

COMUNE DI

CARPI (MO)

PROGETTO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MW_p, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE



ELABORATO

SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

LIV. PROG.	TIPO DOC.	COD. CART.	CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	DATA	SCALA
PFTE	REL	AU_02;ASS_VIA_02	ITOMY171	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI	12/23	---

REVISIONI

REV	DATA	AUTORE	DESCRIZIONE	VERIFICATO	APPROVATO
01	12/23	ILIOS	Sistema di Monitoraggio dell'Impianto	IVC	IVC

PROGETTAZIONE

ILIOS

ILIOS S.r.l.

Via Montenapoleone 8, 20121, Milano (MI)
T: +39 080 8937976 - E: info@iliositalia.com
C.F. e P.IVA 12427580969

GRUPPO DI LAVORO

Dott. Ing. Vito Calio'

S. C. Boschetto n. 27, 70017, Putignano (BA)
E: v.calio@iliositalia.com
M: +39 328 4819015



SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI


(TIMBRO E FIRMA PER BENESTARE)

RICHIEDENTE




Sonnedix Leonardo S.r.l.

Corso Buenos Aires n.54, 20124, Milano (MI), Italy
C.F:12857360965
E: sxleonardo.pec@maildoc.it

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	1 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

SOMMARIO

1.	PREMESSA	2
2.	DATI PROPONENTE	2
3.	LOCALIZZAZIONE SITO	3
3.1	DISPONIBILITÀ DELLE AREE E STATO "ANTE OPERAM"	3
4.	GENERALITÀ.....	6
4.1	RISPONDEZZA CON LA NORMA ITALIANA CEI-82-75	6
5.	IL MONITORAGGIO TECNICO DI UN GENERATORE FOTOVOLTAICO	7
5.1	IL PERFORMANCE RATIO (PR)	7
5.2	LA "DISPONIBILITÀ TECNICA"	7
5.3	I SENSORI	9
5.4	CARATTERISTICHE DEI SOFTWARE DI CONTROLLO ED ELABORAZIONE DEI DATI.....	12
5.5	MONITORAGGIO E MANUTENZIONE.....	13
5.5.1	Monitoraggio in loco.....	13
5.6	PROVE A VUOTO ED A CARICO SUGLI IMPIANTI.....	14
5.7	RILIEVI CON "TERMOCAMERA"	15
5.8	TEST AD ELETTROLUMINESCENZA	16
5.9	MANUTENZIONE.....	16
5.10	MANUTENZIONE ORDINARIA	16
5.11	MONITORAGGIO DEGLI ASPETTI CLIMATICI	21
6.	CONCLUSIONI	22
	INDICE DELLE FIGURE.....	23
	INDICE DELLE TABELLE	24

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO							
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE							
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0	
Codice Progetto:	ITOMY171		Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI			

1. PREMESSA

Il presente progetto ha come obiettivo la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato **"CASCINETTO"**, destinato alla produzione di energia elettrica da fonte solare tramite l'impiego di moduli fotovoltaici, avente potenza nominale pari a **18,97 MWp** e in immissione pari a **17,40 MW**, sito nel Comune di **Carpi (MO)**, in località Fossoli.

L'iniziativa prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico in grado di permettere l'integrazione e la preservazione tra l'attività agricola, definita dal piano agronomico, e la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (fotovoltaico).

Il progetto si inserisce nel quadro generale della riconversione degli impianti per la produzione di energia elettrica tradizionali in favore degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, dunque "pulite", in grado di produrre energia a prezzo concorrenziale senza l'utilizzo di materie prime di origine fossile.

È ormai evidente come il clima negli ultimi anni abbia subito un forte cambiamento con il verificarsi, in maniera sempre più frequente, di eventi climatici estremi e di notevole intensità come alluvioni, uragani, scioglimento dei ghiacciai sulle montagne e quello dei ghiacciai delle calotte polari con la deriva di iceberg dell'estensione di centinaia di chilometri quadrati.

Con gli accordi sanciti dal Protocollo internazionale di Kyoto del 1997 e con l'Accordo di Parigi, siglato a conclusione dei lavori della COP 21 del 2015, l'UE e i suoi stati membri hanno concordato una serie di passi fondamentali per la salvaguardia ambientale, fra cui la riduzione delle emissioni e l'adeguamento delle politiche nazionali rispetto alle esigenze dettate dalla problematica riguardante i cambiamenti climatici.

A livello nazionale, perciò, l'Italia si è dotata di un Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) con l'obiettivo di raggiungere, attraverso le energie rinnovabili, l'indipendenza dalle materie prime di origine fossile provenienti dall'estero. In particolare, è previsto, entro il 2030, l'aumento dei consumi elettrici complessivi nazionali coperti da fonti rinnovabili al 65% e la riduzione delle emissioni e dei gas serra del 62%.

Questa nuova opportunità, inoltre, può avere un impatto socio-occupazionale significativo sul territorio in cui l'iniziativa si colloca, contribuendo alla creazione di centinaia di nuovi posti di lavoro, incrementando così il livello di occupazione.

In tale contesto, lo sfruttamento dell'energia solare da fonte fotovoltaica costituisce una valida risposta alle esigenze economiche ed ambientali sopra esposte.

2. DATI PROPONENTE

La società proponente è la **SONNEDIX LEONARDO S.r.l.** con sede legale a **Milano (MI)** in Corso Buenos Aires, 54 CAP 20124, - iscritta presso la CCIAA di Milano Monza Brianza Lodi al REA **MI-2688819**, codice fiscale e partita iva **12857360965** nella persona del suo rappresentante legale Sig.ra **Cazzola Silvia**, risulta soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un progetto Agrivoltaico denominato **"CASCINETTO"**.

La società ha per oggetto le seguenti attività:

- costruzione di impianti per la produzione di energia elettrica (escluse le attività di installazione);
- la produzione, l'importazione, l'esportazione, l'acquisto e la vendita di energia elettrica da fonti rinnovabili di ogni tipo, la costruzione e la gestione di impianti per la produzione di energia elettrica, il trasporto, la trasformazione e la distribuzione di energia elettrica.

La società può compiere tutte le operazioni commerciali, immobiliari e finanziarie che saranno ritenute utili dagli amministratori per il conseguimento dell'oggetto sociale, con esclusione di attività finanziarie riservate. La società potrà accedere ad ogni incentivo ed agevolazione dell'unione europea, nazionale, territoriale o comunque disponibile.

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenaполеone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA di Milano Monza Brianza
e Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	3 / 24
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI			

3. LOCALIZZAZIONE SITO

L'impianto sarà realizzato in Emilia Romagna, nel territorio del comune di **Carpi (MO)**, a Nord della frazione Fossoli.

Il terreno, di natura pianeggiante, è localizzato in direzione Nord, a circa **3,5 km**, dal centro abitato del comune di Carpi (MO) e a circa **1,1 km** dal centro abitato di Fossoli, frazione del comune di **Carpi (MO)**.

Dalla verifica cartografica condotta sul portale geografico del comune di **Carpi** si evince come tutti i terreni oggetto di intervento ricadano in "**Zona Agricola Normale**", definita ai sensi dell'Art. 65 delle Norme Tecniche del Piano Regolatore Generale.

La superficie totale dell'intervento è pari a circa **30,44 ha**. Di questa quella recintata ed utilizzata per l'installazione dei moduli fotovoltaici è circa **201.700 m² (20,17 ha)** le restanti aree saranno destinate alle fasce di rispetto.

L'area è servita dalla Strada Statale 413 Romana Nord e dalla viabilità locale ed interpodereale.

Le opere da realizzarsi consistono in:

- **Opera 1:** Impianto agrivoltaico e collegamenti elettrici;
- **Opera 2:** Elettrodotto interrato in AT 36 kV di collegamento all'Ampliamento 36 kV della Stazione Elettrica Terna 380/132 kV denominata "Carpi Fossoli";
- **Opera 3:** Opere di rete - Ampliamento 36 kV della Stazione Elettrica 380/132 kV denominata "Carpi Fossoli".

Di seguito si riportano le coordinate geografiche e l'ubicazione:

Denominazione impianto	CASCINETTO
Regione	Emilia Romagna
Provincia	Modena
Comuni	Carpi
Area interessata dall'intervento	30,44 ha
Longitudine	10.90 °E
Latitudine	44.84 °N
Elevazione	19 m s.l.m.

Tabella 1: Dati geografici di progetto




Figura 1: Localizzazione dell'impianto su base Ortofoto

3.1 Disponibilità delle aree e stato "ante operam"

Si precisa che tutte le particelle su cui ricadrà l'impianto in oggetto sono nella disponibilità della società committente, con contratti preliminari di compravendita legalizzati.

Nella tabella che segue si riportano tutti i dati catastali interessate dall'impianto agrivoltaico (**Opera 1**).

ILIOS S.r.l. Sede Legale: Via Montenapoleone 8, 20121, Milano (MI)				Sede Operativa: Via Massimo D'Azeglio 2, 70017, Putignano (BA)		Telefono: +39 080 8935086 E-mail: info@iliositalia.com PEC: iliositalia@legalmail.it		CCIAA di Milano Monza Brianza e Lodi C.F. e P.IVA 12427580869		
--	--	--	--	---	--	--	--	---	--	---

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO							
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE							
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0	
Codice Progetto:	ITOMY171		Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI			

Fogli e particelle catastali interessate dal progetto		
Area impianto		
COMUNE	FOGLIO DI MAPPA	PARTICELLE
Carpi (MO)	21	66-72-76-77-113-114
Carpi (MO)	26	2-4-29-30-31-93-94-96-97-98-116-152-153-154-155

Tabella 2: Dati catastali di progetto (area impianto)

Per quanto concerne, invece, il percorso del cavidotto interrato di collegamento AT al futuro ampliamento a 36 kV della Stazione Elettrica "Carpi Fossoli" (Opera 2), si provvederà a sottoporre, a seconda dei casi, le ditte catastali a procedure di esproprio di servitù, di concessione o accordi bonari (per ulteriori approfondimenti si rimanda agli elaborati ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_RPP "Relazione Piano Particellare" e ITOMY171.PFTE_02_TAV1P_PPP "Planimetria Piano Particellare").

Di seguito, si riporta l'elenco di tutte le particelle interessate dall'elettrodotto.

Fogli e particelle catastali interessate dal progetto		
Collegamento AT al futuro ampliamento a 36 kV della S. E. "Carpi Fossoli"		
COMUNE	FOGLIO DI MAPPA	PARTICELLE
Carpi (MO)	21	76-94
Carpi (MO)	21	STRADA VICINALE DEI PRATI
Carpi (MO)	20	34-36-31-136-30-29-14-12
Carpi (MO)	15	VIA VALLE
Carpi (MO)	15	56-96-34-58-35
Carpi (MO)	21	SS 413 ROMANA NORD
Carpi (MO)	21	8-145
Futuro ampliamento a 36 kV della Stazione Elettrica a 380/132 kV "Carpi Fossoli"		
COMUNE	FOGLIO DI MAPPA	PARTICELLE
Carpi (MO)	21	111

Tabella 3: Dati catastali di progetto (Opere 2 e 3)


Per ulteriori approfondimenti riguardo all'Opera 3 si rimanda all'elaborato ITOMY171.PTO_14_AMPSE_RTG.

Si specifica che per quanto riguarda le particelle interessate dagli interventi in progetto, che non sono riconducibili ad alcuna proprietà privata, in fase successiva verrà inoltrata opportuna richiesta di esproprio. Qualora questo non fosse attuabile, le opere che interessano tali particelle verranno posizionate nelle particelle di proprietà privata più prossime alla localizzazione inizialmente definita.

Per la realizzazione dell'impianto si è considerata una superficie totale **30,44** ha della quale sono stati sfruttati (**20,17** ha). Nella tabella seguente sono elencate e descritte le principali caratteristiche tecniche e i dati di impianto.


Superficie di impianto:	20,17 ha
Potenza massima output impianto (AC):	17.400 kW
Tipo strutture di montaggio moduli fotovoltaici:	Inseguitori (tracker) mono-asse infissi al suolo
Moduli fotovoltaici (tipo):	ASTRONERGY Astro N5 – CHSM72N(DG)/F-BH – bifacciale monocristallino – 580W
Tensione max sistema:	1.500 Volt
Potenza nom. modulo fotovoltaico:	580 Wp
Totale moduli fotovoltaici:	32.708
Moduli per stringa:	26
Totale stringhe:	1.258
Potenza nominale generatore fotovoltaico (DC):	18.970,64 kWp
Inverter (tipo):	HUAWEI SUN2000-330KTL-H1
Potenza max inverter (PF=1):	330 kVA
Potenza Nominale inverter:	300 kW
Totale inverter:	58
Potenza totale inverter (AC):	17.400 kW
Tensione uscita inverter:	800 V
Trasformatore (tipo):	Skid (aperti) completi di protezioni MT (IP65)
Potenza trasformatori BT/AT:	2.760 kVA
Tensione primario/secondario trasformatore:	0,8/36 kV
Totale trasformatori:	7 x 2.760 kVA
Potenza totale trasformatori:	19.320 kVA
Rete di collegamento:	36 kV

ILIOS S.r.l. Sede Legale: Via Montnapoleone 8, 20121, Milano (MI)				Sede Operativa: Via Massimo D'Azeglio 2, 70017, Putignano (BA)	Telefono: +39 080 8935086 E-mail: info@iliositalia.com PEC: iliositalia@legalmail.it	CCIAA di Milano Monza Brianza e Lodi C.F. e P.IVA 12427580869	
---	--	--	--	---	---	--	---

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO											
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE											
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:		5 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:			ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

Gestore della rete:	Terna SpA
Potenza in immissione ai fini della connessione:	17.400 kW

Tabella 4: Specifiche e caratteristiche dell'impianto di produzione

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO							
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE							
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0	
Codice Progetto:	ITOMY171				Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI		

4. GENERALITÀ

Con la presente relazione di **"Sistema di Monitoraggio dell'Impianto" (SMI)**, facente parte integrante del progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico "a terra" e con inseguitori solari bifacciali, ubicato nel territorio del comune di Carpi (MO), in località Fossoli, si intende riportare gli elementi di intervento di valutazione e controllo tali da costituire un "Sistema di Monitoraggio dell'impianto", definito in seguito come "Sistema" e/o come "SMI".

Di seguito, quindi, si riportano, anche con riferimenti normativi, le varie attività da svolgere per rispondere adeguatamente alla realizzazione concreta ed efficace del SMI.

4.1 Rispondenza con la Norma italiana CEI-82-75

L'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili (IAFR) prevede attività di monitoraggio, manutenzione e di gestione più o meno complesse, le quali permettono di garantire il funzionamento dei macchinari e di ottimizzarne le performances.

Una corretta gestione degli impianti IAFR non può quindi prescindere dall'accurata supervisione continua e dal controllo (anche da remoto) dei loro parametri di funzionamento.

La scelta del set di parametri da monitorare viene definita in base al dettaglio delle analisi necessarie per il completo controllo della capacità produttiva degli impianti e della loro conformità alle eventuali prescrizioni amministrative/autorizzative.

Tutti i sistemi di monitoraggio e acquisizione dati sono infatti assimilabili a tecnologie Programmable Logic Controller (PLC) e Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), tecnologie ormai consolidate nelle applicazioni di controllo automatico in ambito industriale.

L'utilizzo dei PLC permette di applicare una logica di controllo e di attuazione di comandi automatici che, opportunamente programmati, consentono il funzionamento automatico o semi-automatico degli impianti IAFR.

Le caratteristiche distintive tra i sistemi di monitoraggio sono quindi concentrate nelle tecnologie e nel numero dei dispositivi di rilevazione delle grandezze misurate (sonde), nelle caratteristiche di archiviazione e presentazione dei dati e nei software di analisi e controllo di cui sono dotati.


Attualmente, esistono diversi prodotti sul mercato proposti da produttori specializzati o dai produttori degli altri apparati elettronici/elettrici utilizzati negli impianti di produzione.

Proprio nel settore del agrivoltaico, i produttori dei gruppi di conversione (inverter) propongono sistemi di "monitoraggio" integrati con la logica di controllo degli inverter che sono progettati per leggere le grandezze di esercizio del sistema e quelle provenienti da stazioni meteo appositamente studiate.

Esistono inoltre produttori specializzati che commercializzano soluzioni integrate (hardware + software) appositamente personalizzate secondo le necessità del cliente e della specifica architettura dell'impianto.

In sintesi, si può affermare che, pur riconoscendo una significativa base comune di tecnologie e di architetture HW e SW tra i sistemi offerti nel settore del monitoraggio degli impianti di produzione IAFR, la scelta del sistema di monitoraggio per un impianto deve comunque essere operata in base alle necessità specifiche del progetto, non ultimo il rapporto costi-benefici.

Di seguito si riportano le caratteristiche tipiche dei sistemi di monitoraggio che trovano maggiore diffusione negli impianti di produzione fotovoltaici.

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	7 / 24
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI			

5. IL MONITORAGGIO TECNICO DI UN GENERATORE FOTOVOLTAICO

5.1 Il Performance Ratio (PR)

Il principale indice di performance per un generatore fotovoltaico, il quale insieme al piano colturale costituisce l'impianto agrivoltaico in progetto, è il "Performance Ratio" (PR), definito dalla Norma CEI 82-25 come il rapporto tra l'energia prodotta dall'impianto e l'energia producibile dall'impianto nel periodo analizzato.

Tale indicatore prestazionale esprime la capacità di trasformare l'energia solare in energia elettrica ed è funzione delle perdite di sistema (mismatch, riflessione, ombreggiamento, sporcamento della superficie dei moduli, decadimento delle prestazioni dei moduli, effetti della temperatura, perdite per effetto joule, rendimento inverter).

La figura seguente schematizza il processo di produzione di energia elettrica per via fotovoltaica, evidenziando le varie cause di perdita di energia caratteristiche del processo di conversione

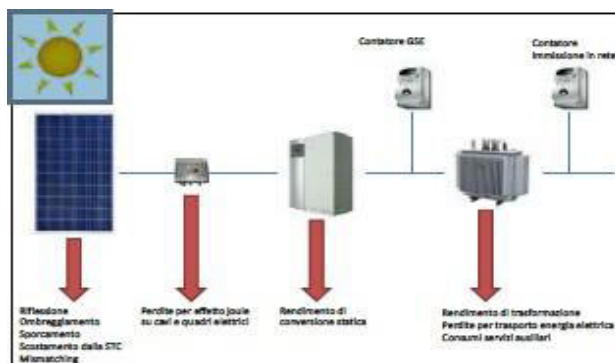


Figura 2: Processo di conversione

La complessità oggettiva di rilevare e quantificare gli effetti di determinate perdite di sistema (ad esempio: mismatch, ombreggiamenti, sporcizia sulla superficie dei moduli), fa sì che il "PR" venga rilevato come confronto tra l'energia teoricamente producibile (funzione dell'irraggiamento e della temperatura) e quella effettivamente prodotta nel medesimo periodo di osservazione.

Il calcolo del "PR" viene quindi effettuato, ai sensi della Norma CEI 82-25, mediante la seguente formula:

$$PR = \frac{Y_F}{Y_R} = \frac{E_{ca} * G_{STC}}{P_n * H_i}$$

Dove:

- E_{ca} è l'energia prodotta dal lato corrente alternata (Wh)
- P_n è la potenza nominale del generatore FV (W)
- H_i è l'irraggiamento rilevato sul piano dei moduli (Wh/m²)
- G_{STC} è l'irraggiamento in condizioni standard, quantificato in 1.000 W/m².

La stessa Norma CEI 825 prevede la possibilità di correggere gli effetti della temperatura sulle performance, quando le celle FV raggiungono la temperatura superficiale di 40°C, applicando la seguente correzione alla potenza di picco:

$$P_p = 1 - (T_{cel} - 40) * \gamma / 100$$


Dove:

- T_{cel} è la temperatura misurata sulla superficie della cella FV (°C);
- γ è il coefficiente di perdita in temperatura caratteristica del modulo FV utilizzato (%/°C).

5.2 La "disponibilità tecnica"

La "Disponibilità Tecnica", definita come il rapporto tra la potenza indisponibile pesata con l'irraggiamento occorso nel periodo nel quale è avvenuta l'indisponibilità e la potenza nominale dell'impianto, è un altro indice prestazionale comunemente utilizzato per valutare la produzione raggiunta dall'impianto in uno specifico periodo di esercizio.

La "Disponibilità Tecnica" rappresenta la percentuale di potenza installata effettivamente in esercizio in un dato periodo ed è comunemente utilizzata, assieme al PR, per valutare la capacità produttiva raggiunta dall'impianto agrivoltaico durante l'anno di esercizio.

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 8 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI			

Le comuni pratiche di mercato considerano il "Performance Ratio" e la "Disponibilità Tecnica" come parametri di riferimento utilizzati nella contrattualistica (Costruzione e Manutenzione) per definire i livelli di producibilità raggiungibili dall'impianto e garantiti durante il suo ciclo di vita.

La riuscita economica dei progetti è strettamente connessa al raggiungimento della produzione attesa, che rappresenta il principale indicatore di successo del progetto e, come tale, è normalmente soggetto ad un sistema di garanzie e penali economiche a carico dell'appaltatore e/o del gestore.

La comune pratica di mercato, prevede che la costruzione degli impianti FV sia soggetta a garanzia contrattuali relative alle performance minime garantite, il cui mancato raggiungimento comporta normalmente il pagamento di penali compensative a carico dell'Appaltatore (EPC) a risarcimento dei danni economici derivanti dalla mancata performance.

Il mancato raggiungimento della disponibilità tecnica, al quale corrisponde immancabilmente una riduzione dell'energia prodotta, viene normalmente risarcito dall'Operatore, il quale è responsabile dell'operatività dell'impianto.

Nel caso di impianti FV di dimensioni tali da essere richiesta una garanzia di performance minima annua è quindi indispensabile disporre di un sistema di supervisione in grado di monitorare almeno il set minimo di parametri necessario al calcolo degli indici prestazionali oggetto di eventuale garanzia/penale/ecc.

Disporre di un "monitoraggio" accurato è comunque auspicabile, in quanto resta questo il principale strumento di controllo, attraverso il quale Committenza e Appaltatore/Gestore possono verificare il raggiungimento delle prestazioni attese per il progetto.

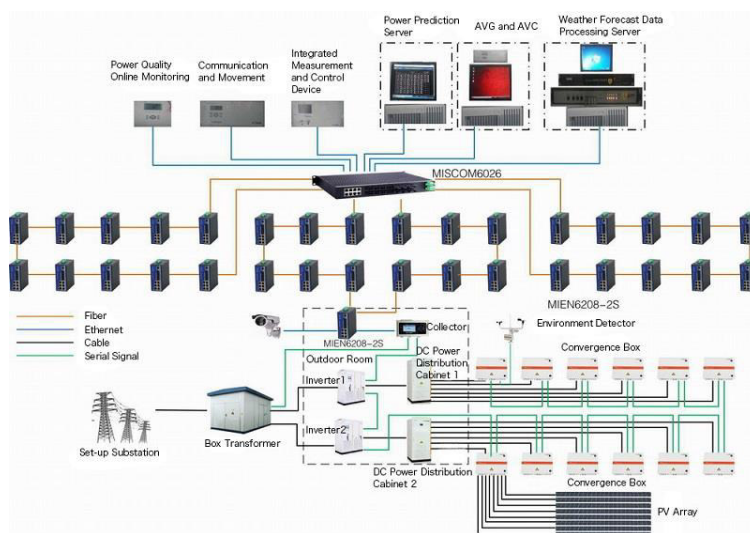



Figura 3: Architettura sistema di monitoraggio

Lo schema riportato nella figura mostra l'architettura-tipo di un sistema di monitoraggio per impianti FV, evidenziando il tipo e i punti di prelievo delle grandezze misurate dal sistema.

Il set di grandezze elettriche e meteo che occorre rilevare per una corretta supervisione dell'impianto è quindi così definito:

Grandezza		Monitoraggio	
		Necessario	Opzionale
Irraggiamento sul piano dei Moduli (W/m ²)		X	
Temperatura di Cella (°C)		X	
Temperatura Ambiente (°C)			X
Grandezze elettriche (V, I, P)	di stringa	X	
	ingresso inverter		X
	uscita inverter		X
Energia elettrica (Wh)	prodotta uscita inverter	X	
	immessa in rete	X	
	autoconsumi		X
Segnali di errore	string box		X
	inverter		X
	quadri elettrici		X

Figura 4: Set parametri di supervisione

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO							
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE							
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0	
Codice Progetto:	ITOMY171		Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE 02 PROGETTO SMI			

I sistemi di supervisione più avanzati dispongono inoltre di sensoristica, all'interno delle string box, attraverso la quale è possibile rilevare malfunzionamenti a livello di stringa e stimare la potenza nominale indisponibile durante il periodo analizzato.

Questo livello di dettaglio è particolarmente utile quando si intende valutare la "Disponibilità Tecnica" con precisione, ad esempio nel caso in cui tale parametro sia oggetto di specifiche garanzie contrattuali nella fase di gestione operativa dell'impianto FV.

Il dispositivo SCADA (ad esempio) utilizzato per il monitoraggio di impianti fotovoltaici viene dimensionato sulla base del numero e del tipo di sensori che dovrà gestire, strettamente dipendente dalla complessità e dall'estensione dell'impianto FV che si intende monitorare.

Lo SCADA acquisirà e memorizzerà i dati rilevati dai sensori disseminati nell'impianto, producendo eventuali messaggi di errore in caso di rilevato malfunzionamento, allertando l'Operatore che potrà così intervenire tempestivamente limitando i periodi di fermo impianto.

La cadenza di acquisizione dei dati viene comunemente fissata in 5 minuti o 15 minuti, in quanto tale intervallo temporale viene comunemente ritenuto sufficiente ai fini della verifica delle performance d'impianto.

La scelta di intervalli di campionamento così ampi nasce dalla necessità di limitare la quantità di dati che devono essere memorizzati e trasmessi dal sistema di acquisizione, per- mettendo un dimensionamento dei dispositivi di immagazzinamento dati e delle linee di trasmissione con sufficiente semplicità.

5.3 I sensori

Il monitoraggio del corretto funzionamento e delle performance degli impianti FV necessita della misura delle grandezze meteorologiche nel sito dell'impianto (irraggiamento solare, temperatura e velocità/direzione del vento).

La producibilità di una cella solare dipende da diversi fattori: prima di tutto, una cella solare non risponde in maniera costante a tutte le frequenze della radiazione solare incidente.

L'efficienza di una cella al silicio è massima in corrispondenza dell'intervallo di frequenze della luce visibile.

In secondo luogo, la producibilità di una cella solare e di conseguenza, di un sistema fotovoltaico, dipende dalla "radiazione incidente" sulla sua superficie e la figura che segue riporta il classico grafico dello spettro solare.

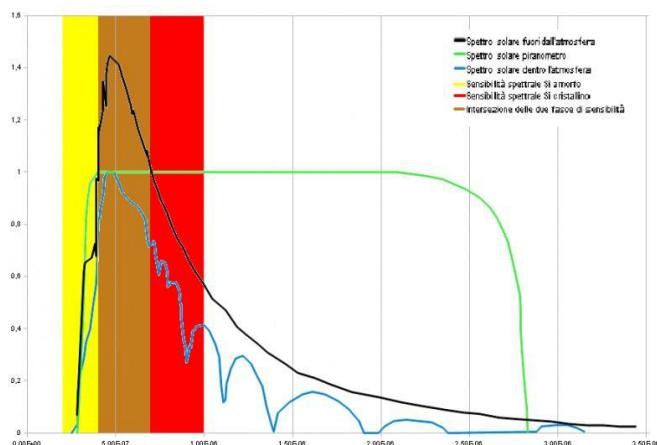


Figura 5: La misura dell'irraggiamento solare

C'è un altro effetto che influenza le prestazioni di un sistema fotovoltaico: la temperatura. Come tutti gli altri strumenti a semiconduttore, le celle solari sono sensibili alla temperatura ed un aumento della temperatura riduce la "band gap" di un semiconduttore, influenzando quindi la maggior parte dei parametri dei semiconduttori. Valori alti della temperatura causano una riduzione nella produzione energetica di un sistema fotovoltaico.

Poiché la producibilità energetica (ed economica) di un impianto fotovoltaico è una funzione prevedibile di questi fattori, una sua diminuzione nella produzione di energia, fuori da quanto prevedibile da questa funzione, deve essere interpretata come sinonimo di anomalia o guasto, per il quale è necessario prendere provvedimenti.

Allora, per conoscere in un dato istante quanta energia dovrebbe produrre un impianto fotovoltaico, bisogna conoscere quanta energia sta giungendo sulla superficie dei moduli fotovoltaici in quell'istante.

Meglio sarebbe conoscere quanta "radiazione solare" utile (lunghezze d'onda che attivano il processo fotovoltaico nelle celle di silicio sono 300 nm – 1100nm) giunge sui moduli fotovoltaici, così da sapere quanta energia dovrebbe produrre un impianto FV in ogni momento della giornata.

I sensori di irraggiamento solare sono in grado di rilevare quanta radiazione solare giunge sul sito ove essi sono installati.

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA di Milano Monza Brianza e Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	10 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171				Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

I sensori d'irraggiamento:

Lo scopo della misura dell'irraggiamento è quello di confrontare la risorsa solare disponibile con l'output dell'impianto, al fine di verificarne la capacità di convertire l'energia solare in elettricità e quindi valutarne le performance.

L'irraggiamento viene normalmente misurato mediante l'utilizzo di "solarimetri" o "piranometri", anche se in alcuni casi viene proposto l'utilizzo di celle di riferimento che, come meglio descritto in seguito, risultano però adatte al monitoraggio diagnostico dell'impianto ma meno adatte per la valutazione delle performance.

Il solarimetro:

Il solarimetro è uno strumento usato per la misurazione del flusso della radiazione solare ed usa l'effetto fotovoltaico per misurare la quantità di irraggiamento solare che colpisce una data superficie.

Un solarimetro che utilizzi l'effetto fotovoltaico ha lo stesso comportamento di un sistema fotovoltaico: produce un segnale elettrico in funzione della luce incidente, risponde in special modo alla luce visibile e la sua risposta dipende anche dalla temperatura della cella.

Più in particolare, un solarimetro con cella al silicio è in grado di captare le onde luminose con uno spettro compreso approssimativamente da 330 nm a 1100 nm.

Al fine di ottenere una misura scevra dall'effetto "temperatura", i valori misurati da un solarimetro che utilizzi l'effetto fotovoltaico devono essere corretti in base alla temperatura della cella fotovoltaica.

Questa misura può essere fatta grazie ad una termocoppia, mentre la correzione deve avere dei livelli di precisione non facili da raggiungere.

Lo strumento tende ad essere obsoleto e non verrà utilizzato nell'impianto fotovoltaico da realizzare.

Il piranometro:

La misura dell'irraggiamento mediante l'utilizzo dei piranometri viene normato dalla Norma IEC 61724 e viene normalmente considerata uno standard nelle analisi delle performance di impianti fotovoltaici sottoposti a valutazione finalizzata al finanziamento del progetto.

I piranometri sono dei sensori che misurano l'irraggiamento come differenza di temperatura tra superfici irraggiate utilizzando il principio delle termopile, e vengono classificati in base alla precisione della misura secondo le seguenti categorie definite dalla norma ISO9060:



Figura 6: Piranometro e classi di precisione

La classe di precisione normalmente richiesta per valutare correttamente le performance dell'impianto è la "secondary standard", in modo che la misura (e quindi la valutazione del PR) sia affetta da un errore contenuto entro il 3%.

Fatto salvo che l'irraggiamento solare incidente su di un pannello è il parametro climatico più importante per valutare le prestazioni di un impianto fotovoltaico, i piranometri, a norma ISO 9060, costituiscono, da lustrì, i supporti più adeguati alla valutazione dell'irraggiamento e quindi del rendimento dell'impianto.

I piranometri sono strumenti che servono a misurare la "radiazione globale" su di una superficie (radiazione diretta e diffusa); il principio di funzionamento è generalmente basato sulla misura di una differenza di temperatura tra una superficie chiara ed una scura.

Una superficie scura può assorbire la maggior parte della radiazione solare, mentre una superficie chiara tende a riflettere, assorbendo una minor quantità di calore. Questa differenza di temperatura viene misurata utilizzando una "termopila".

La differenza di potenziale che si genera nella "termopila", a causa del gradiente di temperatura tra le due superfici, permette di misurare il valore della radiazione solare globale incidente.

Una "termopila" è composta da termocoppie generalmente connesse in serie, dove una termocoppia è una giunzione tra due differenti metalli utilizzata per misurare la differenza di temperatura tra due punti.

Una termocoppia produce un potenziale che dipende dal gradiente di temperatura.

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA di Milano Monza Brianza e Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO											
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE											
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:		11 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171				Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI						

La risposta di un piranometro di questo tipo può coprire tutto il range di lunghezze d'onda dello spettro solare che va, approssimativamente, da 300 nm a 2800 nm.

È da notare che, poiché l'intervallo spettrale rilevabile con un piranometro è più ampio rispetto a quello che può essere misurato da un solarimetro con cella al silicio, utilizzare un piranometro per testare il corretto funzionamento e le prestazioni di un impianto fotovoltaico potrebbe portare a credere che in talune condizioni ambientali l'impianto non funzioni correttamente.

Le nuove tecnologie hanno del tutto eliminato questo problema e la risposta di un piranometro è sempre più immediata, superando il gap che aveva nei confronti del solarimetro.

Oggi in commercio ci sono piranometri con diverse classificazioni, sempre secondo la ISO 9060, in funzione del tipo di impianto nel quale si vanno ad inserire.

Per l'impianto, considerate le dimensioni e per il quale solitamente verrebbe utilizzato un piranometro identificato come "Second Class", la cui accuratezza nelle misurazioni è inferiore alla "First Class", si ritiene utile utilizzare, comunque, un sensore che fornisca la migliore risposta possibile e la maggiore istantaneità, per cui verrà utilizzato il meglio della tecnologia esistente e quindi un sensore in "First Class".

Il mercato permette la scelta di diverse tipologie di piranometri che qui di seguito si elencano:

- **Piranometri con uscita diretta:** costituiscono sensori adatti alla connessione a sistemi in grado di leggere la sensitività del sensore (μV) e convertirla in W/m^2 .
- **Piranometri con uscita analogica:** diversi sono i range utilizzati, ma quelli più d'uso sono fra 4-20 mA, integrati ed alimentati in uno scarto di 9-30 Vcc/ca.;
- **Piranometri con uscita "modbus":** questi, oltre all'irraggiamento misurano la temperatura del corpo del sensore. I modelli "First Class" e "Second Class" hanno inoltre un ingresso per connettere una sonda esterna per la misura della temperatura a contatto dei moduli fotovoltaici.

Inoltre, negli impianti ad alta tecnologia come quello presentato, vengono utilizzati ulteriori sensori, connessi ai piranometri, in grado di migliorare ulteriormente il monitoraggio climatico del pannello/stringa, quali:

- **Sensori per correzione della temperatura:** questi piranometri montano una sonda di temperatura interna e correggono l'uscita del valore di irraggiamento con una correzione in base alla temperatura misurata;
- **Sensori per la misura della radiazione diffusa:** questa è una semplice soluzione per la misura della "radiazione diffusa", in quanto la banda ombreggia continuamente il "duomo" del piranometro dalla radiazione diretta. Questa è solitamente realizzata in alluminio. Inoltre, la "banda" oscura anche una parte di cielo e per questo motivo solitamente si applica un fattore di correzione che deve essere applicato alle misure.

La cella di riferimento:

Le celle di riferimento sono dei sensori che utilizzano la stessa tecnologia fotovoltaica dei moduli e vengono comunemente utilizzate dai sistemi di monitoraggio integrati con i sistemi di controllo dei gruppi di conversione.


Questo tipo di sensori presenta una sensibilità allo spettro della luce solare comparabile al rendimento di conversione tipico delle celle fotovoltaiche, pertanto, non riescono a rilevare l'intera risorsa solare disponibile in sito (Fonte: SMA Solar Technology AG).



Figura 7: Cella di riferimento (SMA Solar Technology AG)

Confronto tra i sensori:

Il sensore di irraggiamento deve essere scelto in base al tipo di "monitoraggio" che si intende effettuare. La corretta misura dell'irraggiamento, al fine della valutazione delle performance d'impianto, non può difatti prescindere dalla capacità del sensore di misurare tutta l'energia solare disponibile; tuttavia, quando il monitoraggio viene effettuato principalmente per scopi diagnostici, un sensore maggiormente prestante dal punto di vista della velocità di risposta può essere preferibile ad un dispositivo più sensibile ma affetto da maggior inerzia.

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO						
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE						
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	12 / 24
Codice Progetto:	ITOMY171	Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI			

Nella tabella seguente vengono messe a confronto le due principali famiglie di sensori di irraggiamento solare, mettendo in evidenza le principali caratteristiche di entrambe:

	Cella di Riferimento	Piranometro	Confronto
Scopo	misura della quota di irraggiamento convertibile in energia elettrica	misura dell'intera risorsa solare	
Errori di misura	errore >5% per inclinazione superiore a 50°	errore <5% fino a 80°	la cella di riferimento sottostima la risorsa solare disponibile
Irraggiamento globale su piano orizzontale	non misurabile	misurabile	il piranometro può misurare irraggiamento su piano orizzontale ed inclinato
Mismatch spettrale	alta variabilità, incertezza >5%	bassa variabilità, incertezza entro 1%	
Comparazione delle misure	le misure della cella di riferimento possono essere comparate solo con misure acquisite da celle con tecnologie simili	le misure acquisite dal piranometro sono sempre comparabili	l'utilizzo dei piranometri garantisce la comparabilità delle misure acquisite su diversi siti

Figura 8: Confronto fra sensori di irraggiamento solare

Altri Sensori:

La temperatura ambiente e della superficie dei moduli viene misurata attraverso sensori di tipo termo resistenze (PT100) o assimilabili, la cui tecnologia è ormai consolidata da diversi anni e comunemente utilizzata in ambito industriale.

I sensori di temperatura utilizzati in ambito agrivoltaico rispondono tipicamente agli standard di qualità e di affidabilità tipici del monitoraggio dei processi industriali e dispongono di caratteristiche simili.

La velocità e la direzione del vento, pur non essendo parametri che influiscono direttamente sulla performance degli impianti FV (se non per gli effetti di trasporto delle masse d'aria sulla superficie dei moduli che migliora la dissipazione della temperatura) vengono monitorati sugli impianti FV dotati di stringhe a terra così da rilevare eventuali situazioni di pericolo per l'impianto e attivare le procedure per la messa in sicurezza.

Per questo tipo di rilevazioni vengono tipicamente utilizzati anemometri meccanici installati direttamente in campo.

5.4 Caratteristiche dei software di controllo ed elaborazione dei dati.

Il software di acquisizione e gestione dei dati rilevati dal sistema di "monitoraggio" è lo strumento chiave che permette di valutare e verificare il funzionamento dell'impianto.

I produttori di sistemi di monitoraggio, sia di tipo "integrato" che "custom", forniscono normalmente il software con il quale analizzare i dati di esercizio dell'impianto FV e che, grazie alle funzionalità di connessione remota di cui sono dotati i sistemi di ultima generazione (GSM/UMTS/LTE, ADSL, ecc.) permette di interrogare il dispositivo SCADA da remoto.

Molti produttori di sistemi di monitoraggio propongono sul mercato un servizio di hosting dei vari dispositivi di monitoraggio, tramite il quale i dati provenienti dai dispositivi installati in campo vengono gestiti da una centrale di controllo unica (gestita dal Produttore e Fornitore del servizio di monitoraggio) e possono essere interrogati in tempo reale tramite il software di monitoraggio fornito dal Produttore.

Attualmente la stragrande maggioranza dei software in commercio dispone di interfaccia grafica tramite la quale interrogare il dispositivo di acquisizione e visualizzare i dati di esercizio sia in forma numerica che in forma grafica.

Il set di dati di esercizio (dati meteo, parametri elettrici d'impianto e segnali d'errore/allarmi) vengono visualizzati in tempo reale permettendo al manutentore di intervenire in maniera mirata sui guasti e di ridurre i tempi di intervento, migliorando così la disponibilità tecnica e l'efficienza dell'impianto.

Prima di essere utilizzati per l'analisi delle prestazioni, i dati rilevati e registrati dal sistema di monitoraggio vengono di solito "normalizzati" tramite l'applicazione di appositi algoritmi per correggere gli errori della catena di rilevazione ed eliminare i dati spuri, ottenuti da letture dei sensori non congruenti con i valori reali della grandezza misurata.

Il filtraggio viene soprattutto applicato alle serie di dati relative alle grandezze meteo (irraggiamento e temperatura), le quali sono maggiormente soggette agli effetti del rumore di segnale e alle false letture dei sensori.


Qualora il sistema di monitoraggio sia equipaggiato con più di un sensore per ogni grandezza misurata (per esempio diversi sensori di irraggiamento installati sul campo), la riduzione

dell'errore di misura può essere ottenuto mediante l'esclusione delle misure dei sensori con deviazione standard più alta e la successiva applicazione di algoritmi di media alle misure rimanenti.

Molti dei software di ultima generazione permettono inoltre di produrre in automatico la reportistica relativa ai dati di esercizio, al calcolo degli indicatori di performance e alla lista dei messaggi di errore prodotti dal sistema.

ILIOS S.r.l.			
<u>Sede Legale:</u> Via Montenapoleone 8, 20121, Milano (MI)	<u>Sede Operativa:</u> Via Massimo D'Azeglio 2, 70017, Putignano (BA)	<u>Telefono:</u> +39 080 8935086 <u>E-mail:</u> info@iliositalia.com <u>PEC:</u> iliositalia@legalmail.it	<u>CCIAA di Milano Monza Brianza e Lodi</u> <u>C.F. e P.IVA</u> 12427580869



Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	13 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

Occorre notare che tali funzioni di reportistica, se pur di indiscussa utilità, possono a volte produrre degli output non completamente in linea con le analisi che si intende effettuare. È infatti comune il caso in cui gli indicatori prestazionali (PR, Disponibilità Tecnica, perdite di trasmissione) vengano contabilizzate dal software di monitoraggio non conformemente a quanto previsto dai protocolli di collaudo previsti dai contratti (EPC e O&M). La possibilità di accedere ai dati direttamente misurati dal sistema di monitoraggio, a monte dell'elaborazione software dei risultati, è quindi una caratteristica preferenziale per i sistemi di monitoraggio utilizzati in impianti FV di medie e grandi dimensioni che necessitino di analisi di performance mirate.

5.5 Monitoraggio e manutenzione

Al fine di garantire le prestazioni definite in sede di progetto di un impianto agrivoltaico installato, è necessario effettuare sistematicamente operazioni di monitoraggio e manutenzione.

Questi due concetti sono l'uno la conseguenza dell'altro, poiché dal monitoraggio può affiorare la necessità di effettuare manutenzioni e dopo la manutenzione è utile effettuare un monitoraggio per verificare che non ci siano state manomissioni accidentali.

Il monitoraggio può essere effettuato recandosi fisicamente in loco, oppure valutando il funzionamento dell'impianto da remoto tramite software appositamente progettati.

5.5.1 Monitoraggio in loco

Esame a vista

Secondo la Norma CEI 82-25 l'esame a vista deve accertare che i componenti dell'impianto agrivoltaico siano conformi alle prescrizioni delle relative norme, scelti e messi in opera correttamente e non danneggiati visibilmente.

Inoltre, l'esame a vista è teso a identificare, senza l'uso di attrezzi o di mezzi di accesso eventuali difetti dei componenti elettrici che sono evidenti allo sguardo, quali ad esempio: mancanza di ancoraggi, connessioni interrotte, involucri rotti, dati di targa assenti, ecc.

Per realizzare questa tipologia di esame è necessario recarsi fisicamente nell'impianto e controllare visivamente ogni pannello.

Se il modulo non presenta nessun segno particolare si procede oltre, altrimenti se si nota per esempio, come nella tavola sottostante, una bruciatura locale che interessa una o più celle, è opportuno fermarsi e valutare attentamente la situazione. Se necessario si procede a verifiche più approfondite con l'utilizzo di apposita strumentazione.



Figura 9: Pannello con Hotspot

L'esame a vista può essere effettuato in ogni parte dell'impianto stesso compresi il locale inverter e la cabina. All'interno dei locali si verifica che tutte le apparecchiature siano accese e funzionanti, nonché la presenza di eventuali roditori attratti dal clima tiepido che causano danni ai collegamenti elettrici rosicchiando i cavi fino al totale consumo dell'isolamento.

Nell'immagine seguente si può notare la presenza di un nido di roditore ed escrementi all'interno della cabina:



Figura 10: Presenza di escrementi di roditori

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA di Milano Monza Brianza
e Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	14 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171				Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

5.6 Prove a vuoto ed a carico sugli impianti

Dopo una prima valutazione visiva dell'impianto può essere necessario effettuare dei rilievi in loco per verificare eventuali problematiche riscontrate.

Per prove sugli impianti si intende l'effettuazione di misure o di altre operazioni mediante le quali si accerta la corrispondenza dell'impianto alle Norme CEI e alla documentazione di progetto.

Secondo la Norma CEI 82-25 le prove in oggetto consistono nel controllare i seguenti punti:

- la continuità elettrica e le connessioni tra i moduli; questa prova consiste nell'accertare la continuità elettrica tra i vari punti dei circuiti di stringhe e fra l'eventuale parallelo delle stringhe e l'ingresso del gruppo di condizionamento e controllo della potenza;
- la messa a terra di masse e scaricatori che consiste nell'accertare la continuità elettrica dell'impianto di terra, a partire dal dispersore fino alle masse estranee collegate;
- l'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse; lo scopo è quello di accertare che la resistenza di isolamento dell'impianto sia adeguata ai valori prescritti dalla Norma CEI 64-8/6; la misura deve essere eseguita tra ogni conduttore attivo, oppure ciascun gruppo completo di conduttori attivi e l'impianto di terra; le misure devono essere eseguite in c.c. mediante strumenti di prova in grado di fornire le tensioni previste con carico di 1 mA;
- il corretto funzionamento dell'impianto agrivoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di condizionamento e controllo della potenza (accensione, spegnimento, mancanza rete del distributore, ecc); questa prova consiste nel verificare che i dispositivi siano stati installati e regolati in modo appropriato. Per la prova di accensione e spegnimento automatico dell'impianto è consigliabile intervenire su sezionatori di stringa; una verifica che accerti le funzioni di protezione di interfaccia deve almeno provare il loro intervento in caso di mancanza della rete del distributore;
- il soddisfacimento delle due seguenti condizioni, in presenza di irraggiamento sul piano dei moduli superiore a 600 W/m²:

$$P_{cc} < 0,85 * P_{nom} * \frac{G_p}{G_{STC}} \quad (a)$$

$$P_{ca} < 0,9 * P_{cc} \quad (b)$$

Dove:

- P_{cc} [in kW] è la potenza misurata all'uscita del generatore agrivoltaico, con incertezza non superiore al 2%;
- P_{ca} [in kW] è la potenza attiva misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata con incertezza non superiore al 2%;
- P_{nom} [in kWp] è la potenza fornita dal generatore agrivoltaico, determinata come somma delle singole potenze dei moduli desunte dal foglio - dati rilas- ciato dal costruttore;
- G_p [in W/m²] è l'irraggiamento misurato sul piano dei moduli con incertezza di misura del sensore solare non superiore al 3% e con incertezza di misura della tensione in uscita dal sensore solare non superiore al 1%;
- G_{STC} [in W/m²] è l'irraggiamento in condizioni di prova standard, pari a 1000 W/m²

La relazione (a) ammette, quindi, per le perdite del generatore agrivoltaico, un valore complessivo pari al 15% della potenza nominale dell'impianto stesso; detto limite tiene conto delle perdite ohmiche, dei difetti di accoppiamento, della temperatura (fino al valore massimo di 40 °C), della non linearità dell'efficienza dei moduli in funzione dell'irraggiamento, degli ombreggiamenti (entro il 2% massimo) e della risposta angolare.

La misura della potenza P_{cc} e della potenza P_{ca} deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento sul piano dei moduli (G_p) superiore a 600 W/m². Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli, misurata sulla faccia posteriore dei medesimi, superiore a 40 °C, è ammessa la correzione in temperatura della potenza stessa.

In questo caso, anziché verificare la condizione (a) potrà essere verificata la seguente condizione:

$$P_{cc} < (1 - P_{t_{pv}} - 0,08) * P_{nom} * \frac{G_p}{G_{STC}} \quad (c)$$

Dove:

- $P_{t_{pv}}$ indica le perdite causate dalla riduzione delle prestazioni del generatore agrivoltaico, quando la temperatura di lavoro delle celle fotovoltaiche è superiore a 25 °C, mentre tutte le altre perdite del generatore stesso (ottiche, resistive, caduta sui diodi, difetti di accoppiamento) sono state tipicamente assunte pari all'8%.

Le perdite $P_{t_{pv}}$ possono essere determinate in modo approssimativo come:

$$P_{t_{pv}} = (T_{cel} - 25) * \gamma \quad (d)$$

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA di Milano Monza Brianza e Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	15 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

Oppure:

$$P_{t_{pv}} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) * G_p / 0,8] * \gamma \quad (e)$$

Dove:

- T_{cel} è la temperatura delle celle di un modulo agrivoltaico; può essere misurata mediante un sensore termo resistivo (PT100) attaccato sul retro del modulo in corrispondenza di una cella o mediante la misura della tensione a vuoto secondo la Norma CEI EN 60904-5;
- γ è il coefficiente di temperatura delle celle fotovoltaiche; questo parametro indica la diminuzione della potenza generata all'aumentare della temperatura ed è fornito dal costruttore; per moduli in silicio cristallino è tipicamente pari a 0.4-0.5%/°C.
- T_{amb} è la temperatura ambiente;
- NOCT: è la temperatura nominale di lavoro della cella; questo parametro è fornito dal costruttore ed è tipicamente pari a 40-50°C, ma può arrivare a 60°C per moduli in vetrocamera;
- G_p è l'irraggiamento solare, misurato sul piano dei moduli, espresso in kW/m².

Per assicurare l'accuratezza e ripetibilità della prova, la misura di P_{cc} , P_{ca} , G_p e T_{amb} deve essere effettuata simultaneamente in uno dei seguenti modi:

- Mediante l'utilizzo di strumenti in grado di effettuare le suddette misure simultaneamente;
- Mediante l'utilizzo di più strumenti di misura indipendenti, ma con valori di irraggiamento solare, temperatura ambiente, velocità del vento e potenza erogata praticamente costanti durante la misurazione;
- Mediante l'utilizzo di più strumenti di misura indipendenti, ma con l'ausilio di più operatori che effettuano le misurazioni in contemporanea.

La verifica delle "PR" deve avvenire ogni sei mesi a partire dalla data del collaudo fino alla fine del periodo di garanzia. Dette verifiche devono essere effettuate in condizioni di irraggiamento sul piano dei moduli superiore a 600 W/m². Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli sulla faccia posteriore dei medesimi a 40°C, si procederà alla correzione della formula secondo quanto indicato dalla Norma CEI 82-25.

L'appaltatore, solitamente, garantisce i seguenti "Performance Rate" nel periodo di garanzia di 24 mesi dopo il collaudo dell'impianto:

- al collaudo dell'impianto: 85,15%;
- 12 mesi dal collaudo dell'impianto: 80,5%;
- 24 mesi dal collaudo dell'impianto: 79,85%.

Inoltre, viene garantito il "Performance Rate" per ulteriori 8 anni con una riduzione dello stesso su base annua dello 0,65%.

5.7 Rilievi con "termocamera"

Come accennato nel paragrafo precedente, effettuando un esame a vista è possibile notare delle bruciature locali sulla superficie del pannello. Queste sono conseguenza della presenza di "hot-spot", cioè di punti caldi sulla superficie dovuti a varie cause. In primis eventuali difetti sulla morfologia del pannello che non agevolano la dissipazione del calore. Inoltre la presenza di gramaglie che ombreggiano il pannello o di sporcizia sulla superficie, come escrementi di uccelli, foglie o altro, creano un surriscaldamento locale come mostrato nella Tavola seguente:

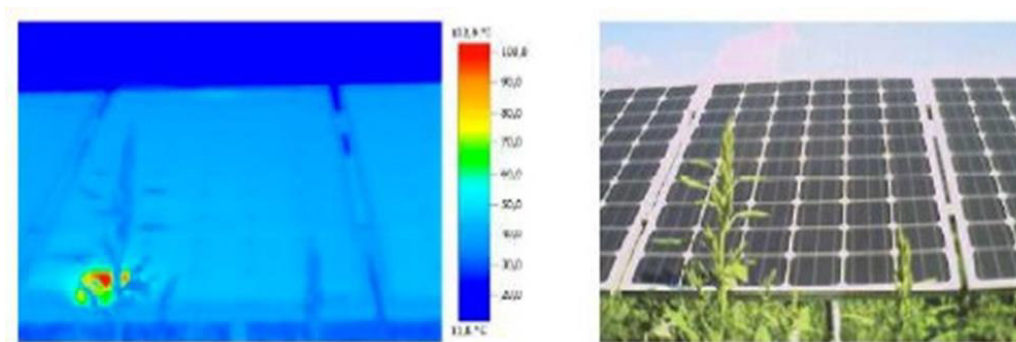



Figura 11: Esempio rilievi con termocamera

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	16 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171				Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

5.8 Test ad elettroluminescenza

Il componente principale di un impianto agrivoltaico è costituito dal modulo fotovoltaico; risulta quindi necessario verificarne l'integrità prima dell'installazione. Per questo motivo vengono realizzati, in genere, due tipologie di test: test ad elettroluminescenza.

I test ad elettroluminescenza vengono effettuati in apposite camere ad elettroluminescenza che, supportati da un rilevamento fotografico, permettono di rilevare difetti e/o micro-fratture sulla superficie dei moduli che comprometterebbero il rendimento e la durata di vita degli stessi.

Il principio di funzionamento si basa sul processo inverso del agrivoltaico: ai moduli viene applicata una tensione per verificare i flussi di corrente, mentre una camera con appositi sensori rende visibile ad occhio nudo la luce ad infrarossi emessa dalle celle; questo avviene perché quando dall'esterno si applica una tensione sui collegamenti di un modulo, si verifica una ricombinazione degli elettroni nelle sue celle che provoca emissione di fotoni dal semiconduttore.

Poiché la radiazione emessa è vicina al campo spettrale dell'infrarosso è necessaria una specifica camera ad elettroluminescenza per rendere visibile il fenomeno. Le celle funzionanti avranno un aspetto luminoso, mentre quelle danneggiate appariranno scure.

Il test viene superato solo dai moduli che presentano una distribuzione uniforme della corrente.

I difetti rilevabili con questo metodo sono, per esempio:

- Micro fessurazioni, scheggiature o rottura completa cella;
- Presenza di impurità;
- Difetti di cristallizzazione nel wafer;
- Distacco delle piste conduttrici e/o rottura di celle che determinano l'isolamento elettrico e quindi la disattivazione parziale;
- Tracce del nastro di sinterizzazione;
- Segni generali di una lavorazione imperfetta delle celle.

5.9 Manutenzione

Per manutenzione di un impianto elettrico si intende l'insieme dei lavori necessari per conservare in buono stato di efficienza e soprattutto di sicurezza, l'impianto stesso. Poiché qualsiasi componente elettrico e non è soggetto ad usura e/o rottura risulta necessario provvedere a una manutenzione sistematica per mantenere inalterate le prestazioni dell'impianto e le caratteristiche di sicurezza.

I principali obiettivi della manutenzione sono:

- Conservare le prestazioni e il livello di sicurezza iniziale dell'impianto contenendo il normale degrado ed invecchiamento dei componenti.
- Ridurre i costi di gestione dell'impianto evitando perdite di produzione causate dal deterioramento precoce dell'impianto.
- Rispettare le disposizioni di legge.

Gli interventi di manutenzione si distinguono in due categorie principali: manutenzione ordinaria e manutenzione straordinaria.

Prima di procedere a qualsiasi intervento su un impianto elettrico si dovrà classificare l'intervento necessario per determinare a quale categoria appartiene e, quindi, quali sono le direttive da rispettare.

5.10 Manutenzione ordinaria

La manutenzione ordinaria comprende lavori finalizzati a:


- Contenere il degrado normale d'uso;
- Far fronte ad eventi accidentali che comportino la necessità di primi interventi che non modifichino la struttura essenziale dell'impianto e la sua destinazione d'uso.

Per questa tipologia di interventi non è previsto l'obbligo di effettuare prima un progetto, né di rilasciare una dichiarazione di conformità.

a. Manutenzione cabina AT/BT e di trasformazione.

In linea generale è estremamente importante che i locali destinati a contenere le apparecchiature della cabina siano tenuti puliti e sgombri da materiale non pertinente le apparecchiature stesse.

Tali apparecchiature, infatti, in caso di guasto, possono innescare un principio di incendio; è quindi chiaro che la presenza di sporco e di materiale vario può trasformare il principio d'incendio in un incendio vero e proprio. Inoltre la presenza di sporco e di una notevole quantità di polvere può provocare il mal funzionamento delle apparecchiature a causa di cattiva ventilazione dovuto all'accumulo di sporcizia sui filtri di ventilazione.

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	17 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

Dovrà quindi essere eseguita un'accurata pulizia dei filtri su tutte le apparecchiature provviste di sistemi di ventilazione forzata o naturale. A tal fine, ogni produttore fornisce un manuale dettagliato di funzionamento e manutenzione per ogni componente dell'impianto, le cui indicazioni devono essere osservate scrupolosamente.

Per il locale cabina AT/BT ogni sei mesi è necessario:

- Rimuovere gli eventuali materiali in deposito non attinenti agli impianti ed eseguire la pulizia del locale;
- Verificare la presenza dei dispositivi di protezione individuali e di estinzione degli incendi;
- Verificare la presenza dei cartelli monitori e della documentazione di impianto. Inoltre ogni anno è utile:
- Eseguire il controllo dello stato di conservazione delle strutture di protezione contro i contatti diretti;
- Verificare l'integrità dei dispositivi di blocco che impediscono l'accesso alle parti in tensione
- Per il quadro ogni anno è necessario:
- Eseguire la pulizia interna ed esterna con aspirapolvere e/o soffiando aria secca a bassa pressione;
- Rimuovere la polvere dalle parti isolanti con stracci ben asciutti;
- Eseguire il controllo visivo per verificare l'integrità delle apparecchiature;
- Controllare lo stato di conservazione delle strutture di protezione contro i contatti diretti;
- Controllare il serraggio dei bulloni e pulire le connessioni;
- Verificare, con apposito strumento, la continuità dei conduttori di terra delle strutture metalliche e delle apparecchiature installate;
- Verificare l'efficienza dei dispositivi di blocco che impediscono l'accesso alle parti in tensione;
- Verificare l'efficienza dell'illuminazione interna al quadro;
- Verificare l'integrità delle pinze di potenza sui sezionatori, rimuovere le eventuali ossidazioni e perlinature e proteggere con prodotti specifici;
- Verificare il serraggio delle connessioni dei circuiti di potenza e dei circuiti ausiliari a bordo degli interruttori;
- Verificare l'efficienza dei comandi manuali ed elettrici di apertura e chiusura;
- Verificare l'efficienza del circuito di apertura simulando l'intervento delle protezioni;
- Verificare l'efficienza dei segnatori meccanici di posizione;
- Verificare l'efficienza delle connessioni a terra dei sezionatori di terra;
- Richiudere il quadro e verificare l'efficacia dei sistemi di blocco meccanici che devono impedire l'accesso a tutte le parti in tensione;
- Verificare i valori di taratura dei parametri elettrici con quelli previsti nel progetto.


Per i trasformatori ogni anno è necessario:

- Eseguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità dell'apparecchiatura
- Controllare lo stato di conservazione della resina esterna degli avvolgimenti
- Eseguire la pulizia completa dell'apparecchiatura con aspirapolvere o soffiando aria secca a bassa pressione, pulire gli isolatori e le barre di collegamento con
- stracci asciutti
- Controllare il serraggio dei cavi di potenza sui relativi morsetti con chiave dinamometrica come dà indicazioni del costruttore, eliminare le eventuali ossidazioni dai morsetti di potenza e proteggere gli stessi con prodotto specifico
- Controllare serraggio dei bulloni, la pulizia delle connessioni, la continuità dei conduttori di messa a terra e sostituire gli eventuali morsetti e conduttori deteriorati
- Verificare il funzionamento delle termosonde e controllare le regolazioni impostate nelle centraline

Per il quadro elettrico generale ed eventualmente altri quadri presenti è necessario ogni anno:

- eseguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità dell'apparecchiatura;
- eseguire il controllo visivo delle condutture di alimentazione;

ILIOS S.r.l. Sede Legale: Via Montenapoleone 8, 20121, Milano (MI)				Sede Operativa: Via Massimo D'Azeglio 2, 70017, Putignano (BA)		Telefono: +39 080 8935086 E-mail: info@iliositalia.com PEC: iliositalia@legalmail.it		CCIAA di Milano Monza Brianza e Lodi C.F. e P.IVA 12427580869		
--	--	--	--	---	--	---	--	--	--	---

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	18 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:			ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI				

- eseguire la pulizia interna ed esterna;
- controllare lo stato di conservazione delle strutture di protezione contro i contatti diretti;
- controllare il serraggio dei bulloni e pulire le connessioni;
- verificare la continuità dei conduttori di messa a terra delle strutture metalliche e delle apparecchiature installate;
- sostituire i morsetti e i conduttori deteriorati;
- verificare l'efficienza dei dispositivi di blocco che impediscono l'accesso alle parti in tensione;
- verificare il serraggio delle connessioni di potenza;
- eseguire la pulizia dei componenti soffiando aria secca a bassa pressione e usando stracci puliti ed asciutti;
- verificare l'efficienza della bobina e il suo ancoraggio e che non presenti segni di surriscaldamento;
- verificare la funzionalità e l'efficienza dei contatti ausiliari e delle bobine;
- controllare lo stato di conservazione dei conduttori elettrici;
- eseguire il serraggio dei morsetti;
- effettuare qualche manovra e verificare con il tester l'effettivo stato dei circuiti di potenza (aperto/chiuso) e delle bobine (eccitata/diseccitata);
- effettuare il controllo visivo del buono stato di conservazione delle protezioni (fusibili, relè termici, interruttori automatici);
- per i fusibili verificare le caratteristiche elettriche di progetto;
- per i relè verificare le tarature e le caratteristiche elettriche di progetto;
- prima della messa in tensione verificare che i circuiti amperometrici siano chiusi;
- controllare il serraggio dei collegamenti elettrici ausiliari;
- controllare l'integrità degli interruttori verificandone con il tester l'effettiva apertura e chiusura;
- controllare l'integrità, la funzionalità e l'efficienza di commutatori, pulsanti, lampade, ecc. verificando che vengano abilitati i circuiti previsti dal progetto;
- verificare l'efficienza delle apparecchiature ausiliarie alimentandole e disalimentandole, ove possibile, o effettuare la verifica con il tester.

Inoltre ogni sei mesi è utile per i relè e gli interruttori differenziali verificare il corretto intervento utilizzando il tasto di prova.

Per il pulsante di emergenza è necessario ogni sei mesi:

- eseguire il controllo visivo esterno dell'integrità dell'apparecchiatura e la presenza della cartellonistica;
- eseguire il controllo visivo delle condutture di alimentazione;
- eseguire la pulizia interna ed esterna dell'apparecchiatura;
- eseguire la verifica del corretto funzionamento del comando di emergenza controllando che si apra l'interruttore di AT;
- verificare con il tester l'assenza di tensione;
- ripristinare il comando di emergenza;
- chiudere l'interruttore AT precedentemente aperto.

Per l'impianto di illuminazione è utile ogni sei mesi:

- eseguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità delle apparecchiature di comando;
- eseguire il controllo visivo esterno per verificare l'integrità degli apparecchi illuminanti;

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA di Milano Monza Brianza
e Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	19 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171				Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

- o eseguire il controllo visivo dell'efficienza delle lampade, sostituendo le lampade guaste o con evidenti segni di invecchiamento.

Inoltre ogni anno:

- o eseguire la pulizia interna ed esterna degli apparecchi illuminanti;
- o eseguire il controllo visivo dello stato dei componenti interni degli apparecchi illuminanti, sostituendo i componenti che presentano evidenti segni di surriscaldamento;
- o controllare il serraggio delle viti;
- o verificare con apposito strumento che l'apparecchio sia collegato a terra;
- o eseguire il controllo visivo, per quanto possibile, delle linee derivate di alimentazione;
- o verificare con apposito strumento sul punto luce più lontano dalle protezioni che sia garantito il coordinamento delle protezioni stesse.

b. Manutenzione impianto di climatizzazione.

Gli interventi principali per l'impianto di climatizzazione sono:

- o controllo generale dello stato
- o pulizia filtri
- o pulizia delle unità interne
- o controllo dei serraggi elettrici
- o pulizia delle unità esterne
- o controllo evaporatore
- o controllo condensatore
- o controllo pressione del gas e temperatura di lavoro
- o controllo serraggi elettrici.

c. Manutenzione impianto di terra.

Per l'impianto disperdente è necessario ogni anno:

- o eseguire il controllo visivo per verificare l'integrità dell'impianto;
- o verificare il serraggio delle connessioni nei punti accessibili;
- o sostituire i componenti che presentano evidenti segni di ossidazione o corrosione

Inoltre ogni due anni:

- o verificare strumentalmente la continuità tra i vari componenti dell'impianto disperdente;
- o eseguire la misura della resistenza dell'impianto di terra e verificare con il valore della corrente di guasto ed il tempo di intervento delle protezioni se sussiste la necessità di effettuare la misura della tensione di passo e contatto.

Per l'impianto di equipotenzialità della cabina elettrica è necessario ogni anno:

- o eseguire il controllo visivo per verificare l'integrità dell'impianto;
- o verificare il serraggio delle connessioni nei punti accessibili;
- o sostituire i componenti che presentano evidenti segni di ossidazione o corrosione.

Inoltre ogni due anni:

- o verificare la continuità con apposito strumento tra il conduttore di terra e le sbarre equipotenziali poste nel locale cabina;
- o le sbarre equipotenziali poste nei quadri principali di distribuzione;
- o le sbarre equipotenziali poste nei quadri secondari di cabina;
- o le apparecchiature in AT comprese gli schermi dei cavi AT;
- o le masse;

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA di Milano Monza Brianza
e Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO											
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE											
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:		20 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171				Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI						

- le masse estranee.

d. Manutenzione dell'impianto agrivoltaico.

Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici richiedono in genere operazioni di manutenzione di entità limitata.

La periodicità con cui vengono effettuate è scelta a discrezione del proprietario in accordi con la ditta installatrice.

L'operazione di manutenzione consiste in tre punti fondamentali: pulizia del modulo, ispezione visiva dei moduli e controllo dei collegamenti elettrici e del cablaggio.

Per quanto riguarda la pulizia dei moduli essa viene effettuata periodicamente in base all'effettivo sporco accumulato. Lo sporco, infatti, si deposita sulla copertura trasparente dei moduli riducendone il rendimento. L'intensità dell'effetto dipende dall'opacità del sedimento e dalla sua disuniformità. Gli strati di polvere che riducono l'intensità del sole in modo uniforme non sono pericolosi e la riduzione della potenza non è, in genere, significativa.

La periodicità della pulizia dipende dall'intensità del processo di imbrattamento, per questo motivo non sono necessarie tubazioni fisse per il lavaggio, poiché i costi risulterebbero maggiori dei benefici.

L'azione della pioggia può in alcuni casi ridurre al minimo o eliminare il bisogno di pulizia dei moduli; in altri contribuisce al processo di imbrattamento poiché la polvere secca diventa fangosa.

L'operazione di pulizia consiste nel lavare i moduli fotovoltaici con acqua; si prevede perciò il trasporto in loco di acqua con autobotte e la pulizia dei moduli con appositi dispositivi per la pulitura, come ad esempio mostrato nelle figure che seguono, senza l'aggiunta di detergenti chimici che potrebbero essere dannosi per la superficie del modulo stesso e per lo stesso "suolo".

La pulitura può essere effettuata anche a mano, nel caso in cui i moduli non siano accessibili dal mezzo di pulizia.




Figura 12: Dispositivi di pulizia moduli - Pulizia dei moduli

Per quanto riguarda l'ispezione visiva dei moduli, essa ha lo scopo di rilevare eventuali guasti quali rotture di vetro, come mostrato nella figura seguente, o ossidazioni dei circuiti e delle saldature delle celle fotovoltaiche per lo più dovute a umidità nel modulo in seguito a rottura degli strati dell'involucro nelle fasi d'installazione o trasporto.



Figura 13: Modulo con superficie compressa

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO										
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE										
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:	21 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171				Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

Per quanto riguarda il controllo dei collegamenti e del cablaggio, si effettua una manutenzione preventiva ogni sei mesi verificando il fissaggio e lo stato dei morsetti dei cavi di collegamento dei moduli e la tenuta stagna della scatola dei morsetti. Qualora si rilevassero problemi di tenuta stagna, occorre provvedere alla sostituzione degli elementi interessati e alla pulizia dei morsetti.

È importante curare la tenuta della scatola dei morsetti, utilizzando eventualmente giunti nuovi o sigillante.

e. Manutenzioni accessorie.

Periodicamente è necessario, provvedere alla pulizia dei sensori che rilevano l'irraggiamento poiché essendo esposti alle intemperie la loro superficie si può opacizzare per la sporcizia e rilevare un valore di irraggiamento minore del reale.

5.11 Monitoraggio degli aspetti climatici

Come deducibile da quanto detto nei paragrafi precedenti, il monitoraggio degli aspetti relativi al clima è un punto fondamentale per il mantenimento dell'efficienza del generatore fotovoltaico per l'intera vita utile, nonché per un'oculata programmazione di manutenzione dello stesso.


Tali aspetti possono essere monitorati tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria unitamente a sensori per la misura della radiazione posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto. In particolare, il monitoraggio potrebbe riguardare:

- la temperatura ambiente esterno (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- la temperatura retro-modulo (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- l'umidità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con igrometri/psicrometri (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti);
- la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri.

I risultati di tale monitoraggio possono essere registrati, ad esempio, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente.

Inoltre, il sistema di monitoraggio sarà costituito da una stazione meteo principale, dotata dei tradizionali sensori meteo-climatici (pioggia, vento, radiazione solare, pressione atmosferica), e di più unità wireless dotate di sensori micro-climatici (temperatura e umidità dell'aria, bagnatura fogliare, umidità del terreno); le unità wireless, posizionate all'interno degli appezzamenti, acquisiscono i dati micro-climatici e li trasmettono via radio alla stazione principale; questa, disponendo di un sistema GSM-GPRS e della relativa SIM, trasmettendo tutti i dati ad un centro servizi. I Clienti possono quindi visualizzare tutti i dati (sia in tempo reale che storici) ed utilizzare i modelli che elaborano tali dati e che sono necessari per fare fronte alle diverse esigenze agronomiche.

Tutti i dati che i sensori wireless trasmettono, restano memorizzati e archiviati, fornendo nel tempo una importante base di informazioni e di analisi confrontabile tra un anno e l'altro.

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO							
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE							
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0	
Codice Progetto:	ITOMY171		Cod. Documento:		ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI			

6. CONCLUSIONI

Il sistema di monitoraggio del generatore fotovoltaico, che è parte dell'impianto agrivoltaico "CASCINETTO" in progetto, rappresenta un aspetto essenziale affinché venga garantito il buon funzionamento di questo e il mantenimento delle performance nell'arco della sua vita utile.

Infatti, il Sistema di Monitoraggio dell'Impianto del generatore fotovoltaico di cui al presente documento permette che le performance, e dunque la produzione di energia elettrica, siano sempre il più elevate possibile.

ILIOS S.r.l.


Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it


CCIAA di Milano Monza Brianza
e Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO							
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE							
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0	
Codice Progetto:	ITOMY171				Cod. Documento:	ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI		

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Localizzazione dell'impianto su base Ortofoto.....	3
Figura 2: Processo di conversione.....	7
Figura 3: Architettura sistema di monitoraggio.....	8
Figura 4: Set parametri di supervisione	8
Figura 5: La misura dell'irraggiamento solare.....	9
Figura 6: Piranometro e classi di precisione	10
Figura 7: Cella di riferimento (SMA Solar Technology AG).....	11
Figura 8: Confronto fra sensori di irraggiamento solare	12
Figura 9: Pannello con Hotspot	13
Figura 10: Presenza di escrementi di roditori.....	13
Figura 11: Esempio rilievi con termocamera	15
Figura 12: Dispositivi di pulizia moduli - Pulizia dei moduli.....	20
Figura 13: Modulo con superficie compressa.....	20

Documento:	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO											
Progetto:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "CASCINETTO", AVENTE POTENZA NOMINALE DI 18,97 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 17,4 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE											
Richiedente:	SONNEDIX LEONARDO S.R.L.		Data:	12/2023		Revisione:	1.0		Pag.:		24 / 24	
Codice Progetto:	ITOMY171			Cod. Documento:			ITOMY171.PFTE_02_PROGETTO_SMI					

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Dati geografici di progetto	3
Tabella 2: Dati catastali di progetto (area impianto)	4
Tabella 3: Dati catastali di progetto (Opere 2 e 3)	4
Tabella 4: Specifiche e caratteristiche dell'impianto di produzione	5

ILIOS S.r.l.

Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@iliositalia.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA di Milano Monza Brianza
e Lodi
C.F. e P.IVA 12427580869

