - si ritiene **esente da rischio aeronautico causato da fenomeni di abbagliamento**.

1.2.1.4 Accessi all'impianto fotovoltaico

Per garantire l'accesso all'impianto, il progetto ha previsto il ridisegno del tracciato perimetrale dell'area (tratti neri) e la creazione di una nuova direttrice centrale (tratto arancione) su cui sono posizionate le cabine.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

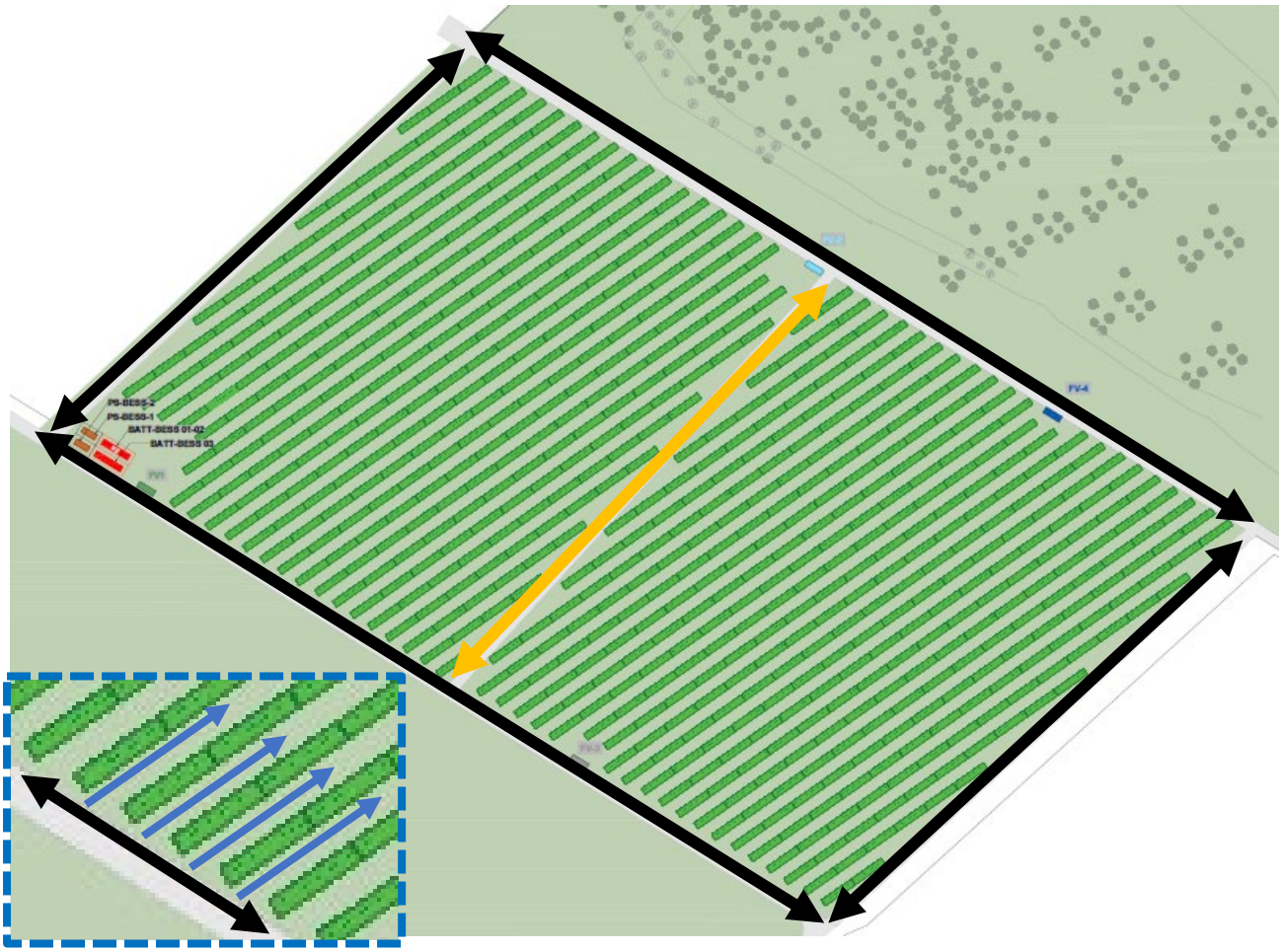


Figura 9 – Accessi all'impianto fotovoltaico

I percorsi interni (tratti azzurri), realizzati ad una distanza tale da non creare fenomeni di ombreggiamento tra le diverse file di pannelli, permettono l'accesso e la manutenzione ai singoli moduli.

1.3 Calcoli di progetto

1.3.1 Calcolo della producibilità

Per il progetto ed il sito in oggetto, sono stati utilizzati per l'elaborazione statistica della stima di radiazione solare, dati meteo del database PVGIS api TMY. Stabilita la disponibilità solare e le perdite dell'impianto, è

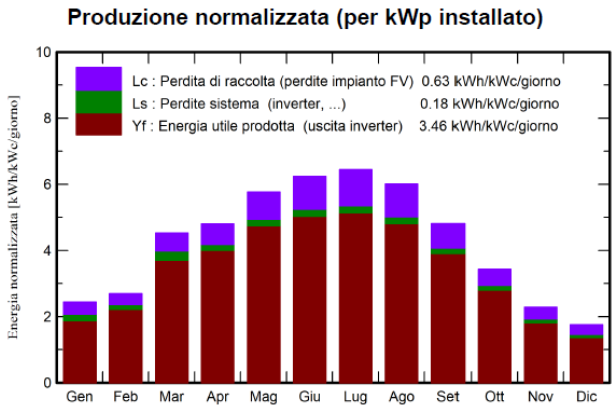
Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

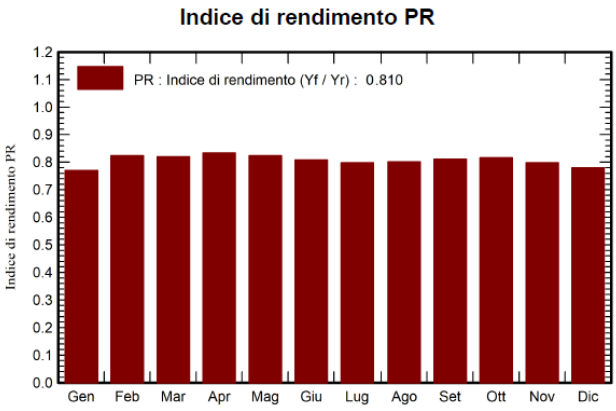
possibile calcolare la producibilità di energia elettrica annua. Il calcolo è stato effettuato mediante software PV Syst, versione 7.4.8, di cui si allega report completo della simulazione.

I risultati dell'analisi condotta sono riassunti nella tabella a seguire. In base ai parametri impostati per le relative perdite d'impianto, ai componenti scelti (moduli e inverter) e alle condizioni meteorologiche del sito in esame, si è inoltre potuto calcolare l'indice di PR a livello dei punti di consegna in corrispondenza della connessione in MT nella sottostazione AT/MT. I risultati ottenuti sono in linea con le prestazioni dimostrate da impianti fotovoltaici di simile fattura dislocati in zone vicine e giustificano ampiamente la fattibilità del progetto.

Calcoli di progetto	
Denominazione impianto	**Fotovoltaico a terra Aeroporto di Firenze**
Potenza di picco fotovoltaica	**5.056,80 kWp**
Irraggiamento medio annuo sul piano orizzontale	**1.403,0 kWh/m2**
Irraggiamento medio annuo sul piano dei moduli	**1.561,2 kWh/m2**
Producibilità annua	**6.392 MWh**
Producibilità specifica	**1.264 kWh/kWp**
Performance Ratio (PR)	**80.97%**

Tabella 2 – Calcoli di progetto





Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
Gennaio	46.8	21.60	5.78	75.6	65.5	325678	294789	0.771
Febbraio	59.1	33.09	7.05	75.5	67.9	336128	314534	0.824
Marzo	113.0	48.28	10.75	140.2	128.6	624794	581724	0.820
Aprile	137.2	68.80	14.06	144.2	132.3	635206	608314	0.834
Maggio	178.2	90.06	18.53	178.6	164.1	775109	744375	0.824
Giugno	197.3	80.95	23.19	187.3	172.5	796214	764646	0.807
Luglio	203.0	78.84	26.39	199.8	184.6	839397	806218	0.798
Agosto	176.1	64.73	26.24	186.3	173.0	786340	754675	0.801
Settembre	124.5	52.10	20.81	144.4	132.9	619155	592455	0.812
Ottobre	84.8	44.03	16.46	106.5	96.6	461476	439505	0.816
Novembre	46.7	24.45	10.93	68.4	60.5	293823	276282	0.799
Dicembre	36.2	23.46	6.70	54.4	46.2	230028	214432	0.780
Anno	1403.0	630.40	15.63	1561.2	1424.6	6723347	6391949	0.810

Legenda

GlobHor	Irraggiamento orizzontale globale	EArray	Energia effettiva in uscita campo
DiffHor	Irraggiamento diffuso orizz.	E_Grid	Energia immessa in rete
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Indice di rendimento
GlobInc	Globale incidente piano coll.		
GlobEff	Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre		

Figura 10 – Bilanci e risultati di calcolo PVSyst

1.3.2 Descrizione dimensionamento preliminare elettrico

In questa fase progettuale preliminare si ipotizza che la potenza di immissione dell'impianto fotovoltaico in oggetto, con impianto di accumulo BESS, sommata a quello dell'impianto FV posto sulla copertura della struttura aeroportuale, non superi complessivamente i 10 MW. Pertanto, viene ivi presa in considerazione la connessione dell'impianto FV+BESS a un cabina di raccolta da collegarsi in MT alla cabina primaria (CP) "Università". Le modalità di connessione saranno oggetto di sviluppi più approfonditi nelle fasi di progettazione successive e saranno conformi alle prescrizioni / direttive vigenti disposte dall'ente distributore, oltre che alle norme tecniche di riferimento.

La potenza dell'impianto BESS potrà eventualmente essere suscettibile di rivalutazione nelle fasi di successivo approfondimento progettuale con l'obiettivo di non eccedere i 10 MW e realizzare una connessione in MT.

La scelta progettuale, quindi, è stata elaborata sull'ipotesi di connessione dell'impianto sul quadro MT principale di distribuzione dell'aeroporto, al quale tramite scavi di sezione adeguata, convoglieranno i cavi di Media Tensione, provenienti dal parco fotovoltaico, più precisamente dalle cabine MT/Bt installate in campo lungo la strada centrale che percorre da Sud a Nord l'impianto.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Il parco fotovoltaico, come rappresentato nei precedenti paragrafi, sarà suddiviso in n.4 campi fotovoltaici denominati "FV-1, FV-2, FV-3, FV-4". I campi fotovoltaici saranno così costituiti:

- Campo FV-1: composto da n. 5.600 moduli fotovoltaici sottesi a n. 4 inverter;
- Campo FV-2: composto da n. 4.200 moduli fotovoltaici sottesi a n. 3 inverter;
- Campo FV-3: composto da n. 4.144 moduli fotovoltaici sottesi a n. 3 inverter;
- Campo FV-4: composto da n. 4.116 moduli fotovoltaici sottesi a n. 3 inverter.

In totale quindi saranno utilizzati 13 inverter per la conversione dell'energia da corrente continua a corrente alternata.

Gli inverter utilizzati saranno di tipo multistringa aventi n.12 MPPT interni con potenza nominale in corrente alternata pari a 320 kW. La configurazione multistringa permette una maggiore flessibilità nel dimensionamento oltre che maggiori vantaggi in termini di producibilità riducendo al minimo le perdite per eventuali ombreggiamenti. La configurazione per ogni inverter è dettagliata nel report di calcolo del software PvSyst e riassunta sarà la seguente:

- N. di MPPT= 12
- N. di stringhe per ogni MPPT= 2
- N. di moduli FV per ogni stringa= 28
- N. totale di moduli FV sottesi all'inverter= 49 / 50

Complessivamente quindi, guardando le configurazioni tipica per ogni inverter avremo:

- N. campi FV= 4
- N. inverter per campi FV-1= 4
- N. inverter per campi FV-2, FV-3, FV-4= 3
- N. inverter totale= 13
- N. totale moduli utilizzati= 18.060

Gli inverter saranno posizionati direttamente in campo in prossimità dei moduli FV, fissati sulla struttura di sostegno dei moduli stessi. Saranno altresì provvisti di protezioni interne sia lato CC che lato CA in modo tale da non rendere necessaria l'installazione di quadri di sezionamento in campo. I cavi in Bassa Tensione in corrente alternata in uscita dagli inverter saranno posati entro idonee tubazioni corrugate interrate e convoglieranno alla propria cabina di riferimento.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Saranno installate complessivamente n.4 cabine MT/Bt dislocate lungo la strada che circonda il parco fotovoltaico. Ci sarà quindi una cabina MT/Bt per ogni campo fotovoltaico e saranno connesse fra di loro in Media Tensione in configurazione entra/esce a due a due. I cavidotti in MT, composti da tubazioni corrugate a doppia parete di sezione idonea alla posa dei cavi, saranno posati entro scavi di adeguata sezione al di sotto della strada centrale sopra citata. Le cabine faranno poi capo alla Cabina MT di consegna FV (CC), dove si allacceranno inoltre le cabine di trasformazione BESS 1 e 2, ubicate in prossimità della cabina FV-1, e partiranno dunque le tubazioni con relativi cavi MT che faranno capo al Quadro in MT di distribuzione principale che sarà all'interno della sottostazione AT/MT dell'aeroporto. Si utilizzeranno cabine MT/BT standardizzate così composte:

- Quadro MT con livello di tensione adeguato, composto da una cella di arrivo, una cella di protezione trasformatore MT/Bt ed una cella di partenza per la connessione con le altre cabine di campo;
- Trasformatore MT/Bt 20/0,8 kV da 1.600 kVA dimensionato per n. 4 Inverter (per cabina FV-1);
- Trasformatore MT/Bt 20/0,8 kV da 1.250 kVA dimensionato per n. 3 Inverter (per cabine FV-2, FV-3, FV-4);
- Quadro BT che ospita i dispositivi di protezione delle linee in partenza per i n.4 o n.3 inverter dislocati in campo;
- Quadro servizi ausiliari con relativo Trasformatore dedicato.

Per quanto concerne il sistema di accumulo BESS, le linee elettriche provenienti da container batterie afferiranno alle seguenti cabine di trasformazione:

- Container BATT-BESS 01-02: (per un accumulo totale 4.800 kWh e potenza erogabile 2.000 kW) connesse alla power station PS-BESS 01 di potenza 2.500 kVA;
- Container BATT-BESS 03: (per un accumulo totale 2.400 kWh e potenza erogabile 1.000 kW) connesso alla power station PS-BESS 02 di potenza 1.250 kVA.

Le n.2 cabine MT/Bt di campo saranno connesse fra di loro in Media Tensione in configurazione entra/esce (V. elaborato **FLR-MPL-PSA-FTV1-012-FV-SD** Schema Elettrico Unifilare per ulteriori dettagli) e saranno così composte:

- N.1 Quadro MT composto da n.1 cella di arrivo, n.1 cella di protezione trasformatore MT/Bt n.1 ed n.1 cella di partenza per la connessione con le altre cabine di campo (nel caso di PS-BESS-2 n.1 cella di protezione trafo AUX per i servizi ausiliari dell'impianto BESS);

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

- N.1 Trasformatore MT/Bt 20/0,52 kV (da 2.500 kVA nel caso di PS-BESS-1 e da 1.250 kVA per PS-BESS-2)
- Quadro BT che ospita i dispositivi di protezione delle linee in partenza per i container BESS;
- Quadro servizi ausiliari con relativo Trasformatore dedicato nella PS-BESS-2.

1.3.3 Principali dispositivi dell'impianto

I principali dispositivi di protezione e controllo da prevedere in campo saranno I seguenti:

DISPOSITIVO GENERALE (DG)

Il dispositivo Generale DG, sarà presente nel quadro generale MT di distribuzione all'interno della sottostazione AT/MT dell'aeroporto. Esso sarà associato al Sistema di Protezione Generale (SPG) conformemente alla norma CEI-016.

DISPOSITIVO DI INTERFACCIA (DI)

I dispositivi di interfaccia (DI) saranno presenti all'interno della cabina CC e saranno corrispondenti ai tre interruttori di partenza per le cabine di campo e le cabine BESS.

Saranno associati al sistema di protezione di interfaccia SPI da installare nello stesso quadro. Questo sistema di protezione dovrà dialogare con il dispositivo di rincalzo (DDR) in caso di mancata apertura del dispositivo di interfaccia. L'SPI dovrà altresì essere predisposto per il teledistacco secondo norma CEI 0-16-8.8.7.1.

DISPOSITIVO DI RINCALZO (DDR)

In conformità alle normative vigenti, sarà previsto anche il dispositivo di rincalzo (DDR) che dovrà intervenire in caso di mancata apertura del dispositivo di interfaccia. Dialogherà quindi con l'SPI e sarà ubicato sempre in cabina CC.

DISPOSITIVO DEL GENERATORE (DDG)

Per l'impianto in esame ci saranno sei dispositivi di generatore, e corrisponderanno agli interruttori generali dei quadri BT previsti all'interno di tutte le cabine di campo e dei BESS (FV-1, FV-2, FV-3, FV-4, PS-BESS-1, PS-BESS-2).

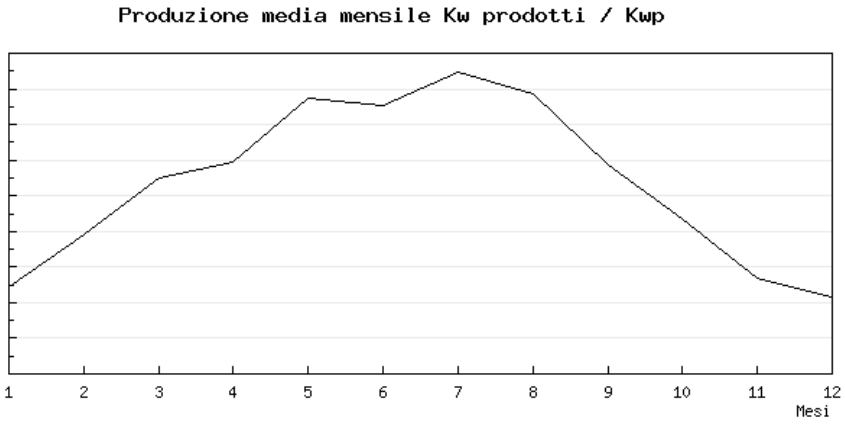
CONTROLLORE CENTRALE DI IMPIANTO (CCI)

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

Col recepimento della delibera ARERA 540/2021/R/eel e in conformità alla norma CEI 0-16:2022-03 ALL. O e T, sarà prevista l'installazione del controllore centrale di impianto (CCI). Sarà posizionato all'interno del quadro generale MT di distribuzione all'interno della sottostazione AT/MT dell'aeroporto, raccoglierà tutti i dati di impianto e dialogherà coi componenti principali di impianto (DG, DI etc.). Tramite protocollo ethernet IEC 61850, il CCI dialogherà col DSO ed eventuali altri operatori.

1.4 Utilizzo dell'energia prodotta

Per un generatore fotovoltaico con potenza installata pari a 5.056,80 kWp si stima una produzione globale annua di 6.391.949 kWh, ovviamente distribuita nell'anno con la classica configurazione "a campana" che presenta i picchi di produzione nel periodo estivo.



Questo ingente patrimonio energetico può essere utilizzato in vari modi. Il primo impiego, ovviamente, è l'autoconsumo dell'energia prodotta a favore dell'aerostazione, ma sia per i valori di produzione in gioco, sia per la produzione non regolare del fotovoltaico, ci sono altre soluzioni da considerare qui elencate e in seguito dettagliate:

- Autoconsumo con batterie di accumulo;
- Alimentazione colonnine di ricarica per autotrazione.

1.4.1 Autoconsumo con batterie di accumulo

La produzione fotovoltaica rispecchia l'andamento dell'irraggiamento del sole durante le giornate e le stagioni, quindi, l'utilizzo in tempo reale dell'energia prodotta può coprire solo in parte i carichi energetici di

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

un'attività come l'aeroporto, che prevede forti consumi anche notturni; basti pensare all'illuminazione, ai sistemi BHS, e a tutti i servizi collegati ai voli serali/notturni.

È interessante quindi pensare a dei sistemi di accumulo dell'energia *green* prodotta per un utilizzo differenziato nel tempo.

Il dimensionamento dei sistemi di accumulo, che si accompagna al dimensionamento della potenza di impianto, si basa sui consumi rilevati o stimati dell'intera aerostazione. Si può comunque ipotizzare che solo una parte della produzione fotovoltaica sarà necessaria e sufficiente allo scopo.

Per quanto riguarda i sistemi di accumulo, si ritengono adeguate soluzioni modulari a container che possono essere configurate per soddisfare i requisiti di potenza e capacità richiesti dal cliente. I sistemi di accumulo dell'energia a batteria si basano su container standard a partire da kW/kWh (container singolo) fino a MW/MWh (combinando più container). Il sistema di accumulo di energia containerizzato consente un'installazione rapida, un funzionamento sicuro e condizioni ambientali controllate. I container del sistema di accumulo di energia consentono di immagazzinare l'energia prodotta da fotovoltaico, o altre fonti rinnovabili. Grazie alla sua elevata durata del ciclo, i container del sistema di accumulo di energia vengono utilizzati anche per la riduzione dei picchi, riducendo così i consumi e i costi in bolletta.

Nella progettazione preliminare dell'accumulo BESS, è stato considerato l'utilizzo di un sistema **FlexConvert BWESS-Single FC-BESS-2000**. È possibile analizzare la variazione dell'autoconsumo in relazione alle diverse dimensioni adottate mediante l'integrazione di un accumulo BESS. La percentuale di energia autoconsumata non può raggiungere il 100% a causa dell'efficienza limitata del processo di carica e scarica della batteria, >88% nel caso del sistema al Litio considerato. Determinare la dimensione ottimale per l'accumulo di energia BESS comporta il raggiungimento di un equilibrio tra il desiderio di massimizzare l'autoconsumo, la ricerca di un ottimo economico, lo spazio disponibile per tali sistemi e la ricerca di un ciclo di carica-scarica che garantisca un buon funzionamento.

1.4.2 Alimentazione colonnine di ricarica per autotrazione

Uno dei possibili bacini di utenza dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico risulta l'alimentazione, attraverso la rete MT aeroportuale, di colonnine di ricarica di mezzi elettrici sia ad uso dell'utenza privata che di pertinenza della società di gestione e delle società di *handling* dell'aeroporto.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488



La richiesta di punti di ricarica di mezzi elettrici sta avendo una tendenza crescente sia per la progressiva penetrazione sul mercato della mobilità privata e pubblica di tali autoveicoli rispetto a quelli alimentati da carburanti tradizionali, sia per l'esigenza da parte della comunità aeroportuale di ridurre le emissioni prodotte in ottica di decarbonizzazione di cui comunque i mezzi di trasporto sono una quota significativa.

Considerando colonnine di ricarica di potenzialità singola pari a 22kW, che attualmente sono lo standard di mercato maggiormente diffuso (le singole potenze possono arrivare a valori anche superiori a 100kW nel caso di sistemi *fast charge* che nel caso in oggetto potrebbero essere interessanti per l'utenza handling, ma meno per il pubblico in considerazione dei tempi medi di sosta dei viaggiatori), ciascun MW installato dell'impianto fotovoltaico sarebbe in grado di alimentare circa 45 colonnine di ricarica. Considerata la dimensione dell'aeroporto e dell'utenza si ritiene fattibile dedicare alcuni MW dell'impianto a tale scopo, anche alla luce del fatto che sarà previsto un potenziamento della rete di distribuzione MT aeroportuale che renderà agevole la distribuzione di quote elevate di potenza.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488

2. Conclusioni

Lo studio di fattibilità dell'impianto fotovoltaico ha messo in luce molti aspetti che riassumiamo di seguito e che portano a considerazioni da mettere opportunamente a fuoco in vista del futuro progetto definitivo:

Dimensioni e potenza dell'impianto. In base agli spazi disponibili, alle necessità logistiche di movimentazione merci, all'ottimizzazione della produzione di energia in base a tilt, azimut, inclinazione terreno, albedo e ombreggiamenti, è possibile installare una potenza di circa 5 MW_P con una produzione annua stimata di circa 6.400 MWh di energia.

Vincoli ed interferenze. Non si rilevano particolari vincoli di tipo paesaggistico, archeologico o monumentale ostativi alla realizzazione dell'impianto. In base alla pericolosità idraulica del terreno si propone di utilizzare strutture di supporto metalliche infisse nel terreno, con i moduli posizionati ad un'altezza di 80 cm da terra. La dorsale principale dei cavi per il collegamento alla rete si propone avvenga con passaggio da sud verso nord-ovest affiancando la zona che sarà adibita a vasca di laminazione idraulica, collegata tramite condotto al canale esterno al perimetro dell'aeroporto.

Analisi abbagliamento. In base ai dati al momento disponibili, si rileva un lieve effetto di abbagliamento verso la torre di controllo dell'aeroporto. Per annullare tale effetto l'impianto è stato orientato a -35° rispetto al sud. Ciò non ha influito in modo significativo sulla potenza installabile e sulla producibilità complessiva dell'impianto.

Utilizzo dell'energia. Per l'impiego dell'energia prodotta si sono ipotizzate due principali soluzioni. La prima è l'**autoconsumo** che, da una prima stima, riguarderebbe una buona porzione della produzione attesa, valutata comunque in base alla previsione di consumo della nuova configurazione dell'aeroporto al 2035 (si veda relazione energetica **FLR-MPL-PSA-FTV1-003-FV-RT**). Per incrementare ulteriormente l'autoconsumo, si propone di utilizzare adeguati sistemi di accumulo che ottimizzerebbero l'impiego della produzione.

La seconda ipotesi, che va di pari passo con il rinnovo del parco auto previsto nei prossimi anni, è l'impiego dell'energia prodotta per alimentare colonnine di ricarica per autoveicoli, sia per l'utenza *handling* che per i privati cittadini. Vista la taglia più comune delle singole colonnine di ricarica, anche in questo caso sembrerebbe adeguato l'impiego virtuale solo di una porzione dell'impianto.

In base ai punti trattati, nei successivi step di approfondimento progettuale, sarà necessario far collimare scelte tecniche, vincoli e opportunità di utilizzo dell'energia prodotta da fotovoltaico.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com
R.E.A. FI 634743 - Capitale Sociale Euro 80.000,00 i.v.
P.IVA e Codice Fiscale: 06521990488