



# COMUNE DI SPINAZZOLA

PROVINCIA DI BARLETTA ANDRIA TRANI

REGIONE PUGLIA

COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA

PROVINCIA DI POTENZA

REGIONE BASILICATA

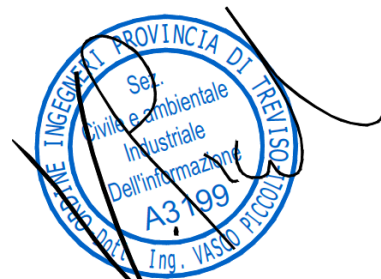
IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO "SAVINETTA" CONNESSO ALLA RTN DELLA POTENZA DI PICCO P=20'659.86 kWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 20'000 kW, DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN E PIANO AGRONOMOICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Proponente

## SOLAR ENERGY DIECI S.R.L.

VIA LUIGI GALVANI, 33 - 39100 BOLZANO  
C.F. - P.I. - REGISTRO IMPRESE 03058400213  
PEC: solareenergydieci.srl@legalmail.it

Progettazione



Preparato  
**Danilo Brambilla**

Verificato  
**Gianandrea Ing. Bertinazzo**

Approvato  
**Vasco Ing. Piccoli**

# PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Codice Autorizzazione Unica A3EBD54

Titolo elaborato

## IMPIANTO FOTOVOLTAICO "SAVINETTA" RELAZIONE LAVAGGIO MODULI FV

Elaborato N.

### 19DS

Data emissione

06/08/21

Nome file

LAVAGGIO MODULI FV

N. Progetto

**SOL027**

Pagina

COVER

00

06/08/21

PRIMA EMISSIONE

REV.

DATA

DESCRIZIONE

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI SOLAR ENERGY 10 S.R.L. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.  
THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SOLAR ENERGY 10 S.R.L. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTE BY LAW.

## Sommario

1	Introduzione .....	3
2	Breve descrizione dell'impianto FV in oggetto .....	3
3	Problematica del "soiling" negli impianti FV .....	6
3.1	Cause .....	6
3.2	Possibili conseguenze .....	6
3.3	Tecniche di pulizia .....	8
4	Pulizia dei moduli per l'impianto FV in oggetto .....	10
4.1	Moduli FV.....	10
4.2	Sistema di lavaggio previsto per l'impianto FV in oggetto .....	10
4.3	Approvvigionamento idrico .....	10

00	06-08-2021	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 1 Introduzione

La presente relazione costituisce parte integrante della documentazione progettuale relativa alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato "Savinetta" e ha lo scopo di affrontare la tematica del lavaggio dei moduli fotovoltaici.

Dopo un sintetico inquadramento della presente iniziativa progettuale, verrà descritta la problematica della deposizione di sporcizia sui moduli fotovoltaici (comunemente denominata "soiling"), le sue principali cause e conseguenze, le soluzioni disponibili sul mercato per mitigarla, ed infine la tecnica adottata per il presente progetto.

## 2 Breve descrizione dell'impianto FV in oggetto

L'impianto fotovoltaico denominato "Savinetta" sarà realizzato nel territorio del Comune di Spinazzola (BAT) ed è identificato dalle seguenti coordinate geografiche relative alla posizione baricentrica dell'impianto FV:

- 40°56'7.3" N
- 16°7'26.5" E

In Figura 1 è riportata la posizione del sito interessato su immagine satellitare, inquadrato nel territorio della Regione Puglia.

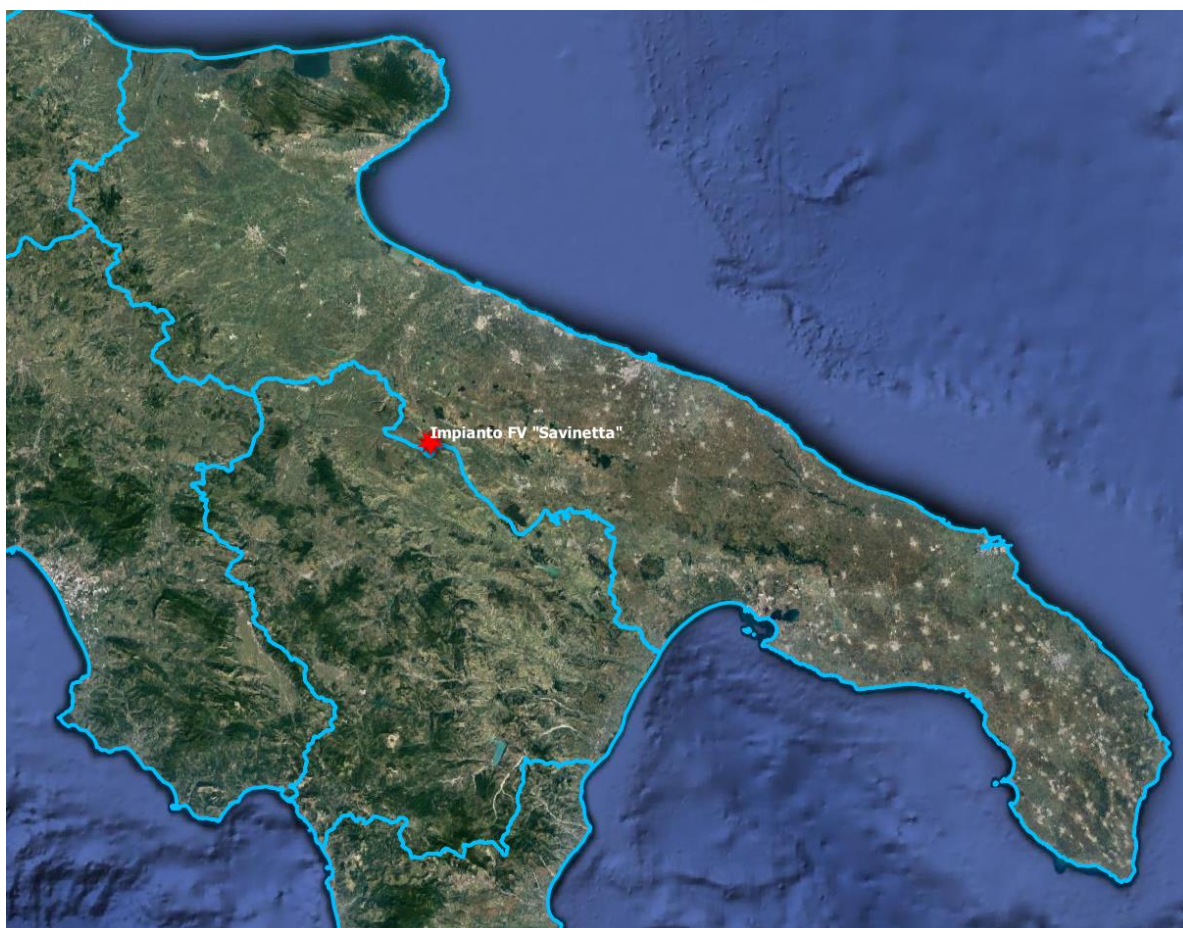


Figura 1 – Inquadramento dell'impianto FV "Savinetta" su immagini satellitari

00	06-08-2021	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

La potenza nominale complessiva dell'impianto fotovoltaico, determinata dalla somma delle potenze nominali dei moduli FV, è pari a 20,660 MWp, mentre la potenza in immissione nella RTN è determinata dalla potenza indicata sulla STMG, ed è pari a 20,00 MW.

Il progetto definitivo prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra su strutture ad inseguimento solare mono-assiale per un'estensione complessiva di circa 28,5 Ha.

I moduli fotovoltaici, realizzati con tecnologia bifacciale ed in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, saranno collegati elettricamente in serie a formare stringhe da 26 moduli, e posizionati su strutture ad inseguimento solare mono-assiale, in configurazione a singola fila con modulo disposto verticalmente (configurazione 1-P).

L'utilizzo di tracker consente la rotazione dei moduli FV attorno ad un unico asse orizzontale avente orientazione Nord-Sud, al fine di massimizzare la radiazione solare captata dai moduli stessi e conseguentemente la produzione energetica del generatore FV.

Per l'impianto FV in oggetto si prevede l'utilizzo di inverter centralizzati, a ciascuno dei quali possono essere collegate fino ad un massimo di 15 cassette di stringa (o "string box"). A sua volta, ogni cassetta di stringa può ricevere in input un massimo di 16 stringhe di moduli fotovoltaici.

All'interno dei confini dell'impianto FV è prevista l'installazione di 4 cabine di trasformazione realizzate tramite struttura skid, contenenti fondamentalmente gli inverter, i trasformatori MT/BT e i quadri elettrici MT e BT.

L'energia generata dall'impianto fotovoltaico viene raccolta tramite una rete di elettrodotti interrati in Media Tensione eserciti a 30 kV, con configurazione radiale, che confluiscono in un unico punto all'interno della cabina di smistamento dotata di opportune protezioni elettriche, ubicata lungo il confine Sud-Ovest dell'impianto.

Un elettrodotto interrato in Media Tensione a 30 kV di lunghezza pari a circa 8,9 km trasporterà quindi l'energia generata presso la sottostazione utente di trasformazione AT/MT, predisposta per la condivisione con altri utenti produttori. Tale sottostazione utente, all'interno della quale sarà ubicato il punto di consegna (PdC) dell'impianto con la Rete di Trasmissione Nazionale, sarà ubicata in posizione adiacente alla futura sottostazione di smistamento a 150 kV.

L'energia generata sarà infine resa disponibile, tramite un breve elettrodotto interrato in Alta Tensione a 150 kV di lunghezza pari a circa 250 m, al futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV denominata "Genzano", da realizzarsi nel Comune di Genzano di Lucania (PZ).

00	06-08-2021	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Figura 2 - Inquadramento dell'impianto FV e relative opere di connessione su ortofoto

00	06-08-2021	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3 Problematica del “soiling” negli impianti FV

L’accumulo di sporcizia sui moduli fotovoltaici (fenomeno comunemente denominato “soiling”) può comportare riduzioni anche consistenti dell’output energetico di un impianto FV nell’arco della sua vita utile.

L’entità di tali perdite è dipendente da molti fattori, che verranno analizzati nel seguito della relazione, ma che in linea generale può raggiungere percentuali variabili tra 1% e 10-15% (nei casi più gravi) della produzione teoricamente ottenibile<sup>1</sup>.

#### 3.1 Cause

Le cause del “soiling” possono essere molteplici, variabili prevalentemente in funzione della località di installazione dell’impianto fotovoltaico; di seguito si elencano le principali:

- Polvere: trasportata dal vento o depositata dalla pioggia; può essere di origine naturale (ad esempio in caso di impianti FV installati in zone particolarmente aride) oppure antropica (in caso di impianti installati in zone urbanizzate o adiacenti ad aree di cantiere); nel caso di impianti FV di grande taglia tali polveri possono essere inoltre sollevate dal transito dei mezzi di servizio;
- Deposito di detriti (es. fogliame, piume, altro);
- Deiezioni di uccelli;
- Salsedine: in caso di impianti FV installati a ridotte distanze dal mare (<10 km) il deposito di particolato di origine salmastra può comportare, oltre all’effetto *soiling*, anche fenomeni di corrosione sulle parti metalliche (cornice moduli FV, strutture di sostegno, ecc.) con potenziali gravi conseguenze.

Ovviamente il principale fattore che influenza la severità del fenomeno è la località di installazione dell’impianto fotovoltaico. Frequentemente gli impianti fotovoltaici vengono installati in zone caratterizzate da un’elevata insolazione e molto aride, ovvero caratterizzate dalla presenza di rilevanti quantità di polveri e dalla scarsità di precipitazioni.

Al contrario, l’installazione in zone caratterizzate da maggior umidità può beneficiare della minor quantità di polvere/sabbia, ma al contrario l’umidità può agevolare il fenomeno di “cementazione” dei depositi di sporcizia ostacolando le operazioni di pulizia e/o riducendone l’efficacia.

#### 3.2 Possibili conseguenze

Le principali conseguenze derivanti dalla deposizione di sporcizia sui moduli fotovoltaici possono essere sintetizzate come segue:

- il deposito di polveri e/o altri materiali sul vetro frontale dei moduli FV (e posteriore in caso di moduli bifacciali) ha l’effetto di un vero e proprio filtro sulla radiazione solare incidente, riducendo l’intensità della radiazione che riesce effettivamente a raggiungere le celle FV e che può quindi essere convertita in energia elettrica;
- lo sporco non omogeneo delle celle FV che compongono un modulo, o analogamente dei moduli FV che compongono una stringa, comporta l’aumentare delle perdite di mismatch (o disaccoppiamento) in quanto celle/moduli FV sporchi sono caratterizzati da un punto ottimale di lavoro, ovvero da una coppia valori di tensione e corrente, differenti rispetto a celle/moduli puliti. Dato che il punto di lavoro, imposto dall’inverter, è il medesimo per tutti i moduli FV collegati elettricamente in serie, è evidente che alcuni moduli saranno obbligati a lavorare in un punto di funzionamento non ottimale, con conseguenti perdite energetiche più elevate;

<sup>1</sup> “The effect of soiling on energy production for large-scale photovoltaic plants” – Pavan et al. - Solar Energy 85 (2011) 1128–1136

00	06-08-2021	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

- in caso di sporcamento non omogeneo delle celle FV che compongono un modulo, potrebbero inoltre insorgere fenomeni di surriscaldamento localizzato (cosiddetti “hot-spot”). Una cella FV ombreggiata/sporca risulta infatti caratterizzata da una corrente di lavoro inferiore rispetto alle celle FV “pulite” collegate elettricamente in serie. Se tale differenza di corrente diventa eccessiva, si verifica l’inversione della polarità della tensione della cella “sporca”, che si comporterebbe a tutti come un carico elettrico, assorbendo la corrente elettrica generata dalle celle FV pulite e dissipando tale energia sotto forma di calore. Ciò può provocare il surriscaldamento localizzato della cella FV fino a raggiungere temperature di svariate centinaia di gradi e causarne il degrado irreversibile o, in casi estremi, essere causa di incendio. Per prevenire tale fenomeno, in ogni modulo fotovoltaico sono installati i diodi di by-pass, ovvero componenti elettronici in grado di escludere dal funzionamento la porzione di moduli FV affetta da sporcizia (o ombreggiamento) e prevenire il verificarsi di questo fenomeno potenzialmente pericoloso, seppur a scapito di una minor produzione energetica;
- l’azione meccanica esercitata da polveri/particolato sul vetro frontale dei moduli FV, nonché eventuali operazioni di pulizia particolarmente aggressive, possono comportare l’abrasione superficiale del vetro stesso, con perdita delle proprietà ottiche (trasparenza e proprietà anti-riflettenti) e conseguente minor generazione energetica.



Ovviamente l’entità e la severità delle sovra-menzionate problematiche, è anche dipendente dalle condizioni installative dei moduli FV stessi, quale ad esempio l’angolo di inclinazione dei moduli FV. Se i moduli sono molto inclinati, ciò può favorire l’accumulo di sporcizia nella porzione inferiore dello stesso, in corrispondenza della cornice (→ sporcamento non omogeneo). Di contro, una maggiore inclinazione agevola la naturale azione pulente esercitata dalle precipitazioni atmosferiche.

Nel caso di impianti fotovoltaici installati a latitudine elevate (es. Nord Italia), la problematica del soiling è generalmente meno rilevante a causa del maggior angolo di inclinazione con cui vengono installati i moduli FV (oltre ovviamente grazie alla maggior frequenza delle precipitazioni atmosferiche).

00	06-08-2021	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

### 3.3 Tecniche di pulizia

La problematica del *soiling* è già stata affrontata dagli operatori del settore nonché approfonditamente studiata in ambito accademico, al fine di ottimizzare le tecniche con le quali mitigarla.

Esistono differenti tecniche di pulizia di moduli fotovoltaici disponibili sul mercato, ciascuna di esse caratterizzata da pregi e difetti.

La cadenza con cui effettuare queste operazioni solitamente è di 1 – 2 volte all’anno, ma può variare in funzione della località di installazione e alle caratteristiche dell’impianto FV.

Nelle zone più aride, la pulizia che prevede utilizzo di acqua potrebbe essere non praticabile, per difficoltà nell’approvvigionamento della risorsa (e del suo costo), che potrebbe inoltre indurre le autorità locali a proibirne l’uso a tale scopo.

Le tecniche di pulizia senza acqua (dry-cleaning) sono generalmente meno efficaci, in quanto l’acqua può agevolare la dissoluzione di eventuale particolato o altri composti chimici depositati sulla superficie e facilitarne in seguito la rimozione. In assenza di acqua, le polveri devono essere asportate tramite azione meccanica, ovvero tramite spazzole o aria compressa.

In caso di azione meccanica, uno dei principali rischi è quello di danneggiare il vetro frontale dei moduli e danneggiare il rivestimento anti-riflesso di cui sono dotati, compromettendo irreparabilmente le proprietà ottiche del vetro stesso e conseguentemente le prestazioni energetiche del modulo FV.

Anche utilizzando spazzole “anti-graffio”, le particelle stesse di sabbia possono infatti effettuare un’azione abrasiva sufficiente ad arrecare dei danni. Alcune particolari tipologie di particolato possono inoltre risultare particolarmente “appiccicose” e aderenti al vetro, richiedendo di conseguenza una maggiore pressione per consentire la loro rimozione. Tale maggiore pressione può eventualmente causare la flessione del modulo FV con conseguente formazione di micro-fratture nelle celle FV, cosa che può causare l’insorgere di molteplici fenomeni di degrado e decadimento premature delle prestazioni dei moduli FV.

Alla luce delle osservazioni riportate è comprensibile come la pulizia tramite acqua, ove praticabile, sia sempre preferibile alle tecniche “a secco”.

Si riporta di seguito un elenco delle principali tecniche per la pulizia dei moduli fotovoltaici in impianti di grande taglia:

- il sistema più semplice è ovviamente la pulizia manuale dei moduli fotovoltaici, tramite spazzole con manico telescopico eventualmente collegate ad una fonte idrica, in grado di raggiungere anche i moduli installati in posizione più elevata; tale tecnica richiede un numero “elevato” di operatori non qualificati ed è tendenzialmente caratterizzata da un maggior rischio di danneggiamento dei moduli FV;
- il sistema di gran lunga più diffuso ed utilizzato prevede l’installazione di spazzole rotanti anti-graffio su automezzi (trattore e/o furgone) in grado di circolare tra le strutture di sostegno dei moduli FV. Questo sistema può prevedere l’utilizzo di acqua oppure può essere effettuato in modalità “dry cleaning”. Le spazzole sono installate solitamente su un braccio meccanico in grado di adattarsi automaticamente a distanza e inclinazione dei moduli fotovoltaici ed effettuare efficacemente la pulizia della superficie. Per consentire tale tipologia di pulizia è necessaria una distanza minima tra i filari di moduli FV, tipicamente variabile tra 2 e 3 metri a seconda della tipologia di automezzo previsto. Gli automezzi sono tipicamente dotati di fari, il che consente di effettuare queste operazioni anche in orario notturno, minimizzando le perdite per ombreggiamento sui moduli FV

00	06-08-2021	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



derivanti dal transito dell'automezzo e minimizzare eventuali rischi per la sicurezza, in quanto i moduli FV (non essendo irraggiati dal sole) non sono in tensione;



- i cosiddetti sistemi “semi-automatizzati” prevedono l’impiego di dispositivi robotici che, solitamente utilizzando la cornice metallica dei moduli fotovoltaici come “binario”, sono in grado di muoversi automaticamente lungo la stringa ed effettuare la pulizia dei moduli. Tali dispositivi devono però essere manualmente posizionati all’inizio di ogni stringa di moduli FV e, una volta completata una stringa, devono essere manualmente spostati sulla successiva; sono necessari almeno due operatori per ciascun dispositivo, al fine di effettuare le operazioni di spostamento. Uno dei vantaggi di questi di questo metodo è che i dispositivi possono essere stoccati al chiuso nei periodi di non utilizzo, prolungandone potenzialmente la vita utile;



- sistemi “automatizzati”: si tratta di sistemi robotici completamente automatizzati. Viene in questo caso installato un dispositivo su ciascun filare di moduli FV che è in grado, solitamente tramite binari dedicati, di spostarsi lungo la sua struttura effettuando la pulizia dei moduli FV. Sono sistemi che non richiedono l’impiego di alcun operatore. Questa tipologia di sistemi ha, ad oggi, riscontrato un successo e una diffusione molto limitata in quanto i costi di installazione e manutenzione di tali dispositivi si sono frequentemente tali da non rendere conveniente il loro utilizzo.

00	06-08-2021	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

## 4 Pulizia dei moduli per l'impianto FV in oggetto

### 4.1 Moduli FV

I moduli fotovoltaici selezionati per il dimensionamento dell'impianto e per la redazione del presente progetto sono realizzati dal produttore Jinko Solar, serie TigerPro e modello JKM545M-72HL4-TV, e presentano una potenza nominale a STC<sup>2</sup> pari a 545 Wp.

Ciascun modulo è composto da 144 mezze-celle realizzate in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, vetro frontale temprato ad elevata trasparenza e dotato di rivestimento anti-riflesso, backsheet posteriore polimerico trasparente e cornice in alluminio, per una dimensione complessiva pari a 2'274 x 1'134 x 35 mm ed un peso pari a 28,9 kg.

### 4.2 Sistema di lavaggio previsto per l'impianto FV in oggetto

Per l'impianto fotovoltaico oggetto della presente iniziativa progettuale è previsto l'impiego di automezzi dotati di apposite spazzole rotanti anti-graffio, che potranno eventualmente operare con l'ausilio di un getto di acqua demineralizzata, in maniera tale da sfruttare la combinazione dell'azione meccanica delle spazzole con l'azione pulente dell'acqua.

Tale scelta risulta infatti il miglior compromesso in termini di efficacia, ovvero tempo necessario a completare la pulizia dell'intero impianto in rapporto al costo dell'operazione, ed affidabilità.

Si sottolinea come non si prevede l'impiego di alcun tipo di detergente o prodotto chimico per effettuare le operazioni di lavaggio dei moduli FV.

Si prevede di effettuare le operazioni di pulizia con cadenza semestrale. Eventuali interventi di pulizia straordinaria, ad esempio in seguito a particolari eventi meteorologici che possono comportare la deposizione di importanti quantitativi di polvere, verranno effettuati solo in caso di necessità ed attivati in seguito a ispezione visiva dei moduli.

La distanza mantenuta tra gli inseguitori mono-assiali è di 5 m tale da mantenere uno spazio libero tra le estremità dei moduli, in condizione di posizione orizzontale al quale corrisponde il massimo ingombro spaziale, pari a 2,73 m.

Non è attualmente prevista l'esecuzione periodica della pulizia della superficie della superficie posteriore dei moduli fotovoltaici, nonostante si preveda l'impiego di moduli bifacciali, in quanto più riparata e intrinsecamente meno soggetta al fenomeno del soiling. Eventuali interventi straordinari di pulizia di tali superfici verranno attivati in seguito ad ispezione visiva ed effettuati manualmente, tramite spazzole dotate di manico telescopico.

### 4.3 Approvvigionamento idrico

Per quanto concerne l'approvvigionamento idrico relativamente all'impianto in esame verrà effettuato l'approvvigionamento di acqua demineralizzata tramite autobotte o, in alternativa, la pulizia in modalità "dry-cleaning".

In fase di progettazione esecutiva, si valuterà la possibilità di realizzare una piccola stazione di demineralizzazione in adiacenza a tali bacini, o di prevedere l'impiego di automezzi dotati di un sistema mobile.

<sup>2</sup> STC - Standard Test Conditions: irraggiamento solare 1'000 W/m<sup>2</sup>, temperatura modulo FV 25°C, Air Mass 1,5

00	06-08-2021	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione