

REGIONE SARDEGNA

COMUNE DI SILIGO (SS)

ATLAS SOLAR 6 s.r.l.

Rovereto (TN)
Piazza Manifattura n.1, CAP 38068
C.F. e P.IVA 03054610302
Pec: atlarsolar6@legalmail.it

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE ABBINATA AD ATTIVITA' ZOOTECNICA, SITO NEL COMUNE DI SILIGO (SS) PER UNA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 29721 KW E POTENZA IN A.C. DI 27500 KW, ALLA TENSIONE RETE DI 36 KV, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE RICADENTI ANCHE NEI COMUNI DI CODRONGIANOS (SS), PLOAGHE (SS) E SILIGO (SS)

**PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE
COMPRESIVO DELLE OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE**

ELABORATO

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

DATA: 03/11/2022

SCALA :

aggiornamento : 25/01/2024

PROGETTISTI

Ing. Nicola ROSELLI

Ing. Rocco SALOME

PROGETTISTA PARTI ELETTRICHE

Per. Ind. Alessandro CORTI

CONSULENZE E COLLABORAZIONI

Arch. Gianluca DI DONATO
Dott. Massimo MACCHIAROLA
Ing. Elvio MURETTA
Archeol. Gerardo FRATIANNI
Geol. Vito PLESCIA



Energy for the Future

Udine (UD) Via Andreuzzi n°12, CAP 33100
Partita IVA 02943070306
www.atlas-re.eu

revisione	descrizione	data	DOC RP1
A	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	03/11/2022	
B	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	25/01/2024	
C			

Indice generale

1	PREMESSA	3
1.1	Attività del Monitoraggio Ambientale	4
1.2	Articolazione temporale	4
2	LOCALIZZAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	6
2.1	Dati generali del progetto	9
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	17
3.1	Normative di riferimento comunitarie europee	17
3.2	Normative di riferimento nazionali	17
4	PROPOSTA DI MONITORAGGIO	19
4.1	Obiettivi generali e requisiti del PMA	19
4.2	Requisiti del Piano di Monitoraggio Ambientale	19
4.3	Identificazione delle componenti	20
4.1	Struttura organizzativa preposta all'effettuazione del monitoraggio ambientale	20
4.2	Fasi della redazione del PMA	21
5	CRITERI SPECIFICI DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE PER LE SINGOLE COMPONENTI E/O FATTORI	22
5.1	Atmosfera e clima	22
5.1.1	Identificazione degli impatti da monitorare	22
5.1.2	Monitoraggio dei parametri microclimatici	23
5.1.3	Articolazione temporale	24
5.2	Suolo	25
5.2.1	Strumentazione e localizzazione	25
5.2.2	Parametri da rilevare	26
5.2.3	Campionamento	27
5.2.4	Localizzazione	27
5.2.5	Numero di campionamento	28
5.2.6	Profondità del campionamento	28
5.2.7	Epoca di campionamento	29
5.2.8	Verbale di campionamento	30
5.2.9	Analisi e stato del terreno	30
5.2.10	Analisi fisico-chimiche	30
5.2.11	Analisi microbiologiche	31
5.2.12	Analisi sui metalli pesanti	31
5.2.13	Articolazione temporale	32

5.3	Consumo di acqua	33
5.3.1	Articolazione temporale	33
5.4	Paesaggio	34
5.4.1	Durata e frequenza del monitoraggio.....	35
6	Restituzione Dei Dati	35
7	QUADRO SINOTTICO DEL PMA.....	36

Indice delle Figure

Figure 2-1.	Inquadramento su ortofoto dell'area oggetto di intervento	8
Figure 2-2.	Immagine esplicative della perforazione teleguidata	9
Figure 2-3.	Schema di funzionamento e foto di una cella fotovoltaica	11
Figure 2-4.	Struttura impianto fotovoltaico	11
Figure 2-5.	Rappresentazione grafica su base catastale dell'impianto agrivoltaico	13
Figure 2-6.	Particolare opera di recinzione	14

Indice delle tabelle

Tabella 5-1.	Caratterizzazione fisico-chimica del suolo (ante-operam), mentre i parametri asteriscati saranno analizzati in corso d'opera.	31
Tabella 5-2.	Concentrazioni di alcuni metalli pesanti in suolo coltivati e naturali.	32
Tabella 5-3.	Valori limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione "commerciale-industriale".	32

1 PREMESSA

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) fa riferimento alla proposta della ATLAS SOLAR 6 s.r.l., cod. fisc. 03054610302, con sede in via Manifattura, 1 - 38068 Rovereto (TN) (nel seguito anche SOCIETA') di un impianto agrivoltaico nel Comune di Siligo (Provincia di Sassari) ad una quota altimetrica di circa 330 m s.l.m. di potenza complessiva massima dell'impianto sarà pari a 29,721 MWp con potenza nominale in A.C. di 27,50 MWp.

L'impianto agrivoltaico, mediante un elettrodotto interrato della lunghezza di circa 12,9 km uscente dalla cabina d'impianto, sarà allacciato, nel comune di Ploaghe (SS), alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in antenna a 36 kV con un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/220/150 kV della RTN "Codrongianos", denominato "Codrongianos 36".

Si precisa che il progetto ha previsto l'allaccio alla Rete Nazionale secondo il preventivo di connessione rilasciato da Terna e che le opere riguardanti la nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/220/150 kV sono oggetto di benestare, da parte di Terna Spa, che ha già affidato la progettazione ad altra società.

L'intervento, ai sensi dell'Allegato II alla Parte Seconda del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. ricade nel punto 2. "impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW", così come modificato dall'Art. 31 comma 6 del DL 77/2021 con Legge 108 del 29/07/2021 (GURI n. 181 del 30/07/2021).

Per la definizione delle relative metodiche, frequenze delle campagne e le modalità di elaborazione dei dati, inerente a tutti gli interventi proposti in valutazione per le varie matrici ambientali si è fatto riferimento anche alle "Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i.; D.Lgs.163/2006 e s.m.i.)" e alle "Linee guida SNPA 28/2020 recanti le "Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale" approvate dal Consiglio SNPA il 9/7/2019".

1.1 Attività del Monitoraggio Ambientale

Nella VIA, il Monitoraggio Ambientale rappresenta l'insieme delle attività da attuare successivamente alla fase decisionale. Tali attività sono finalizzate alla verifica dei risultati attesi dal processo di VIA ed a concretizzare la sua reale efficacia mediante dati qualitativi/quantitativi misurabili, ossia dei parametri, evitando che l'intero processo si riduca ad una mera procedura amministrativa e ad un esercizio formale.

Secondo il programma VIA, le attività di MA si articolano in quattro fasi principali:

- *Monitoraggio*: insieme delle misurazioni periodiche o continuative di specifici parametri e indicatori dello stato di qualità delle componenti ambientali di carattere biologico, chimico e fisico, impattate dalla realizzazione o dall'esercizio dell'opera, mediante rilevazioni che si protraggono per l'appunto antecedentemente e successivamente alla realizzazione del progetto;
- *Valutazione*: conformità con le Norme, i limiti legislativi e le previsioni d'impatto aspettate dalle prestazioni ambientali del progetto;
- *Gestione*: eventuali problematiche, non previste, emerse durante le attività di monitoraggio e di valutazione;
- *Comunicazione*: informazione ai diversi soggetti coinvolti (autorità competente e/o agenzie interessate) sui risultati delle attività di monitoraggio, valutazione e gestione del progetto.

1.2 Articolazione temporale

Nel Monitoraggio Ambientale deve essere fatto presente un quadro completo sullo sviluppo spazio-temporale delle attività di monitoraggio articolate in tre principali fasi di progetto:

- *Ante-Operam (AO)*: si conclude prima dell'inizio delle attività interferenti con la componente ambientale. In tale fase si recepisce e si verificano tutti i dati reperiti e direttamente misurati per la redazione del SIA e si sviluppa l'attività di monitoraggio con un aggiornamento e/o completamento dei dati, anche in relazione ad eventuali prescrizioni;
- *Corso d'opera (CO)*: fase nella quale rientra tutto il periodo in cui vengono eseguite le attività di cantiere per la realizzazione dell'impianto. Sono comprese tutte quelle azioni messe in atto per allestire il cantiere, le lavorazioni per la realizzazione dell'opera, le fasi di smantellamento del cantiere ed il ripristino dei luoghi. I dati che si ricavano in questo arco temporale permettono di comprendere i cambiamenti che si stanno già verificando durante la realizzazione, rispetto alle condizioni statiche di equilibrio dell'areale sottoposto ai lavori all'inizio dei lavori stessi.
- *Post-Operam (PO)*: fase operativa nella quale si effettua il controllo durante la fase di esercizio dell'impianto agrivoltaico la cui realizzazione è già conclusa o durante la sua eventuale fase di dismissione. Questo stadio rappresenta il momento più importante di raccolta dati poiché saranno, questi ultimi, ad essere confrontati con i dati prelevati nella fase AO, nonché i dati che permetteranno di conoscere l'effettiva efficacia delle misure di mitigazione adottate.

Considerato lo sviluppo spaziale delle opere e la durata di realizzazione, è possibile che le tre fasi di monitoraggio si sovrappongono parzialmente, restando peraltro chiaramente distinti i risultati.

Inoltre, per ogni fase devono essere specificati gli strumenti e le modalità utilizzati per svolgere l'attività di monitoraggio, in modo tale che il responso fornito sia chiaro ed efficace e che espliciti nel modo più realistico possibile l'impatto dell'opera di progetto sull'ambiente e sui cittadini.

Le varie fasi hanno le finalità di seguito illustrate:

- Monitoraggio *Ante-Operam*:
 - Di definire lo stato fisico dei luoghi, le caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico esistenti prima dell'inizio delle attività;
 - Di rappresentare la situazione di partenza, rispetto alla quale valutare la sostenibilità ambientale dell'opera, che costituisce termine di paragone per valutare l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione dell'opera;
 - Di consentire la valutazione comparata con i controlli effettuati in corso d'opera, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali.
- Monitoraggio in Corso d'Opera (CO):
 - Di analizzare l'evoluzione di quegli indicatori ambientali, rilevati nello stato iniziale, rappresentativi di fenomeni soggetti a modifiche indotte dalla realizzazione dell'opera, direttamente o indirettamente;
 - Di controllare situazioni specifiche, al fine di adeguare la conduzione dei lavori;
 - Identificare le criticità ambientali, non individuate nella fase AO, che richiedono ulteriori esigenze di monitoraggio.
- Monitoraggio Post-Operam (PO):
 - Di confrontare gli indicatori, definiti nello stato AO, con quelli rilevati nella fase di esercizio dell'opera;
 - Di controllare i livelli di ammissibilità sia dello scenario degli indicatori, definiti nelle condizioni AO, sia degli altri eventualmente individuati in fase di cantierizzazione;
 - Di verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione e compensazione, anche al fine del collaudo.

Infine, per la stesura del Piano di Monitoraggio Ambientale si procede ad effettuare le:

1. Analisi dei documenti di settore, riferimenti normativi e scientifici;
2. Analisi delle diverse matrici ambientali ed i relativi impatti, come descritti nel SIA di Siligo (SS);
3. Individuazione delle matrici più sensibili e perciò meritevoli di monitoraggio;
4. Stesura del PMA individuando, per ogni matrice, gli impatti principali da considerare e monitorare, i metodi di monitoraggio, i parametri oggetto del monitoraggio e le tempistiche.

2 LOCALIZZAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

L'area di impianto sorgerà nella Regione Sardegna, Comune di Siligo (Provincia di Sassari), ubicato geograficamente a Nord-Est del centro abitato del Comune di Siligo, ad una quota altimetrica media di circa 330 s.l.m. L'area per la sua realizzazione non risulta acclive ma piuttosto pianeggiante.

L'area d'interesse per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico a terra ad inseguimento mono-assiale, presenta un'estensione complessiva di circa 92 ha di cui circa 35 ha in cui insiste il campo fotovoltaico e la potenza complessiva massima dell'impianto sarà pari a 29,721 MWp con potenza nominale in A.C. di 27,50 MWp.

L'Area oggetto dell'intervento è ubicata a nord - est del centro abitato del comune di Siligo.

L'Area ricade in zona omogenea "E" - Sottozona "E2a e E2b" con destinazione d'uso agricola - zona di primaria importanza per l'attività agricola.

Le coordinate geografiche del sito sono: Lat. 40.602720°, Long. 8.741937°.

Nello specifico l'Area totale d'intervento (campo fotovoltaico, linea elettrica di connessione alla RTN e ubicazione cabina utenza) riguarderà i seguenti comuni:

- Comune di Siligo (SS) - campo fotovoltaico - estensione complessiva dell'area a disposizione del proponente circa mq 920.799,00 mq - estensione complessiva dell'intervento mq 351.946,00;
- Comuni di Siligo (SS), Ploaghe (SS) e Codrongianos (SS)- Linea elettrica interrata di connessione a 36 kV, della lunghezza complessiva di circa 12.9 km;
- Comune di Ploaghe (SS) - Cabina di utenza- connessione.

Per quanto riguarda le specifiche catastali di seguito si riportano in forma tabellare.

N.	Comune	Foglio dimappa	Particella	Superficie mq
1	Siligo	3	299	104715
2	Siligo	3	100	AA 201946 AB 2148
3	Siligo	3	246	15528
4	Siligo	3	95	AA 48395 AB 11976
5	Siligo	3	300	AA 763 AB 4614
6	Siligo	3	247	AA 9 AB 13
7	Siligo	3	96	856
8	Siligo	10	148	AA 24496 AB 30328
9	Siligo	10	146	14999
10	Siligo	10	84	9200
11	Siligo	10	83	AA 342 AB 258
12	Siligo	10	4	AA 27765 AB 5428
13	Siligo	10	16	AA 193

				AB 1042
14	Siligo	10	17	AA 31267 AB 89
15	Siligo	10	20	AA 8769 AB 5157
16	Siligo	10	15	AA 643 AB 1056
17	Siligo	10	3	AA 1739 AB 1386
18	Siligo	10	276	1751
19	Siligo	10	144	AA 245291 AB 36627
20	Siligo	10	2	23987
21	Siligo	10	13	1267
22	Siligo	11	28	AA 2165 AB 4015
23	Siligo	11	29	AA 6346 AB 2333
24	Siligo	11	30	AA 5790 AB 4123
25	Siligo	11	31	AA 4879 AB 977
26	Siligo	11	32	AA 10688 AB 12840
	TOTALE			920799

Di seguito si riporta l'inquadramento su ortofoto dell'area oggetto d'intervento.



Figure 2-1. Inquadramento su ortofoto dell'area oggetto di intervento

Tutto ciò attiene al parco agrivoltaico.

Per quanto riguarda le opere di connessione del campo fotovoltaico alla rete nazionale, queste sono state elencate da Terna nel "preventivo di connessione" e riguarda la costruzione di una linea elettrica a 36 KV in cavi interrati e necessarie al collegamento di una nuova cabina di connessione (costituita da un blocco prefabbricato), ubicata all'interno dell'area a disposizione del proponente, nel Comune di Siligo (SS), al foglio di mappa n. 25, particella n. 79 alla cabina utente di Terna "Codrongianos 36", nel comune di Ploaghe.

L'elettrodotto interrato della lunghezza di circa 12,9 km uscente dalla cabina d'impianto sarà allacciato, nel comune di Ploaghe (SS), alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in antenna a 36 kV con un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/220/150 kV della RTN "Codrongianos", denominato "Codrongianos 36". Le aree interessate dall'attraversamento dell'elettrodotto interrato e dalle opere di connessione ricadono nei comuni di Siligo (SS), Ploaghe (SS) e Codrongianos (SS).

Lungo tale percorso si dovranno attraversare dei canali d'acqua e dei tratti di sede stradale il superamento dei quali sarà possibile applicando la tecnica del "no dig" o "perforazione teleguidata" che permette la posa in opera di tubazioni e cavi interrati senza ricorrere agli scavi a cielo aperto e senza compromettere il naturale flusso del corso d'acqua e il traffico veicolare. Di seguito delle immagini esplicative della tecnica prevista.

Di seguito delle immagini esplicative delle tecniche previste.

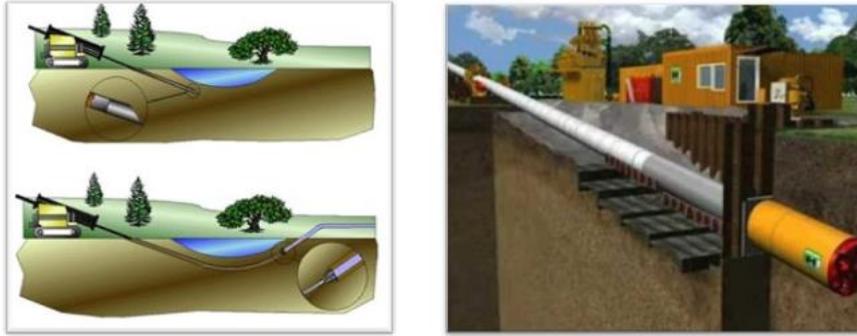


Figure 2-2. Immagini esplicative della perforazione teleguidata

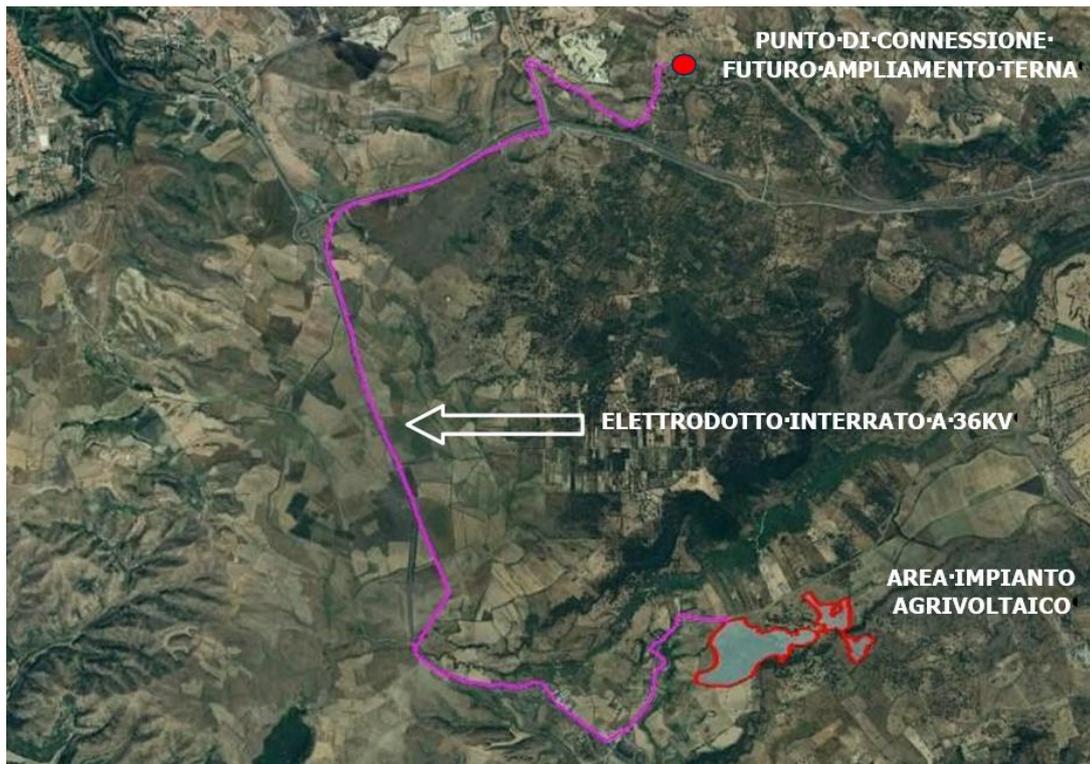


Figure 2-1. Vista d'insieme dell'impianto e delle opere di connessione su base ortofoto

2.1 Dati generali del progetto

Come detto, il progetto di cui trattasi riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra allacciato alla Rete Nazionale secondo il preventivo di connessione rilasciato da Terna.

L'utilizzo delle energie rinnovabili associato ad una cultura della compatibilità agricola, infatti, rappresenta una esigenza crescente sia per i paesi industrializzati che per quelli in via di sviluppo.

I primi necessitano, nel breve periodo, di un uso più sostenibile delle risorse, di una riduzione delle emissioni di gas serra e dell'inquinamento atmosferico, di una diversificazione del mercato energetico e di una sicurezza di approvvigionamento. Per i paesi in via di sviluppo le energie rinnovabili rappresentano una concreta opportunità di sviluppo sostenibile e di sfruttamento dell'energia in aree remote.

In particolar modo l'Unione Europea mira ad aumentare l'uso delle risorse rinnovabili per limitare la dipendenza dalle fonti fossili convenzionali e allo stesso tempo far fronte ai pressanti problemi di carattere ambientale che sono generati dal loro utilizzo.

Negli ultimi decenni, i cambiamenti che il sistema climatico terrestre sta subendo su scala globale rappresentano una problematica di crescente rilievo. Col termine "cambiamenti climatici globali" si fa riferimento ad una serie di eventi principalmente legati all'innalzamento della temperatura superficiale del pianeta, fenomeno a sua volta dovuto all'eccessiva emissione dei cosiddetti "gas-serra". Dal punto di vista fisico, tali composti gassosi hanno la proprietà di bloccare la radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre. Poiché la radiazione maggiormente riflessa è quella infrarossa ad elevata lunghezza d'onda e ricca di calore, tale fenomeno, noto come "effetto serra", genera un innalzamento della temperatura negli strati bassi dell'atmosfera. In realtà, l'effetto serra, che sfrutta la capacità di alcuni gas atmosferici di comportarsi proprio come i teli o i vetri di un'immensa serra, è un processo naturale che, nel corso della coevoluzione tra biosfera e geosfera, ha reso possibile la vita sul pianeta. Infatti, in sua assenza, la temperatura media annuale sul pianeta, attualmente pari a circa 15°C, si abbasserebbe di parecchi gradi al di sotto dello zero (circa -18°C), ben oltre il limite compatibile con la vita. Tuttavia, in epoca industriale, le continue emissioni di natura antropica di gas-serra hanno aumentato l'effetto serra, causando una serie di squilibri che, nel loro insieme, caratterizzano i cambiamenti climatici globali. L'anidride carbonica (CO₂) rappresenta il più importante gas serra, in virtù della sua crescente concentrazione atmosferica, assieme al metano (CH₄), agli ossidi di azoto (NO_x), ai clorofluorocarburi (CFC) e all'ozono troposferico (degli strati bassi dell'atmosfera (O₃). Qualsiasi processo di combustione, nel quale vengano impiegati combustibili fossili (greggio petrolifero, gas naturale e carbone), produce, inevitabilmente, una certa quantità di CO₂, pertanto, le principali emissioni di questo gas sono legate al traffico veicolare, al riscaldamento domestico, alle centrali termoelettriche e ad impianti industriali di vario genere. Accanto a tali tipologie di inquinamento, esistono altri processi, anch'essi fortemente di origine antropica, che contribuiscono ad incrementare la quantità di CO₂ nell'atmosfera, come ad esempio la deforestazione. Tale pratica, seppur non produca direttamente CO₂, contribuisce in maniera rilevante a mantenerne un'elevata concentrazione nell'atmosfera, riducendo la quantità di tale gas assorbito ed organizzato dalla vegetazione forestale.

Il Decreto Legislativo del 29 dicembre 2003 n. 387 recepisce la direttiva 2001/77/CE e introduce una serie di misure volte a superare i problemi connessi al mercato delle diverse fonti di energia rinnovabile.

Quello dell'utilizzo delle fonti rinnovabili è diventato, negli ultimi tempi, un obiettivo di indiscussa necessità, il tutto per favorire lo sviluppo dell'economia "green" e promuovere, allo stesso tempo, una riduzione delle emissioni nocive in atmosfera e incrementare lo "sviluppo sostenibile", quest'ultimo traguardo di tutte le principali comunità mondiali.

Gli impegni assunti dall'Italia in ambito internazionale, anche di recente costituzione, impongono al nostro paese di attuare degli interventi urgenti al fine di ridurre le emissioni di CO₂ e di incentivare al contempo l'uso di fonti energetiche rinnovabili, tra cui anche il solare fotovoltaico, associandolo a impianti paralleli (come quelli agricoli), tali da perseguire obiettivi di rispetto ambientale e continuità produttiva dei suoli interessati.

Il progetto di un impianto fotovoltaico (FV) per la produzione di energia elettrica ha degli evidenti effetti positivi sull'ambiente e sulla riduzione delle emissioni di CO₂ se si suppone che questa sostituisca la generazione da fonti energetiche convenzionali.

Sono infatti impianti modulari che sfruttano l'energia solare convertendola direttamente in energia elettrica.

Il fotovoltaico è una tecnologia che capta e trasforma l'energia solare direttamente in energia elettrica, sfruttando il cosiddetto effetto fotovoltaico. Questo si basa sulla proprietà che hanno alcuni materiali semiconduttori opportunamente trattati (fra cui il silicio, elemento molto diffuso in natura), di generare elettricità quando vengono colpiti dalla radiazione solare, senza l'uso di

alcun combustibile.

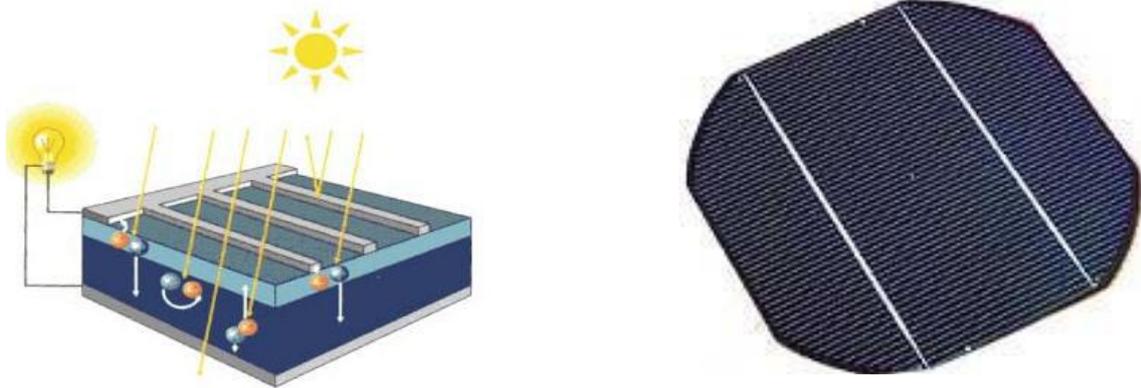


Figure 2-3. Schema di funzionamento e foto di una cella fotovoltaica

Il dispositivo più elementare capace di operare la conversione dell'energia solare in energia elettrica è la cella fotovoltaica, una lastra di materiale semiconduttore (generalmente silicio) di forma quadrata e superficie di 100 cm² che genera una piccola differenza di potenziale tra la superficie superiore (-) e inferiore (+) e che tipicamente eroga 1-1,5 W di potenza quando è investita da una radiazione di 1000 W/mq (condizioni standard di irraggiamento). La radiazione solare incidente sulla cella è in grado di mettere in movimento gli elettroni interni al materiale, che quindi si spostano dalla faccia negativa a quella positiva, generando una corrente continua. Un dispositivo, l'inverter, trasforma la corrente continua in alternata.

Le celle sono connesse tra loro e raggruppate in elementi commerciali unitari strutturati in maniera da formare delle superfici più grandi, chiamati moduli, costituiti generalmente da 60-72 celle.

L'insieme di moduli collegati prima in serie (stringhe) e poi in parallelo costituiscono il campo o generatore FV che, insieme ad altri componenti come i circuiti elettrici di convogliamento, consente di realizzare i sistemi FV.

La corrente elettrica prodotta aumenta con la radiazione incidente e la ricerca scientifica in questo settore sta lavorando molto sia sull'aumento dell'efficienza della conversione sia sulla ricerca di materiali meno costosi.

Si tratta di un sistema "sostenibile" molto promettente in continua evoluzione con la sperimentazione e l'utilizzo di nuovi materiali e nuove tecnologie.

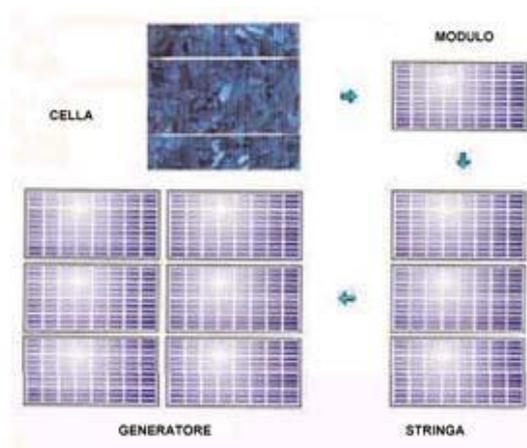


Figure 2-4. Struttura impianto fotovoltaico

La struttura del sistema fotovoltaico può essere molto varia a seconda del tipo di applicazione. Una prima distinzione può essere fatta tra sistemi isolati (stand-alone) e sistemi collegati alla rete (grid-connected); questi ultimi a loro volta si dividono in centrali fotovoltaiche e sistemi integrati negli edifici.

Nei sistemi fotovoltaici isolati l'immagazzinamento dell'energia avviene, in genere, mediante degli accumulatori elettrochimici (tipo le batterie delle automobili). Nei sistemi grid-connected invece tutta la potenza prodotta viene immessa in rete.

I vantaggi dei sistemi fotovoltaici sono la modularità, le esigenze di manutenzione ridotte, la semplicità d'utilizzo, e, soprattutto, un impatto ambientale estremamente basso. In particolare, durante la fase di esercizio, l'unico vero impatto ambientale è rappresentato dall'occupazione di superficie, impatto che, negli ultimi anni, si è venuto a ridurre drasticamente dato lo sviluppo anche di impianti agricoli "interconnessi" con l'impianto fotovoltaico che consentono la continuità agricola delle superfici in parallelo alla produzione di energia elettrica "green". Tali caratteristiche rendono la tecnologia fotovoltaica particolarmente adatta all'integrazione negli edifici in ambiente urbano e industriale o all'utilizzo di aree rurali con assenza di elementi di particolar pregio e/o già compromesse dalla presenza di manufatti con caratteristiche di non ruralità e già ampiamente antropizzate. I benefici ambientali ottenibili dall'adozione di sistemi FV sono proporzionali alla quantità di energia prodotta, supponendo che questa vada a sostituire l'energia altrimenti fornita da fonti convenzionali.

Gli impianti fotovoltaici sono inoltre esenti da vibrazioni ed emissioni sonore e se ben integrati, non deturpano l'ambiente ma consentono di riutilizzare e recuperare superfici e spazi altrimenti inutilizzati.

Inoltre la produzione massima si ha nelle ore diurne, quando c'è maggiore richiesta di energia, alleggerendo la criticità del sistema elettrico.

Gli impianti fotovoltaici si distinguono inoltre in sistemi fissi e ad inseguimento. In un impianto fotovoltaico fisso i moduli vengono installati direttamente su tetti e coperture di edifici mediante ancoraggi oppure al suolo su apposite strutture. Gli impianti fotovoltaici ad inseguimento sono la risposta più innovativa alla richiesta di ottimizzazione della resa di un impianto fotovoltaico.

Poiché la radiazione solare varia nelle diverse ore della giornata e nel corso delle stagioni, gli inseguitori solari sono strutture che seguono i movimenti del sole, orientando i moduli per ottenere sempre la migliore esposizione e beneficiare della massima captazione solare.

Attualmente esistono in commercio due differenti tipologie di inseguitori:

- inseguitori ad un asse: il sole viene "inseguito" esclusivamente o nel suo movimento giornaliero (est/ovest, azimut) o nel suo movimento stagionale (nord/sud, tilt). Rispetto a un impianto fisso realizzato con gli stessi componenti e nello stesso sito, l'incremento della produttività del sistema su scala annua si può stimare dal +5% (in caso di movimentazione sul tilt) al +25% (in caso di movimentazione sull'azimut);

- inseguitori a due assi: qui l'inseguimento del Sole avviene sia sull'asse orizzontale in direzione est-ovest (azimut) sia su quello verticale in direzione nord-sud (tilt). Rispetto alla realizzazione su strutture fisse l'incremento di produttività è del 35-40% su scala annua, con picchi che possono raggiungere il 45-50% con le condizioni ottimali del periodo estivo, ma con costi di realizzazione e gestione ancora piuttosto alti.

L'energia solare è dunque una risorsa pulita e rinnovabile con numerosi vantaggi derivanti dal suo sfruttamento attraverso impianti fotovoltaici di diverso tipo (ambientali, sociali, economici, etc) e possono riassumersi in:

- assenza di qualsiasi tipo di emissioni inquinanti;
- risparmio di combustibili fossili;

- affidabilità degli impianti;
- costi di esercizio e manutenzione ridotti;
- modularità del sistema.

L'impianto in oggetto è di tipo a terra ad inseguimento solare mono-assiale, non integrato, da connettere alla rete (grid-connected) in modalità trifase in media tensione (MT).

Si tratta di impianti a inseguimento solare con moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, montati in configurazione unifilare su strutture metalliche (tracker) aventi un asse rotante (mozzo) per permettere l'inseguimento solare.

Per le caratteristiche dell'impianto agrivoltaico in progetto si rimanda agli elaborati tecnici.



Figure 2-5. Rappresentazione grafica su base catastale dell'impianto agrivoltaico

Per garantire la sicurezza dell'impianto, l'area di pertinenza sarà delimitata da una recinzione con rete metallica integrata da un impianto d'illuminazione, da un impianto di allarme antintrusione e di videosorveglianza.

Tale recinzione costituirà anche la delimitazione dell'intera area oggetto delle operazioni di cantiere. Tale recinzione sarà costituita da montanti metallici disposti ad interasse di ml. 2,00 con rete metallica interposta e rinforzata da controventature, anch'esse in profilati metallici.

I montanti saranno infissi direttamente nel terreno senza alcuna opera interrata; l'altezza totale della recinzione sarà pari a ml. 2,30 fuori terra.

La recinzione verrà arretrata, nelle zone in cui insistono fasce di rispetto stradale e/o di vincolo, per permettere l'inserimento di essenze floreali e/o alberature di schermatura tali da mitigare gli effetti visivi (potrebbero utilizzarsi anche le essenze già presenti qualora non costituiscano interferenza nella realizzazione delle opere di recinzione). In questo modo si potrà perseguire l'obiettivo di costituire una barriera visiva per un miglior inserimento paesaggistico dell'impianto.

Il tipo di recinzione sopra descritto è rappresentato nel particolare seguente:

SCHEMA RECINZIONE

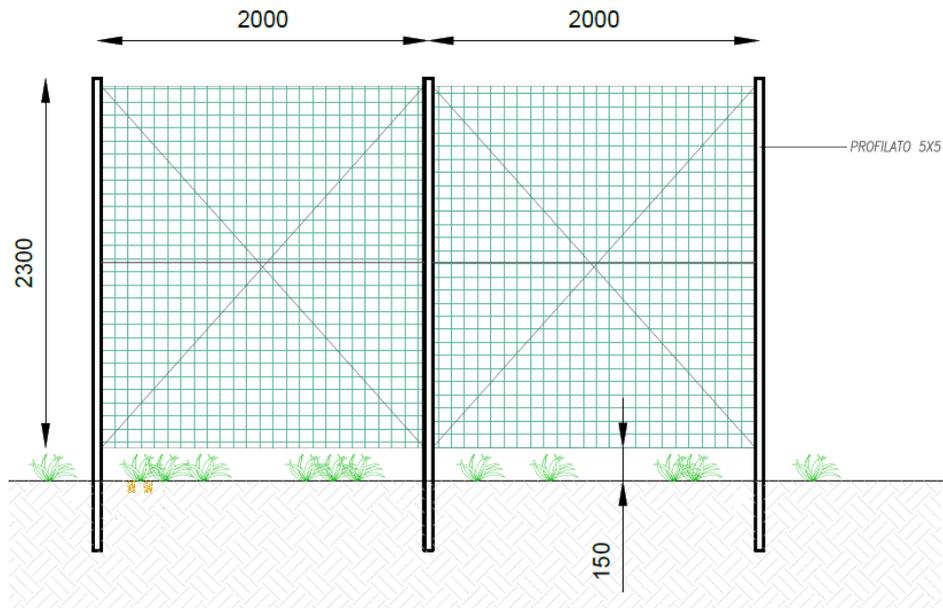


Figure 2-6. Particolare opera di recinzione

Al fine di permettere alla piccola fauna presente nella zona di utilizzare l'area di impianto, sono previsti dei ponti ecologici consistenti nell'innalzamento di cm. 15 dell'intera rete perimetrale dei sottocampi rispetto al piano campagna, come da figura precedente.

Progetto agri-fotovoltaico e annesso impianto adibito a pascolo - caratteristiche generali

L'agroforestazione (agroforestry) o agroselvicultura è l'insieme dei sistemi agricoli che vedono la coltivazione di specie arboree e/o arbustive perenni, consociate a seminativi e/o pascoli, nella stessa unità di superficie.

Tali sistemi rappresentano la più comune forma di uso del suolo nei paesi della fascia tropicale ed equatoriale. Nei paesi ad agricoltura intensiva, quali quelli dell'UE, a partire dagli anni '50-'60 dello scorso secolo, la meccanizzazione agricola e la tendenza alla monocoltura hanno determinato una drastica riduzione dei sistemi agroforestali che erano invece la norma in passato (es. seminativi arborati, pascoli arborati, ecc.). Sistemi tradizionali sono ancora presenti in vaste aree dei paesi del Mediterraneo, tra cui l'Italia, soprattutto nelle aree più marginali e meno vocate all'agricoltura intensiva.

Poiché l'agro-forestazione si identifica nella realizzazione consociata di attività produttive diverse, la scelta delle tecniche agronomiche da realizzare in tali impianti deve fare in modo che il connubio fra specie arboree e specie erbacee generi vantaggi attesi in termini produttivi, ecologici e di uso efficiente delle risorse natura.

L'agro-forestazione è ad oggi una pratica con benefit in termini di "green policy". Al fine anche di mitigare l'impatto paesaggistico, la scelta della tipologia di agro-forestazione da applicare è ricaduta sui "Sistemi lineari" nelle aree perimetrali all'impianto fotovoltaico in proposta, costituiti da siepi ed alberi intervallati a distanza regolare.

L'impianto agrivoltaico sarà affiancato da un impianto adibito a pascolo, come da stato attuale, in modo da preservare l'attività pastorizia e garantendo una buona manutenzione del manto erboso per l'impianto fotovoltaico e un maggiore benessere per gli ovini grazie

all'ombreggiamento nelle ore più calde.

Comunque si rimanda alla relazione specialistica allegata alla presente per i dettagli di tale impianto. Tutto ciò per quanto riguarda l'agrivoltaico e l'impianto adibito a pascolo proposto nel presente progetto.

Per quanto riguarda la piantumazione delle essenze arboree atte alla mitigazione dell'impianto, queste saranno del tipo autoctone, mentre per la restante superficie, per tenere conto delle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali, alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale, saranno utilizzate piantumazioni che tengono conto delle coltivazioni già in uso sulla superficie oggetto dell'intervento.

Inoltre si utilizzeranno le essenze arboree previste per migliorare la qualità dell'aria ivi presente. Quando si parla di inquinamento ci si riferisce ai possibili effetti negativi sulla vita e sulla salute umana. Spesso ci si dimentica, però, che le modificazioni ambientali dovute alla produzione e all'emissione di sostanze nocive da parte dell'uomo riguardano tutti gli organismi, vegetali inclusi. E poiché la nostra vita dipende interamente dalle piante (ce ne nutriamo e se ne cibano gli animali che alleviamo, ci curano dalle malattie, ci vestono, ecc.) forse dovremmo soffermarci maggiormente su questo aspetto. Le piante, infatti, risentono dell'inquinamento ambientale ma possono anche influire positivamente sui danni che da esso derivano o addirittura attenuarne gli effetti.

Da decenni la sensibilità delle piante alla presenza di inquinanti viene studiata per mettere a punto sistemi di monitoraggio della qualità di aria ed acque. Questi metodi sono basati sulla conoscenza delle caratteristiche di resistenza alle sostanze tossiche inquinanti da parte di alcune specie e sulla valutazione della presenza o assenza (oppure anche delle alterazioni strutturali, morfologiche, fisiologiche in qualche modo misurabili) di tali specie in una data area.

Inoltre vi sono evidenze relative a meccanismi diretti che vedono le piante come agenti efficaci della mitigazione degli effetti dell'inquinamento. Alcune specie resistenti agli inquinanti, infatti, possono agire come elementi di riduzione di queste stesse sostanze in ambiente urbano perché sono in grado di eliminarle tramite assorbimento e successiva metabolizzazione. Ciò è possibile perché durante il giorno le foglie, oltre ad emettere ossigeno e assorbire anidride carbonica attraverso gli stomi, possono anche assorbire, sempre attraverso gli stomi, gas inquinanti come ozono (O₃), monossido di carbonio (CO), biossido d'azoto (NO₂) e anidride solforosa (SO₂). Tale rimozione avviene a livello della superficie fogliare e nei tessuti vegetali ed è specifica per ogni specie vegetale.

Il potenziale di riduzione dell'inquinamento da parte delle piante è ancora più evidente se si considera che gli alberi (così come le siepi e i cespugli) intercettano e sequestrano le polveri sottili presenti nell'atmosfera. Ciò grazie all'ampia superficie fogliare che essi espongono all'aria, dove fungono da veri e propri filtri. È stato appurato che, nell'ambito del complesso fenomeno della deposizione del particolato, piante con rami densi, fogliame fitto e foglie numerose e rugose o frastagliate hanno un elevatissimo effetto filtrante e di abbattimento delle polveri.

Un altro ambito di utilizzo delle piante come elemento di ausilio nella mitigazione dell'inquinamento ambientale è quello relativo alla fitoremediation, ovvero all'impiego dei vegetali come sistemi di detossificazione di acque e suoli inquinati.



Figura 2-2. Immagini di un impianto agri-voltaico con annesso impianto adibito a pascolo

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

3.1 Normative di riferimento comunitarie europee

Per quanto riguarda le direttive di riferimento comunitarie sono incluse, in prima istanza, la *Direttiva 96/61/CE* concernente la prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento per talune attività industriali ed agricole, sostituita dalla direttiva 2008/1/CE ed oggi confluita nella direttiva 2010/75/UE sulle emissioni industriali, come seconda c'è la *Direttiva 2001/42/CE* sulla Valutazione Ambientale Strategica (VAS) di Piani e Programmi.

Entrambe le direttive hanno introdotto il MA rispettivamente come parte integrante del processo di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) per l'esercizio di un impianto e di controllo sui significativi impatti generati nei confronti dell'ambiente e derivanti dall'attuazione dei Piani e dei Programmi.

Grazie alla Direttiva 96/61/CE sono stati introdotti i principi generali del MA definiti come "*General Principles of Monitoring*" nel *Best Reference Document*, per assolvere agli obblighi previsti dalla direttiva, relativamente ai requisiti di monitoraggio delle emissioni industriali alla fonte.

Seppur con diverse finalità e specificità rispetto alla VIA, il citato documento sui Principi Generali contiene alcuni criteri di carattere generale quali l'ottimizzazione dei costi, rispetto agli obiettivi, la valutazione del grado di affidabilità dei dati e comunicazione dei dati.

La direttiva 2011/92/UE sulla VIA, modificata dalla direttiva 2014/52/UE introducendo importanti novità in merito al MA che viene riconosciuto come strumento finalizzato al controllo degli effetti negativi significativi sull'ambiente, effetti provenienti dalla costruzione e dall'esercizio dell'opera, all'individuazione di eventuali effetti negativi significativi, imprevisti, e all'adozione di opportune misure correttive.

Inoltre, la direttiva 2014/52/UE stabilisce che il monitoraggio:

- Non deve duplicare eventuali monitoraggi ambientali già previsti da altre normative pertinenti, che siano comunitarie o nazionali, al fine di evitare oneri ingiustificati; per tale scopo è possibile ricorrere a meccanismi di controllo esistenti derivanti da altre normative comunitarie o nazionali;
- È parte della decisione finale che ne va a definire le specificità (parametri da monitorare e durata del monitoraggio) in maniera adeguata e proporzionale alla natura, localizzazione e dimensione del progetto e all'incidenza dei suoi effetti sull'ambiente.

3.2 Normative di riferimento nazionali

Il D.P.C.M. del 27 dicembre 1988 recante "Norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità ambientale" tutt'ora richiamato nell'attuale impianto normativo in virtù dell'art.34, comma 1 del D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., nelle more dell'emanazione di nuove norme tecniche, prevede che "[...] la definizione degli strumenti di gestione e di controllo e, ove necessario, le reti di monitoraggio ambientale, documentando la localizzazione dei punti di misura e i parametri ritenuti opportuni" costituisca parte integrante del Quadro di Riferimento Ambientale (Art. 5, lettera e).

Il *D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.* va a consolidare la finalità del MA, attribuendone la valenza di vera e propria fase del processo di VIA che si realizza in una fase successiva all'informazione sulla decisione (*art.19, comma 1, lettera h*).

Nella Parte Seconda di tale D.lgs. viene individuato il MA (*art.22, lettera e*); punto 5-bis dell'Allegato VII in cui è definito come "*descrizione delle misure previste per il monitoraggio*" facente parte dei contenuti del SIA, documentato quindi dal proponente nell'ambito delle analisi

e delle valutazioni contenute nella procedura SIA stessa.

Il D.lgs. 163/2006 e *ss.mm.ii.* regola la procedura VIA per le opere strategiche di preminente interesse nazionale (Legge Obiettivo 443/2001) definendo per i diversi livelli di progettazione (preliminare, definitiva, esecutiva) i contenuti specifici del MA.

Ai sensi dell'Allegato XXI (Sezione II) al D.lgs. 163/2006 e *ss.mm.ii.*:

- Il Progetto di Monitoraggio Ambientale rappresenta parte integrante del progetto definitivo (art.8, comma 2, lettera g);
- La relazione generale definitiva del progetto "riferisce in merito ai criteri in base ai quali si è operato per la redazione del progetto di monitoraggio ambientale con particolare riferimento per ciascuna componente impattata e con la motivazione per l'eventuale esclusione di taluna di esse" (art.9, comma 2, lettera i);
- Sono specificati i criteri per la redazione del PMA per le opere soggette a VIA in sede Statale e comunque ove richiesto (art.10, comma 3):
 - a) Il Progetto di Monitoraggio Ambientale deve esporre i contenuti, i criteri, le metodologie, l'organizzazione e le risorse che verranno successivamente impiegate per attuare il Piano di Monitoraggio Ambientale, definito come il gruppo di controlli da dover effettuare mediante rilevazione e misurazione dell'evoluzione nel tempo di determinati parametri di carattere biologico, chimico e fisico che contrassegnano le componenti ambientali influenzate dalla realizzazione e/o dall'esercizio delle opere;
 - b) Il PMA deve conformarsi alle prescrizioni introdotte nel citato D.M. 1° aprile 2004 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Dovranno essere adottati tecnologie e sistemi innovativi ivi previsti. Secondo quanto stabilito dalle Linee Guida rilasciatoi dal ex-MATTM in collaborazione con il ex-MiC, nella redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale devono essere fedelmente rispettate le fasi progettuali di seguito riportate:
 - Analisi del documento di riferimento e pianificazione delle attività di progettazione;
 - Definizione del quadro informativo esistente;
 - Identificazione ed aggiornamento dei riferimenti normativi e bibliografici;
 - Scelta delle componenti ambientali;
 - Scelta delle aree da monitorare;
 - Strutturazione delle informazioni;
 - Programmazione delle attività.

4 PROPOSTA DI MONITORAGGIO

4.1 Obiettivi generali e requisiti del PMA

Il Piano di Monitoraggio Ambientale relativo all'impianto agrivoltaico **"in Progetto"** persegue i seguenti obiettivi generali:

- verificare la conformità alle previsioni di impatto ambientale individuate nel SIA (fase di costruzione e di esercizio);
- correlare gli stati ante-operam, in corso d'opera e post-operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione;
- garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale;
- verificare l'efficacia delle misure di mitigazione;
- fornire gli elementi di verifica necessari per la corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio;
- effettuare, nelle fasi di costruzione e di esercizio, gli opportuni controlli sull'esatto adempimento dei contenuti e delle eventuali prescrizioni e raccomandazioni formulate nel provvedimento di compatibilità ambientale.

Tali obiettivi verranno raggiunti attraverso il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e microbiologici del suolo (tessitura, pH, calcare totale, calcare attivo, sostanza organica, CSC, N totale, P assimilabile, conduttività elettrica, Ca scambiabile, K scambiabile, Mg scambiabile, rapporto Mg/K, Carbonio e Azoto della biomassa microbica) che descriva metodi di analisi, ubicazione dei punti di misura e frequenza delle rilevazioni durante la vita utile dell'impianto, e il monitoraggio del rumore prodotto nella fase di cantiere ed esercizio.

4.2 Requisiti del Piano di Monitoraggio Ambientale

Il PMA deve soddisfare i seguenti requisiti:

1. Prevedere il coordinamento delle attività di monitoraggio previste "ad hoc" con quelle degli Enti territoriali ed ambientali che operano nell'ambito della tutela e dell'uso delle risorse ambientali;
2. Essere coerente con il SIA relativo all'opera interessata dal MA. Eventuali modifiche e la non considerazione di alcune componenti devono essere evidenziate e sinteticamente motivate;
3. Contenere la programmazione dettagliata spazio-temporale delle attività di monitoraggio e definizione degli strumenti;
4. Indicare le modalità di rilevamento e uso della strumentazione coerente con la normativa vigente;
5. Prevedere meccanismi di segnalazione tempestiva di eventuali insufficienze e anomalie;
6. Prevedere l'utilizzo di metodologie validate e di comprovato rigore tecnico-scientifico;
7. Individuare parametri ed indicatori facilmente misurabili ed affidabili, nonché rappresentativi delle varie situazioni ambientali;
8. Definire la scelta del numero, delle tipologie e della distribuzione territoriale delle stazioni di misura in modo rappresentativo delle possibili entità delle interferenze e delle sensibilità/criticità dell'ambiente interessato;
9. Prevedere la frequenza delle misure adeguate alle componenti che si intendono monitorare;
10. Prevedere l'integrazione della rete di monitoraggio con le reti di monitoraggio esistenti;
11. Prevedere la restituzione periodica programmata e su richiesta delle informazioni e dei dati in maniera strutturata e georeferenziata, di facile utilizzo ed aggiornamento, e con possibilità sia di correlazione con eventuali elaborazioni modellistiche, sia di confronto

con i dati previsti nel SIA;

12. Prevenire ad un dimensionamento del monitoraggio proporzionato all'importanza e all'impatto dell'Opera. Il PMA focalizzerà modalità di controllo indirizzate su parametri e fattori maggiormente significativi, la cui misura consenta di valutare il reale impatto della sola Opera specifica sull'ambiente. Priorità sarà attribuita all'integrazione quali-quantitativa di reti di monitoraggio esistenti che consentano un'azione di controllo duratura nel tempo;
13. Definire la struttura organizzativa preposta all'effettuazione del MA;
14. Identificare e dettagliare il costo del monitoraggio per le varie componenti ambientali e per le tre fasi, tenendo conto anche degli imprevisti.

4.3 Identificazione delle componenti

Le componenti ed i fattori ambientali ritenuti significativi, che sono stati analizzati all'interno della presente relazione, sono così intesi ed articolati:

- atmosfera: qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica;
- suolo: inteso sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame ed anche come risorsa non rinnovabile;
- rumore: considerato in rapporto all'ambiente umano;

La documentazione sarà standardizzata in modo da rendere immediatamente confrontabili le tre fasi di monitoraggio ante - operam, in corso d'opera e post - operam.

A tal fine il PMA è pianificato in modo da poter garantire:

- il controllo e la validazione dei dati;
- l'archiviazione dei dati e l'aggiornamento degli stessi;
- confronti, simulazioni e comparazioni;
- le restituzioni tematiche;

4.1 Struttura organizzativa preposta all'effettuazione del monitoraggio ambientale

In considerazione del numero e delle articolazioni delle attività di monitoraggio ambientale è necessario che venga definita la struttura organizzativa prevista per lo svolgimento e la gestione di tutte le attività di monitoraggio, per l'intera durata dello stesso.

In questa struttura deve essere individuata la figura del Responsabile Ambientale.

Viene inoltre riportato un elenco con le principali competenze specialistiche da prevedere per ciascuna componente e/o fattore ambientale.

COMPONENTE	FATTORE	COMPETENZE SPECIALISTICHE
ATMOSFERA E CLIMA	Modifiche climatiche	Qualità dell'aria Modellistica Meteorologia
	Rilascio inquinanti in atmosfera	Fisica/chimica dell'atmosfera
	Modifiche chimico-fisico-biologiche acque sotterranee	Biologia
SUOLO	Modifiche pedologiche	Agronomia Pedologia
	Modifiche di destinazione dell'uso del suolo	Geologia
	Instabilità dell'area dal punto di	Idrogeologia

	vista sismico	Geotecnica
VEGETAZIONE E USO DEL SUOLO	Perdita permanente di superficie vegetata	Scienze forestali
	Perdita temporanea di vegetazione	Zoologia
	Sottrazione permanente di superficie agricola	Biologia
	Alimentazione di energia elettrica	Botanica Agronomia Pedologia Telerilevamento
PAESAGGIO	Modifica della percezione dei siti naturali e storico-culturali	Architettura del paesaggio Sociologia dell'ambiente e del territorio

4.2 Fasi della redazione del PMA

Per la corretta redazione del PMA relativo all'impianto agri-agrivoltaico in progetto (condotta in riferimento alla documentazione relativa al Progetto Definitivo e allo Studio di Impatto Ambientale) si è proceduti a:

- analisi dei documenti di riferimento e definizione del quadro informativo esistente;
- identificazione ed aggiornamento dei riferimenti normativi e bibliografici;
- scelta delle componenti ambientali;
- scelta delle aree da monitorare.

5 CRITERI SPECIFICI DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE PER LE SINGOLE COMPONENTI E/O FATTORI

5.1 Atmosfera e clima

Il PMA è finalizzato a caratterizzare la qualità dell'aria durante le diverse fasi operative mediante rilevazioni strumentali, focalizzando l'attenzione sugli inquinanti direttamente o indirettamente immessi nell'atmosfera.

Unitamente al monitoraggio dei parametri chimici (inquinanti atmosferici) è necessario effettuare il monitoraggio dei parametri meteorologici che caratterizzano lo stato del clima locale, nonché un aspetto di fondamentale importanza per effettuare una corretta analisi e/o previsione delle modalità di diffusione e trasporto degli inquinanti atmosferici.

Sulla base del SIA, l'impianto agrivoltaico non rilascia sostanze inquinanti in atmosfera, ma va valutato il fenomeno d'innalzamento delle polveri e produzione di gas, generati dal transito dei mezzi di trasporto usati durante la fase di cantiere per l'approvvigionamento dei materiali e per le operazioni di scavo.

Nella fase di realizzazione dell'opera il monitoraggio è direttamente correlato all'avanzamento dei lavori di cantierizzazione, pertanto il PMA è stato elaborato coerentemente con le informazioni contenute nel piano di cantierizzazione dell'opera, con particolare riferimento alla distribuzione spaziale e temporale delle diverse attività di cantiere ed alle specifiche modalità operative, tecniche e gestionali, di realizzazione dell'opera.

5.1.1 Identificazione degli impatti da monitorare

Nella scelta delle aree oggetto dell'indagine si fa riferimento ai diversi livelli di criticità dei singoli parametri, con particolare riferimento a:

- Tipologia dei recettori;
- Localizzazione dei recettori;
- Morfologia del territorio interessato.

Gli impatti sull'atmosfera connessi alla presenza del cantiere per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico sono collegati alle lavorazioni relative alle attività di scavo a sezione obbligata e che interessa solo la coltre superficiale del substrato areato in posto, ed alla movimentazione di piccole porzioni di terreno che serviranno a livellare alcune aree all'interno del sito per creare delle zone omogenee ed uniforme, oltre al transito dei mezzi pesanti e di servizio, che in determinate circostanze, specie durante la fase di cantiere possono causare il sollevamento di polvere (originata dalle suddette attività) oltre a determinare l'emissione di gas di scarico nell'aria.

Per quanto riguarda la fase di cantiere le azioni di lavorazione maggiormente responsabili delle emissioni sono:

- Operazioni di scotico delle aree di cantiere;
- Movimentazione dei materiali sulla viabilità ordinaria e di cantiere, con particolare riferimento alle attività dei mezzi d'opera nelle aree di stoccaggio;
- Formazione della viabilità di servizio ai cantieri.

Dalla realizzazione ed esercizio della viabilità di cantiere derivano altre tipologie di impatti ambientali:

- Dispersione e deposizione al suolo di polveri in fase di costruzione;
- Dispersione e deposizione al suolo di frazioni del carico di materiali incoerenti trasportati dai mezzi pesanti;

- Risollevarmento delle polveri depositate sulle sedi stradali o ai margini delle stesse.

Le maggiori problematiche sono generalmente determinate dal risollevarmento di polveri dalle pavimentazioni stradali dovuto al transito dei mezzi pesanti, dal risollevarmento di polveri dalle superfici sterrate dei piazzali ad opera del vento e da importanti emissioni di polveri localizzate nelle aree di deposito degli inerti.

I punti di monitoraggio vengono individuati considerando come principali bersagli dell'inquinamento atmosferico recettori isolati particolarmente vicini al tracciato stradale e centri abitati o piccole frazioni o eventualmente case sparse disposti in prossimità dello stesso.

In generale si possono individuare 4 possibili tipologie di impatti:

- Inquinamento dovuto alle lavorazioni in prossimità dei cantieri;
- Inquinamento prodotto dal traffico dei mezzi di cantiere;
- Inquinamento dovuto alle lavorazioni effettuate sul fronte avanzamento lavori;
- Inquinamento prodotto dal traffico veicolare della strada in esercizio.

I punti di monitoraggio possono essere collocati seguendo i criteri sottoelencati:

- Verifica della presenza di altri recettori nelle immediate vicinanze in modo da garantire una distribuzione dei siti di monitoraggio omogenea rispetto alla lunghezza del tratto stradale;
- Possibilità di posizionamento del mezzo in aree circostanti e rappresentative della zona inizialmente scelta;
- Copertura di tutte le aree recettore individuate lungo il tracciato;
- Posizionamento in prossimità di recettori ubicati lungo infrastrutture stradali esistenti.

Parametri da rilevare

I parametri da rilevare possono essere suddivisi in due categorie:

- Parametri meteorologici: Consistono in tutti quei parametri che vanno a caratterizzare il clima di un territorio, velocità e direzione del vento, pressione atmosferica, temperature dell'aria, umidità relativa e assoluta, precipitazioni atmosferiche, radiazione solare globale e diffusa.
- Parametri qualità dell'aria: Consistono in quei parametri che vanno a misurare la composizione degli elementi nell'aria, specialmente quelli che condizionano la salute pubblica e della vegetazione, per tale motivo la legislazione vigente, D. Lgs.155/2010 e *ss.mm.ii.*, stabilisce valori limite di concentrazione. Gli elementi da rilevare sono: CO, NOx, NO2, SO2, C6H6, PM10, PM2.5, Pb, As, Ni, Cd, Benzo(a) pirene, O3.

5.1.2 Monitoraggio dei parametri microclimatici

Per il monitoraggio dei parametri microclimatici sarà prevista l'installazione di una Stazione agrometeorologica completa, completa di sensori per il rilevamento di:

- - Radiazione solare globale;
- - Anemometro;
- - Termo-igrometro;
- - Bagnatura fogliare;
- - Barometro.

La centralina verrà posizionata in prossimità della parte centrale dell'**Area Impianto**, in modo baricentrica rispetto all'area totale dell'impianto. Dato che i parametri da rilevare non presentano particolari variazioni su brevi distanze, non sarà necessario installare altre unità di rilevamento. La stazione agrometeorologica acquisirà dati giornalieri e questi verranno immagazzinati in un cloud per essere visualizzati da remoto.

I punti di misura dovranno essere collocati ad un'altezza dal suolo significativa affinché i dati rilevati siano rappresentativi delle modifiche determinate dall'impianto sul microclima.

I dati rilevati saranno elaborati, per ogni punto e per ogni parametro, al fine di ottenere l'andamento annuale del valore misurato.

In particolare, il monitoraggio riguarderà:

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

Tale monitoraggio viene effettuato per tutta la durata di vita dell'impianto agrivoltaico, con la possibilità di comunicare i dati agli enti competenti ed eventualmente ai progettisti con report annuali.

5.1.3 Articolazione temporale

Ante-operam (AO)

Per la caratterizzazione climatica in fase ante-operam si fa affidamento a dati ottenuti da stazioni locali già presenti sul territorio. Tali dati saranno integrati con la stazione di monitoraggio climatico che verrà installata nell'area oggetto di studio. Come detto precedentemente, per l'installazione della nuova stazione devono essere consultate le autorità locali di competenza, creando un sistema con la rete territoriale. Per questa fase si suggerisce l'installazione della nuova stazione prima dell'avvio dei lavori.

Riguardo alla qualità dell'aria e le sue componenti, visto che l'impianto oggetto di studio non produce emissioni in atmosfera, saranno utilizzate stazioni di rilevamento mobili almeno 2 settimane prima dell'avvio dei lavori. I mezzi e la strumentazione utilizzata saranno certificati e rispetteranno i requisiti di legge.

In corso d'opera (CO)

In corso d'opera saranno utilizzate le strumentazioni già impiegate ed installate nella fase di ante-operam. Riguardo alla strumentazione per la qualità dell'aria, sono previste le misure della concentrazione di: CO, NOx, NO2, SO2, C6H6, PM10, PM2.5, Pb, As, Ni, Cd, Benzo(a) pirene, O3, così da intervenire tempestivamente qualora vi siano degli sforamenti oltre il limite di legge, così da limitare i possibili impatti.

Post-operam (PO)

Per i parametri microclimatici saranno utilizzate le strumentazioni già impiegate ed installate nella fase di ante-operam e il monitoraggio seguirà tutta la vita dell'impianto e la stazione di rilevamento dei dati meteorologici, essendo fissa, va ad integrarsi con la rete di rilevamento locale.

Per i parametri di qualità dell'aria si utilizzeranno strumentazioni impiegate nella fase "in

corso d'opera (CO)" e il monitoraggio sarà prolungato per almeno 1 anno dopo la conclusione dell'attività di cantiere.

5.2 Suolo

Il PMA deve essere contestualizzato nell'ambito della normativa di settore rappresentata a livello comunitario dal Dlgs.152/06 e ss.mm. e ii e dal D.M.n.161/12 e ss.mm. e ii.

In tutte le fasi dell'opera, il monitoraggio dovrà essere finalizzato all'acquisizione di dati relativi alla:

- Sottrazione di suolo ad attività pre-esistenti;
- Entità degli scavi in corrispondenza delle opere da realizzare, controllo dei fenomeni franosi e di erosione sia superficiale che profonda;
- Gestione dei movimenti di terra e riutilizzo del materiale di scavo (Piano di Riutilizzo in sito o altro sito del materiale di scavo);
- Possibile contaminazione per effetto di sversamento accidentale di oli e rifiuti sul suolo.

L'impatto sul suolo e sul sottosuolo indotto dall'opera e dalle opere accessorie sono riconducibili all'occupazione di superficie, all'alterazione morfologica e alla possibilità di insorgere fenomeni di erosione.

I terreni sui quali è previsto l'intervento sono aree prevalentemente agricole utilizzate come seminativi. A lavori ultimati, si prevederà il ripristino di tutte le aree non necessarie alla gestione dell'impianto. L'impatto del sottosuolo sarà limitato alle sole opere di fondazioni delle cabine elettriche, per effetto degli scavi e il getto di cls., ed avrà effetto puntuale e sarà poco significativa in quanto poco profondo e con un ingombro areale estremamente contenuto.

L'impianto di progetto è stato concepito in modo tale da assecondare la naturale conformazione del sito, in modo da limitare i movimenti terra e quindi le alterazioni morfologiche. Inoltre, le opere verranno localizzate su aree geologicamente stabili, escludendo situazioni particolarmente critiche.

5.2.1 Strumentazione e localizzazione

L'esecuzione dei monitoraggi (strumentazione, numero di campioni da rilevare nel periodo di osservazione, modalità di campionamento, ecc.) dovrà essere conforme quanto previsto dalle linee guida e dagli standard adottati a livello nazionale. L'affidabilità e la precisione dei risultati dovranno essere assicurati dalle procedure di qualità interne ai laboratori che effettuano le attività di campionamento ed analisi e, pertanto, i laboratori coinvolti nelle attività di monitoraggio dovranno essere accreditati ed operare in modo conforme a quanto richiesto dalla norma UNI CEN EN ISO 17025.

Visto le caratteristiche spaziali dell'impianto, si prevedono almeno 5 campioni di suolo in ogni lotto dove ricade l'impianto.

La profondità di indagine per i parametri agronomici viene definite mediante le seguenti indicazioni:

- tipologici che presentano solo colture erbacee: strato di terreno da 0 a 30 cm (*topsoil*)
- tipologici che presentano colture arboree: strato di terreno da 0 a 30 cm (*topsoil*) e strato di terreno da 30 a 60 cm (*subsoil*).

5.2.2 Parametri da rilevare

Le caratteristiche del suolo che si intendono monitorare in un campo fotovoltaico sono quelle che influiscono sulla stabilità della copertura pedologica, accentuando o mitigando i processi di degradazione che maggiormente minacciano i suoli delle nostre regioni, fra i quali la diminuzione della sostanza organica, l'erosione, la compattazione, la perdita di biodiversità. In particolare verrà indagata la presenza di metalli pesanti, sia *ante-operam* che a cadenze regolari di due anni, per i primi cinque anni, e successivamente ogni cinque.

Per tali ragioni è stato prodotto un protocollo di monitoraggio che valuti nel tempo l'impatto sul suolo. Di seguito viene illustrata la metodologia utilizzata facendo riferimento alle seguenti fonti:

- Metodi di analisi chimica del suolo approvati dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (D.M.13.09.99 "Metodi Ufficiali di analisi chimica del suolo") e dal DM 471/99;
- MIPAF Osservatorio Nazionale Pedologico "Analisi Microbiologica del Suolo" Ed. 2002.

Il protocollo di monitoraggio si attua in due fasi:

- 1. La prima fase del monitoraggio precede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico e consiste nella caratterizzazione stazionale e pedologica dell'appezzamento, tramite una scala cartografica di dettaglio, osservazioni in campo e una caratterizzazione del suolo.
- 2. La seconda fase del monitoraggio, invece, prevede la valutazione di alcune caratteristiche del suolo ad intervalli temporali prestabiliti (dopo 1-3-5-10-15-20-25-30 anni dall'impianto) attraverso il prelievo di campioni.

Tali intervalli sembrano essere sufficienti per rilevare le eventuali modifiche dei parametri del suolo. Tuttavia, verrebbero aumentati all'emergere di valori critici dei parametri monitorati.

Al fine di rendere rappresentative le analisi da effettuare rispetto all'area di intervento, il numero di campioni da prelevare sarà determinato in funzione della superficie occupata dai pannelli fotovoltaici e dalle caratteristiche dell'area (omogeneità od eterogeneità) ed estensione dell'area da campionare.

In tutte e due le fasi del monitoraggio deve essere effettuata un'analisi stazionale, con le analisi di laboratorio dei campioni di suolo.

Saranno poi oggetto di monitoraggio nella seconda fase solo quelle caratteristiche e proprietà che si ritiene possano essere influenzate dalla presenza del campo fotovoltaico.

Di seguito vengono riportate alcune definizioni che inserite nel decreto DM 471/99 Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo.

Analisi di caratterizzazione: insieme di determinazioni che contribuiscono a definire le proprietà fisiche e/o chimiche di un campione di suolo.

Zona di campionamento: area di terreno omogenea sottoposta a campionamento e suddivisa in più unità di campionamento.

Unità di campionamento: estensione definita di suolo, dotata di limiti fisici o ipotetici.

Campione elementare o sub-campione: quantità di suolo prelevata in una sola volta in una unità di campionamento.

Campione globale: campione ottenuto dalla riunificazione dei campioni elementari prelevati nelle diverse unità di campionamento. *Campione finale*: parte rappresentativa del campione globale, ottenuta mediante eventuale riduzione della quantità di quest'ultimo.

5.2.3 Campionamento

Le modalità da seguire per il campionamento sono riportate:

- - Nell'Allegato 2 Parte Quarta del D.Lgs 152/2006;
- - Nel capitolo 2 del Manuale APAT 43/2006;
- - Nel "Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati", D.M. n. 471/1999 "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni";

Secondo le normative su esposte, per il progetto in essere, occorre predisporre un idoneo Piano di Campionamento (PdC) che dovrà riportare almeno le seguenti informazioni:

- - Località di indagine;
- - N° campionamenti;
- - Posizione dei punti di campionamento su planimetria del sito investigato;
- - Epoca di campionamento;
- - Tipologia di campionamento;
- - Modalità di esecuzione dei sondaggi.

Ai fini di un corretto campionamento occorrerà definire:

- I composti da ricercare: Vengono identificati in base alle informazioni.

I punti di campionamento secondo le seguenti possibilità:

1. Ubicazione ragionata (se sono disponibili informazioni approfondite sul sito che consentano di prevedere la localizzazione delle aree più vulnerabili e delle più probabili fonti di contaminazione);
2. Ubicazione Sistemica (a griglia, casuale, statistico);
3. La profondità di campionamento: Idealmente il sottosuolo viene suddiviso in zone sovrapposte denominate, a partire dalla superficie: (suolo superficiale (top soil), zona insatura, frangia capillare, zona satura);
4. Il metodo di campionamento: attraverso metodi di scavo manuale o meccanizzato: (scavo per mezzo di utensili manuali, scavo per mezzo di trivella o carotatore manuale, scavo per mezzo di pala meccanica, sistemi di perforazione a rotazione o a percussione).

5.2.4 Localizzazione

Nell'ambito dell'area di progetto, l'individuazione di una porzione omogenea rappresenta il passaggio cruciale per la conseguente scelta della zona di campionamento, poiché da ciò dipende la rappresentatività del campione e, di conseguenza, la concreta applicabilità delle informazioni desunte dalle analisi.

Al fine di verificare l'omogeneità del sito, la modalità più corretta di procedere consiste nel:

- Identificare la categoria nella quale ricade l'impianto mediante la Carta di Uso del Suolo della Regione Sardegna;
- Elaborare carte tematiche (pendenze e dislivelli) mediante la carta DEM (*Digital Elevation Model*);

- Esecuzione di un sopralluogo per confermare il risultato delle elaborazioni ai punti precedenti.

Dopo aver accuratamente determinato l'omogeneità delle caratteristiche del sito, si procede nel determinare il numero dei campioni e la loro geolocalizzazione.

In tal senso, saranno impiegate le seguenti regole:

- La distribuzione dei siti di campionamento deve essere sufficientemente omogenea sul territorio agricolo in modo da evitare buchi o eccessive concentrazioni; qualora vi siano delle zone evidentemente diverse per qualche caratteristica, come contenuto di scheletro, tessitura, drenaggio, pendenza, esposizione, queste vanno eliminate dal campionamento ed eventualmente campionate a parte. Allo stesso modo sono da eliminare i bordi dell'area per almeno 5 metri da fossi, cumuli di deiezioni o altri prodotti, e altre zone rimaneggiate.
- Il numero dei siti deve essere statisticamente significativo a contenere la variabilità intrinseca del terreno per certe caratteristiche;
- I punti di campionamento dovranno essere eseguiti su almeno due punti dell'intera area, uno in posizione ombreggiata al di sotto dei moduli fotovoltaici, l'altro nelle aree di controllo meno disturbate dalla presenza dei pannelli;
- I campioni di suolo prelevati dovranno essere distanti almeno 200 metri dal successivo;
- Tali punti dovranno essere geo referenziati in modo tale da rimanere costanti per tutta la durata del protocollo di monitoraggio.

5.2.5 Numero di campionamento

Come esposto precedentemente i punti di campionamento dovranno essere su almeno due aree distinte dell'appezzamento, uno in posizione ombreggiata al di sotto del pannello fotovoltaico l'altro nelle aree di controllo meno disturbate dalla presenza dei pannelli. I campioni di suolo prelevati dovranno essere distanti al meno 200 metri dal successivo.

Il Dlgs 152/2006, diversamente dal DM 471/99, non riporta indicazioni circa il numero di sondaggi da effettuare, questo, infatti, definisce impossibile indicare un valore predefinito del rapporto fra campione e superficie di prelievo poiché questo dipende dal grado di uniformità ed omogeneità della zona di campionamento, dalle finalità del campionamento e delle relative analisi. Alcune regioni, nelle sue "Linee guida per il campionamento dei suoli e per l'elaborazione del piano di concimazione aziendale" adotta 1 campione per 3-5 ettari, in presenza di condizioni di forte omogeneità pedologica e colturale, e nell'ottica di un contenimento dei costi un campione può essere ritenuto rappresentativo per circa 10 ettari.

Pertanto, considerato quanto esposto in precedenza, verificata la condizione di forte omogeneità dell'area oggetto dell'intervento si è ritenuto di utilizzare come campionamento n°1 campione ogni 8 ettari di terreno utilizzato, che complessivamente corrispondono a n°4 campioni, visto che la superficie totale dell'area è pari a circa 35 ettari di terreno.

Per assolvere all'obiettivo di uno in posizione ombreggiata al di sotto del pannello fotovoltaico, l'altro nelle aree di controllo meno disturbate dalla presenza dei pannelli. Si è deciso di arrivare ad un totale di 8 punti di campionamento di cui 4 sotto i pannelli fotovoltaici e 4 esterni come punti di controllo.

5.2.6 Profondità del campionamento

Solitamente il prelievo di suolo destinato ad analisi microbiologiche e biochimiche si esegue alla profondità di 0-15 cm poiché, di norma, è questo lo strato di suolo maggiormente

colonizzato dai microrganismi. Questo approccio non sempre risulta valido dal momento che la distribuzione della biomassa microbica lungo il profilo di un suolo è regolata da molteplici fattori e differisce anche in base al tipo di gestione da parte dell'uomo. A parità di tipo di suolo, infatti, un prato naturale polifita ed un campo arato devono essere campionati in modo differente; nel primo si avrà in linea di massima una biomassa localizzata nei primi 5 cm di profondità, nel secondo sarà necessario campionare anche gli strati più profondi. Avviene infatti che nei suoli agrari i microrganismi risultino distribuiti piuttosto uniformemente. Pertanto, è bene seguire le seguenti regole generali:

- Nei suoli arativi soggetti a rovesciamento o rimescolamento, occorre prelevare il campione alla massima profondità di lavorazione del suolo ed eventualmente, distinguendo i due campioni, anche lo strato immediatamente sottostante al limite di lavorazione;
- Nei suoli a prato da sfalcio è necessario prima eliminare attentamente la cotica erbosa, e successivamente campionare lo strato interessato dagli apparati radicali delle specie erbacee. In generale, per le analisi biochimiche è comunque sufficiente campionare a profondità di 0 -10 o 0 - 20 cm;
- Per l'area in oggetto, le analisi saranno eseguite nei primi 20 cm di profondità;
- Per le analisi nell'area in oggetto e per ogni campione, saranno prelevati 5 sub-campioni per campione, per un totale di 40 sub-campioni.

In sede di monitoraggio bisognerà fare attenzione al controllo del mantenimento delle caratteristiche strutturali dei suoli nelle aree di cantiere, spesso utilizzate anche come siti di deposito temporaneo.

La contaminazione, sicuramente più probabile nelle aree di cantiere (per questo scelte come sedi dei punti di controllo), può essere tenuta sotto controllo.

Normalmente gli sversamenti accidentali, per lo più dovuti ai mezzi di trasporto e di movimentazione, sono vistosamente evidenti e pertanto si può correre ai ripari in tempi veloci garantendo un margine elevato di sicurezza. Nel caso dovessero verificarsi contaminazioni accidentali, si prevedranno delle indagini extra e specifiche, in modo da assicurare una soluzione tempestiva del problema, in contemporanea a controlli sulle acque superficiali e sotterranee. Si precisa che, ad ogni modo, tali circostanze sono estremamente remote nel caso di cantieri che dovranno essere impiantati per la costruzione di impianti fotovoltaici.

5.2.7 Epoca di campionamento

Generalmente, l'epoca di campionamento di un suolo coltivato segue le lavorazioni principali e le concimazioni, al fine di poterne stimare i fabbisogni di fertilizzanti per una specifica coltura.

Il suolo su cui insisterà l'impianto fotovoltaico, essendo interessato da un seminativo non irriguo, rimarrà coperto da vegetazione erbacea, pertanto:

- Per le analisi sulla microflora si dovrà far riferimento alle oscillazioni quali-quantitative ambientali, temperature, precipitazioni, umidità, ecc.
- Per quanto riguarda le analisi biochimiche, è anche possibile lavorare su suolo essiccato all'aria e successivamente condizionato in laboratorio. Pertanto, è sufficiente evitare i periodi in cui i suoli da campionare sono intrisi di acqua o quando sono troppo asciutti.

Converrà quindi riferirsi ad una situazione media o comunque non estrema. Si eviterà di campionare dopo un periodo di particolare siccità o piovosità evitando i mesi estivi (luglio-agosto) e invernali (novembre - gennaio), in accordo con il laboratorio di analisi.

5.2.8 Verbale di campionamento

Dato che nel corso del tempo il soggetto che esegue i campionamenti potrebbe cambiare, è buona norma avere cura di allegare al campione una breve scheda di campagna che riassume le osservazioni di campo ed i dati essenziali relativi allo stesso prelievo di suolo.

Per ogni campione, il tecnico che provvederà al prelievamento dei campioni di terreno dovrà stilare il "Verbale di campionamento del suolo" e certificazione di avvenuto prelievo da parte del laboratorio

Nel rapporto di analisi, oltre ai parametri chimico fisici, dovranno essere contenuti una stima dell'incertezza associata alla misura, il valore dell'umidità relativa, l'analisi della granulometria e la georeferenziazione dei tre punti di prelievo che costituiscono il singolo campione. Il prelievo e l'analisi devono essere eseguiti da laboratori accreditati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 o da laboratori di analisi degli organi tecnici della Regione Sardegna.

5.2.9 Analisi e stato del terreno

Al fine di monitorare lo stato del suolo in fase *ante-operam* e in corso d'opera saranno previste le seguenti analisi:

- Analisi fisico-chimiche;
- Analisi microbiologiche;
- Analisi sui metalli pesanti.

5.2.10 Analisi fisico-chimiche

Si distinguono in analisi di base o di caratterizzazione e analisi di controllo.

- a) Analisi di base o di caratterizzazione sono necessarie per conoscere le caratteristiche fondamentali e la sua dotazione in elementi nutritivi e permettono di misurare alcune caratteristiche del terreno quali: scheletro e tessitura, reazione (pH), carbonati totali, calcare attivo, capacità di scambio cationico e conducibilità elettrica, che si mantengono praticamente stabili nel tempo, oppure si modificano molto lentamente e sono poco influenzabili. Pertanto, verranno effettuate una volta in fase *ante-operam*;
- b) Analisi di controllo si effettuano su parametri che potrebbero variare nel tempo, pertanto verranno effettuate in corso d'opera. Rispetto alle analisi di base comprendono un minor numero di determinazioni analitiche e, quindi, consentono una riduzione dei costi e tempi di realizzazione più brevi. Nella fase *post-operam*, si ripeteranno le analisi microbiologiche e dei metalli pesanti, mentre per le analisi fisico-chimico le analisi di base saranno ripetute solo i seguenti parametri: Scheletro, PAS, pH, Conducibilità 1:2, Conducibilità in pasta satura, Sostanza organica, Azoto totale, CSC, Calcio scambiabile, Magnesio scambiabile, Sodio scambiabile);
- c) Nel rapporto di analisi, oltre ai parametri chimico fisici, dovranno essere contenuti una stima dell'incertezza associata alla misura, il valore dell'umidità relativa, l'analisi della granulometria e la georeferenziazione dei tre punti di prelievo che costituiscono il singolo campione.

Analisi chimico-fisiche del suolo		
Parametro	Unità di misura	Metodo
Tessitura (sabbia, limo e argilla)	g/Kg	D.M. 13/09/99 Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo G.U. 248/1999.
Scheletro	g/Kg	
PAS	%	
pH	g/Kg	
Cloruri	S.S. CaCo ³ g/Kg	
Sostanza organica	g/Kg S.S.C.	
CSC	Meq/100 g S.S.	
Azoto totale	g/Kg S.S.N.	
Fosforo assimilabile	Mg/Kg S.S.P.	
Conducibilità elettrica	S/m	
Conducibilità in pasta satura	mS/cm	
Calcio scambiabile	Meq/100 g S.S.	
Potassio scambiabile	Meq/100 g S.S.	
Magnesio scambiabile	Meq/100 g S.S.	
Sodio scambiabile	Meq/100 g S.S.	
Microelementi (ferro-manganese, rame, zinco assimilabile)	Mg/Kg	

Tabella 5-1. Caratterizzazione fisico-chimica del suolo (ante-operam), mentre i parametri asteriscati saranno analizzati in corso d'opera.

5.2.11 Analisi microbiologiche

È la componente biotica del suolo, responsabile dello svolgimento dei principali processi del suolo, è considerata la più vulnerabile; in letteratura esistono molti indici ecologici che vengono calcolati sulla base della struttura tassonomica della comunità biotica.

Seguendo le indicazioni del MIPAF - Osservatorio Nazionale Pedologico -Analisi Microbiologica del Suolo uno dei metodi più immediati per misurare la quantità di biodiversità microbica è la "Carica microbica".

Si considera il numero di microrganismi, appartenenti ad un gruppo fisio-tassonomico generale (batteri filamentosi e non, lieviti, microfunghi, protozoi) oppure ad uno specifico gruppo fisiologico o funzionale (es. batteri aerobi ed anaerobi), presenti in una quantità unitaria di suolo (normalmente in un grammo di peso secco).

5.2.12 Analisi sui metalli pesanti

I metalli pesanti al di sopra di determinate soglie sono tossici per gli organismi animali e/o vegetali. La presenza eccessiva di metalli pesanti nel suolo è in grado di influire negativamente sulle attività microbiologiche, sulla qualità delle acque di percolazione, sulla composizione delle soluzioni circostanti, nonché alterare lo stato nutritivo delle piante, modificandolo sino ad impedire la crescita ed influire sugli utilizzatori primari e secondari.

I metalli che generalmente vengono rilevati negli impianti industriali e considerati più pericolosi per la fertilità del suolo sono: arsenico, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, rame e zinco. Nei suoli esistono dei valori di fondo, cioè concentrazioni naturali di metalli pesanti, diverse per l'orizzonte superficiale e quello profondo, talvolta con concentrazioni superiori a quelle fissate dalla legge.

Secondo il decreto ministeriale del 13/09/1999 "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo", e

il Testo Unico sull'Ambiente 152/06, i valori di concentrazione di alcuni metalli pesanti accertati in suoli coltivati e naturali sono presenti nella tabella 3, mentre in tabella 4 sono riportati i valori limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione "commerciale- industriale". Per la loro determinazione verrà utilizzato il metodo IRSA.

Elemento	Concentrazione (mg Kg ⁻¹)
Cadmio	0,1- 5
Cobalto	1-20
Cromo	10-150
Manganese	750-1000
Nichel	5-120
** Piombo	5-120
* Rame	10-120
* Zinco	10-150
<p>* Le concentrazioni più elevate di Rame e Zinco sono caratteristiche di molti suoli utilizzate per la viticoltura.</p> <p>** Gli elevati livelli di Piombo (sicuramente non naturali) tengono conto dei valori che spesso si riscontrano nei suoli ubicati nelle vicinanze di vie di comunicazione ed in suoli in cui le colture hanno reso necessario l'intervento con antiparassitari a base di arseniato di piombo.</p>	

Tabella 5-2. Concentrazioni di alcuni metalli pesanti in suolo coltivati e naturali.

Elemento	Siti ad uso commerciale e industriale (mg kg ⁻¹) espressi come s.s.
Cadmio	15
Cromo totale	800
Nichel	500
Piombo	1000
Rame	600
Stagno	350
Zinco	1500

Tabella 5-3. Valori limite accettabili per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo di siti a destinazione "commerciale-industriale".

5.2.13 Articolazione temporale

Ante-operam (AO)

Prima dell'avvio della fase di cantiere si ha la necessità di caratterizzare la componente suolo presente nell'area indagata. Per tale scopo si deve prevedere almeno un campionamento prossimo all'inizio dei lavori.

In corso d'opera (CO)

Durante la fase di cantiere, dove sono stati riscontrati potenziali impatti, si deve prevedere un ulteriore campionamento con le tecniche e metodologie già applicate precedentemente.

Post-operam (PO)

In fase di esercizio dell'opera, non si prevedono impatti diretti dell'impianto agrivoltaico sul suolo, ma potrebbero verificarsi impatti potenziali dovuti alla gestione dell'attività agricola all'interno dell'impianto, per tale motivo si suggerisce di effettuare un campionamento annuo nei primi 3 anni successivi dal termine dei lavori.

5.3 Consumo di acqua

Il tema della scarsità delle risorse idriche è sempre più al centro del dibattito dei soggetti pubblici e privati che sono impegnati nel cercare soluzioni efficaci per ridurre quella che a tutti gli effetti sta diventando un'emergenza globale, accelerata dalla crisi climatica in atto. A tale proposito, il World Economic Forum segnala che entro il 2030 si giungerà a un divario del 40% tra domanda e offerta di acqua a livello mondiale, senza contare che circa un quarto della popolazione non ha ancora accesso all'acqua potabile. I diversi settori produttivi sono tra i principali responsabili dello sfruttamento delle risorse idriche. In particolare, il settore edile è responsabile del consumo di circa il 15% di acqua.

Analizzando le fasi progettuali (cantiere/esercizio), si precisa che nella fase di cantiere l'unica risorsa idrica utilizzata, grazie alle modalità scelte del processo di costruzione dell'impianto fotovoltaico, riguarderà esclusivamente la presenza di:

- n. 3 bagni chimici mobili con vasca esterna con capienza indicativa di 100 lt di acqua pulita e 100 lt di reflui, nell'area di impianto;
- n. 1 bagno chimico mobili con vasca esterna con capienza indicativa di 50 lt di acqua pulita e 50 lt di reflui, nell'area adibita per lotti alla realizzazione dell'elettrodotto di connessione.

Nella fase di esercizio la risorsa idrica utilizzata, grazie alle tipologia di installazione prevista che non necessita di una presenza costante di personale, riguarderà esclusivamente la presenza di:

- n. 1 bagno chimico mobile con vasca esterna con capienza indicativa di 100 lt di acqua pulita e 100 lt di reflui, nell'area di impianto;
- 90 m³ di acqua demineralizzata (senza additivi) irrorata tramite autobotti e nebulizzata due volte all'anno per il lavaggio dei pannelli;

Una quantità d'acqua non calcolabile al momento per la sola irrigazione di soccorso della fascia verde perimetrale e degli alberi espianati e delocalizzati.

5.3.1 Articolazione temporale

Ante-operam (AO)

Non necessaria.

In corso d'opera (CO)

Durante la fase di cantiere, sarà monitorata la quantità d'acqua consumata per le attività di cantiere.

Post-operam (PO)

In fase di esercizio dell'opera, sarà monitorata la quantità d'acqua consumata per il lavaggio dei pannelli due volte all'anno e per l'irrigazione di soccorso della fascia verde perimetrale oltre

che degli alberi espantati e delocalizzati

Si precisa che l'acqua utilizzata nella fase di esercizio sarà fornita tramite autobotti da Ditte esterne.

5.4 Paesaggio

Per stato fisico dei luoghi si intende lo stato morfologico dei luoghi e lo stato fisico degli insediamenti antropici ricadenti nelle aree dove verranno localizzate le opere.

La quantità e qualità delle indagini sono impostate con l'obiettivo principale di verificare il decremento della qualità e delle caratteristiche del paesaggio naturale ed antropico nelle aree interessate dalla realizzazione delle opere.

Le indagini condotte in fase Ante Operam avranno lo scopo di definire compiutamente la caratterizzazione dello stato delle aree d'indagine prima dell'inizio dei lavori, individuando gli indicatori visivi in grado di consentire il raffronto tra le tre fasi del monitoraggio ed una valutazione il più possibile oggettiva degli effetti sulla componente.

Le indagini che saranno condotte in fase di Corso d'Opera avranno il principale scopo di accertare le eventuali condizioni di criticità indotte dalle lavorazioni.

Nella fase in esercizio le indagini saranno finalizzate per lo più ad accertare l'efficacia delle misure di mitigazione ambientale indicate nel progetto, in termini di percezione visiva delle opere realizzate.

Tutte le informazioni raccolte, opportunamente confrontate con quelle raccolte durante il monitoraggio degli altri ambiti, permetteranno di comporre, per la situazione attuale ed un esaustivo quadro di riferimento sull'evoluzione dei caratteri del paesaggio nelle fasi costruttive e successivamente all'entrata in esercizio dell'opera, raffrontandoli con le previsioni dello SIA e della Relazione Paesaggistica.

In base alle caratteristiche del progetto in esame sarà eseguita un'indagine, con la finalità di verificare l'integrazione delle opere nel contesto paesaggistico attraverso il confronto delle visuali dai beni tutelati e dai centri abitati più vicini.

La principale tipologia d'impatto sul paesaggio, relativa all'inserimento di un nuovo impianto, è legata alla modificazione della percezione visiva dei recettori sensibili, dovuta a:

- fenomeni di mascheramento visivo totale o parziale;
- l'alterazione dell'equilibrio reciproco dei lineamenti caratteristici dell'unità paesaggistica, a causa dell'intromissione di nuove strutture fisiche estranee al contesto per forma, dimensione, materiali o colori.

La stima della misura dell'alterazione della percezione visiva rileva in senso inverso l'integrazione dell'opera nel contesto paesaggistico in cui si va ad inserire.

Questa alterazione può avvenire sui diversi piani del campo visivo:

- primo piano (0 - 250/500 m): l'interferenza con la direttrice d'osservazione in primo piano, corrisponde ad una percezione ravvicinata o da media distanza, alla medesima quota plano- altimetrica. In tale ambito i fenomeni percettivi sono condizionati prevalentemente dall'andamento morfologico del piano campagna e dalla presenza di oggetti posti lungo la direttrice di osservazione;
- secondo piano o piano intermedio (250/500 - 1000 m): l'interferenza con la direttrice d'osservazione in secondo piano, corrisponde ad una percezione da media distanza, dalla quale è possibile rilevare le interferenze sui lineamenti portanti dell'aspetto paesaggistico dell'area interferita, nonché le loro relazioni. Gli elementi dell'infrastruttura in progetto, che influenzano maggiormente la percezione da questo punto di osservazione, sono quelli che si delineano come unità dissonanti rispetto ad una armonica, o quanto meno assimilata tale, struttura del paesaggio;

- quinta visiva (> 1000 m): le interferenze con la direttrice d'osservazione sulla quinta visiva corrispondono alla percezione da grande distanza, quella che vede l'impianto attraversare gli elementi di sfondo della visuale. In questo caso gli elementi infrastrutturali a maggior criticità sono i pannelli fotovoltaici, che riescono ad essere percepiti e che possono interferire con grandi sistemi antropici o naturali, quali lo skyline di centri abitati, di rilievi montuosi o collinari. Il soggetto principale su cui si concentra questa indagine sono i recettori antropici in senso stretto, ovvero le popolazioni residenti ed i turisti che visitano le aree interessate dall'impianto.

La prima fase di monitoraggio è stata finalizzata a documentare lo stato dell'area di indagine prima dell'inizio dei lavori.

Si avrà cura che nelle immediate vicinanze non fossero presenti ostacoli di dimensioni rilevanti tali da "oscurare" il campo visivo inquadrato.

Per la definizione del cono visivo, come metodo di analisi dello stato del paesaggio percepibile dalle postazioni dei recettori, sarà considerato il campo visivo diviso in tre zone:

- un "cono di alta percezione", corrispondente ai 45° centrali del cono visivo, nel quale si concentra principalmente la percezione visiva;
- due "coni di media percezione", complementari al cono di alta percezione (45° a destra e a sinistra), all'interno dei quali gli oggetti in esso presenti possono essere osservati ruotando gli occhi;
- due "coni di bassa percezione", tra i 45° ed i 90° rispetto all'asse frontale, potenzialmente percepibili, all'interno dei quali gli elementi più periferici possono essere visibili nitida-mente ruotando la testa.

I punti di monitoraggio, da cui si acquisiranno le immagini fotografiche, consistono nei beni tutelati e nei centri abitati più vicini alle opere in progetto.

Saranno redatte delle schede in cui si riporterà:

- 1) lo stralcio planimetrico in scala 1:10.000 con ubicazione dei punti di vista fotografici;
- 2) documentazione fotografica dell'area d'intervento con rilevamento delle porzioni di territorio dove è prevedibile la massima visibilità delle opere in progetto e dei suoi elementi di maggiore impatto percettivo.

5.4.1 Durata e frequenza del monitoraggio

Sono previste in ciascuna dei punti di misura individuati le seguenti indagini:

- Ante Operam: non necessario (già eseguito in fase di autorizzazione) ;
- In Operam: n. 1 rilievi in ciascun punto di monitoraggio;
- In esercizio: n. 1 rilievo in ciascun punto di monitoraggio.

6 Restituzione Dei Dati

I risultati dei monitoraggi ambientali *ante-operam*, in corso d'opera e *post-operam* previsti dal PMA saranno raccolti in rapporti periodici oltre che condivisi attraverso un Sistema informativo che sarà reso disponibile. Tali rapporti saranno trasmessi al MASE, all'Arpa Sardegna con periodicità semestrale.

7 QUADRO SINOTTICO DEL PMA

MICROCLIMA E QUALITA' DELL'ARIA									
PARAMETRO	Unità di Misura	METODO DI MISURA	PUNTO DI MISURA	METODICA	FREQUENZA DEL CONTROLLO			REGISTRAZIONE	REPORT
					Ante Operam	Corso Opera	Post Operam		Gestore (trasmissione)
Radiazione solare globale	kWh/m ²	Centralina meteorologica	Centralina meteorologica interna al campo agrivoltaico	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	non necessario	In continuo	In continuo	Elettronica	Annuale (per tutta la durata di vita dell'impianto)
Anemometro	km/h								
Termo-igrometro	°C e % umidità								
Bagnatura fogliare	in minuti								
Barometro	pascal (Pa)								
CO	mg/m ³	Mezzo mobile	Interna al campo agrivoltaico e presso i recettori sensibili lungo il percorso di realizzazione del cavidotto interrato	UNI CEN/TS 16450:2013	non necessario	2 campagne di monitoraggio durante i lavori	1 campagna di monitoraggio entro un anno dalla messa in esercizio	Elettronica	annuale
Nox	µg/m ³								
NO2									
SO2									
C6H6									
PM10									
PM2.5									
Pb	ng/m ³								
As									
Ni									
Cd									
Benzo(a) pirene	µg/m ³								
O3									

SUOLO E SOTTOSUOLO									
PARAMETRO	Unità di Misura	METODO DI MISURA	PUNTO DI MISURA	METODICA	FREQUENZA DEL CONTROLLO			REGISTRAZIONE	REPORT
					Ante Operam	Corso Opera	Post Operam		Gestore (trasmissione)
Analisi fisico-chimiche									
Tessitura (sabbia, limo e argilla)	g/Kg	Metodi di analisi chimica del suolo approvati dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (D.M.13.09.99 "Metodi Ufficiali di analisi chimica del suolo") e dal DM 471/99; MIPAF Osservatorio Nazionale Pedologico "Analisi Microbiologica del Suolo" Ed. 2002	Interno al campo agrivoltaico (n°1 campione ogni 10 ettari di terreno utilizzato)	Allegato 2 Parte Quarta del D.Lgs 152/2006; capitolo 2 del Manuale APAT 43/2006; "Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati", D.M. n. 471/1999 "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni"	4 punti di campionamento nell'area di progetto	8 punti di campionamento di cui 4 sotto i pannelli fotovoltaici e 4 esterni come punti di controllo	8 punti di campionamento di cui 4 sotto i pannelli fotovoltaici e 4 esterni come punti di controllo	Elettronica e/o cartacea	1-3-5-10-15-20-25-30 anni dall'impianto
Scheletro	g/Kg								
PAS	%								
pH	g/Kg								
Cloruri	S.S. CaCo ³ g/Kg								
Sostanza organica	g/Kg S.S.C.								
CSC	Meq/100 g S.S.								
Azoto totale	g/Kg S.S.N.								
Fosforo assimilabile	Mg/Kg S.S.P.								
Conducibilità elettrica	S/m								
Conducibilità in pasta satura	mS/cm								
Calcio scambiabile	Meq/100 g S.S.								
Potassio scambiabile	Meq/100 g S.S.								
Magnesio scambiabile	Meq/100 g S.S.								
Sodio scambiabile	Meq/100 g S.S.								
Microelementi (ferro-manganese, rame, zinco assimilabile)	Mg/Kg								
Analisi Microbiologica									

Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA)

Rapporto funghi/batteri	Unità Formanti Colonie (UFC)/unità di superficie								
Protozoi e nematodi utili predatori di batteri, funghi e nematodi fitoparassiti (livello di restituzione dei nutrienti)	conta numero di spore	MIPAF - Osservatorio Nazionale Pedologico - Analisi Microbiologica del Suolo uno dei metodi più immediati per misurare la quantità di biodiversità microbica è la "Carica microbica"	Interno al campo agrivoltaico (n°1 campione ogni 8 ettari di terreno utilizzato)	UNI CEI EN ISO/IEC 17025	4 punti di campionamento nell'area di progetto	8 punti di campionamento di cui 4 sotto i pannelli fotovoltaici e 4 esterni come punti di controllo	8 punti di campionamento di cui 4 sotto i pannelli fotovoltaici e 4 esterni come punti di controllo	Elettronica e/o cartacea	1-3-5-10-15-20-25-30 anni dall'impianto
Grado di diversificazione delle popolazioni microbiche (livello di difesa delle colture)	attività della biomassa microbica								
Presenza di patogeni (funghi e nematodi fitoparassiti)	Ricerca microrganismi indicatori								
Presenza condizioni di anaerobiosi	Ricerca batteri anaerobi								
pH									
Salinità	Conducibilità elettrica (mS/cm)								
Tessitura	%								
Carbonio organico	g/Kg								
Rapporto C/N	%								
Rapporto Ca/Mg; rapporto Mg/K	%								
Analisi sui metalli pesanti									
Cadmio	mg Kg ⁻¹	Determinazione analitica	Interno al campo agrivoltaico (n°1 campione ogni 8 ettari di terreno utilizzato)	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	4 punti di campionamento nell'area di progetto	8 punti di campionamento di cui 4 sotto i pannelli fotovoltaici e 4 esterni come punti di controllo	8 punti di campionamento di cui 4 sotto i pannelli fotovoltaici e 4 esterni come punti di controllo	Elettronica e/o cartacea	1-3-5-10-15-20-25-30 anni dall'impianto
Cobalto	mg Kg ⁻¹								
Cromo	mg Kg ⁻¹								
Manganese	mg Kg ⁻¹								
Nichel	mg Kg ⁻¹								
** Piombo	mg Kg ⁻¹								
* Rame	mg Kg ⁻¹								
* Zinco	mg Kg ⁻¹								

PAESAGGIO									
PARAMETRO	Unita di Misura	METODO DI MISURA	PUNTO DI MISURA	METODICA	FREQUENZA DEL CONTROLLO			REGISTRAZIONE	REPORT
					Ante Operam	Corso Opera	Post Operam		Gestore (trasmissione)
Inserimento paesaggistico	Piani del campo visivo (primo piano, secondo piano o piano intermedio, quota visiva)	Ripresa fotografica per la verifica dell'integrazione delle opere nel contesto paesaggistico attraverso il confronto delle visuali dai beni tutelati e dai centri abitati più vicini	In prossimità dei recettori censiti nella relazione specialistica	metodo di analisi dello stato del paesaggio percepibile dalle postazioni dei recettori, sarà considerato il campo visivo diviso in tre zone: "cono di alta percezione", "coni di media percezione", "coni di bassa percezione"	Non necessario	n. 1 rilievi in ciascun punto di monitoraggio	n. 1 rilievo in ciascun punto di monitoraggio	Elettronica e/o cartacea	Annuale