

REGIONE EMILIA ROMAGNA PROVINCIA DI BOLOGNA

Comune di:

BENTIVOGLIO

Località: La Casella, snc

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE (IMPIANTO FOTOVOLTAICO), DELLA POTENZA DI PICCO TOTALE PARI A 24,99 MWp E POTENZA NOMINALE IN IMMISSIONE PARI A 24,0 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI PROPRIETA' DI E-DISTRIBUZIONE SPA.

Sezione:

SEZIONE 1 - RELAZIONI

Titolo elaborato:

RELAZIONE SULL'ABBAGLIAMENTO VISIVO

n. Elaborato: 1.17
rev. 02

Scala: -----
data: Febbraio 2025

Committente:

NEOEN

NEOEN RENEWABLES ITALIA S.R.L.
Sede legale: Via Giuseppe Rovani n. 7
20123 MILANO (MI)
P.IVA: 11953710966
PEC: neoenrenewablesitalia@pecplus.it

Progettazione:

LUMI STUDIO

Dott. Arch. Donato Orlando Cera
Ordine degli Architetti della Provincia di Milano n. 16906
PEC: cera.16906@aomilano.it



SOMMARIO

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE DEL SITO.....	4
3. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
4. ANALISI DEL FENOMENO DI ABBAGLIAMENTO VISIVO	5
4.1 <i>Moto apparente del sole</i>	5
4.2 <i>Rivestimento anti-riflettente</i>	7
4.3 <i>Densità ottica dell'aria</i>	8
5. CONCLUSIONI E OPERE DI MITIGAZIONE.....	10

1. PREMESSA

La presente relazione è relativa alla dimostrazione dell'insufficienza di condizioni che possano determinare fenomeni di abbagliamento per i veicoli in attraversamento presso l'autostrada "Bologna-Padova" A-13, da parte di un nuovo impianto per la produzione di energia elettrica mediante lo sfruttamento del sole (impianto di tipologia fotovoltaico) costituito da n. 37.856 moduli da 660 Wp ciascuno, di potenza di picco totale pari a 24,99 MWp e di potenza in immissione pari a 24,0 MW, da installarsi in località La Casella, snc, nel territorio del Comune di Bentivoglio (BO) al Foglio 3 - Particelle: 25, 27, 28, 29, 30, 77, 80, 81, 82, 83, 84.

Il committente è NEOEN RENEWABLES ITALIA S.R.L., con sede legale in Via Giuseppe Rovani, 7 - 20123 Milano (MI), P.IVA 11953710966, il quale opera nel campo della produzione di energia da fonti rinnovabili al fine di contribuire al soddisfacimento delle esigenze di energia pulita e sviluppo sostenibile sancite dal Protocollo Internazionale di Kyoto.

Società Committente: NEOEN RENEWABLES ITALIA S.R.L.

Sede legale: Via Giuseppe Rovani, 7 - 20123 Milano (MI)

Cod. fisc.: 11953710966

Rapp. Impresa: Desrousseaux Romain Camille Clement

Indirizzo PEC: neoenrenewablesitalia@pecplus.it

In questa pagina viene esposto un estratto delle informazioni presenti in visura che non può essere considerato esaustivo, ma che ha puramente scopo di sintesi

VISURA ORDINARIA SOCIETA' DI CAPITALE

**NEOEN RENEWABLES ITALIA
S.R.L.**



WH7J8H

Il QR Code consente di verificare la corrispondenza tra questo documento e quello archiviato al momento dell'estrazione. Per la verifica utilizzare l'App RI QR Code o visitare il sito ufficiale del Registro Imprese.

DATI ANAGRAFICI

Indirizzo Sede legale	MILANO (MI) VIA GIUSEPPE ROVANI N. 7 CAP 20123
Domicilio digitale/PEC	neoenrenewablesitalia@pecplus.it
Telefono	02 0236569600
Numero REA	MI - 2632581
Codice fiscale e n.iscr. al Registro Imprese	11953710966
Partita IVA	11953710966
Forma giuridica	societa' a responsabilita' limitata
Data atto di costituzione	06/08/2021
Data iscrizione	11/08/2021
Data ultimo protocollo	17/01/2022
Presidente Consiglio Amministrazione	DESROUSSEAUX ROMAIN CAMILLE CLEMENT
	<i>Rappresentante dell'Impresa</i>

2. DESCRIZIONE DEL SITO

Il presente progetto è finalizzato alla costruzione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da ubicarsi nel Comune di Bentivoglio (BO), in località La Casella, SNC, e delle opere ed infrastrutture connesse.

Si precisa che:

- Il sito ricade nei fogli identificati al n° 203101 e 203102 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000;
- Il sito, ubicato nel territorio di Bentivoglio (BO) con accesso da Via Bassa della Castellina, è così raggiungibile: uscendo dal casello autostradale dell'A13 di Altedo si imbecca l'S.P. 20 (Via Altedo) percorrendola fino alla prima rotatoria. Una volta arrivati alla rotatoria serve fare inversione e svoltare alla prima uscita a destra verso via Saletto. Sarà poi quest'ultima che, successivamente all'attraversamento di un cavalcavia autostradale, si incontrerà con via Bassa della Castellina consentendo di accedere all'area in oggetto;

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le caratteristiche dell'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica in oggetto avrà le seguenti peculiarità:

- Potenza installata lato DC di circa 24,99 MWp
- Potenza dei singoli moduli di 660Wp
- N. 26 cabine di conversione statica e trasformazione dell'energia elettrica. (13 attivi e 13 di riserva);
- N. 4 cabine di consegna;
- N.4 cabine di raccolta e monitoraggio;
- Rete elettrica interna a 400V e 1500V tra i moduli fotovoltaici, e tra questi e le cabine di trasformazione;
- Rete elettrica interna a 15kV per il collegamento in entra-escri tra le varie cabine di trasformazione e le cabine di consegna;
- Rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- Rete elettrica esterna a 15kV di collegamento tra le cabine di consegna e la cabina primaria;

Questa tecnologia consente, attraverso la variazione dell'orientamento dei moduli, di mantenere la superficie captante sempre perpendicolare ai raggi solari, mediante l'utilizzo di un'apposita struttura che, ruotando sul suo asse Nord-Sud, ne consente la movimentazione giornaliera da Est a Ovest, coprendo un angolo sotteso tra $\pm 55^\circ$.

Le varie schiere di moduli saranno disposte secondo file parallele, la cui distanza ad interasse è calcolata in modo che l'ombra della fila antistante non interessi la fila retrostante per inclinazione del sole

sull'orizzonte pari o superiore a quella che si verifica a mezzogiorno del solstizio d'inverno a Bentivoglio. Il collegamento elettrico tra le strutture avverrà in tubo interrato.

4. ANALISI DEL FENOMENO DI ABBAGLIAMENTO VISIVO

4.1 Moto apparente del sole

Con abbagliamento visivo si intende la compromissione temporanea della capacità visiva dell'osservatore a seguito dell'improvvisa esposizione diretta ad una intensa sorgente luminosa.

L'irraggiamento globale è la somma dell'irraggiamento diretto e di quello diffuso, ossia l'irraggiamento che non giunge al punto di osservazione seguendo un percorso geometricamente diretto a partire dal sole, ma che viene precedentemente riflesso o scomposto.

Per argomentare il fenomeno dell'abbagliamento generato da moduli fotovoltaici nelle ore diurne occorre considerare diversi aspetti legati alla loro tecnologia, struttura e orientazione, nonché al movimento apparente del disco solare nella volta celeste e alle leggi fisiche che regolano la diffusione della luce nell'atmosfera.

Come è ben noto, in conseguenza della rotazione del globo terrestre attorno al proprio asse e del contemporaneo moto di rivoluzione attorno al sole, nell'arco della giornata il disco solare sorge ad est e tramonta ad ovest (ciò in realtà è letteralmente vero solo nei giorni degli equinozi).

In questo movimento apparente il disco solare raggiunge il punto più alto nel cielo al mezzogiorno locale e descrive un semicerchio inclinato verso la linea dell'orizzonte tanto più in direzione sud quanto più ci si avvicina al solstizio d'inverno (21 Dicembre) e tanto più in direzione nord quanto più ci si avvicina al solstizio d'estate (21 Giugno).

In Figura 1 viene raffigurato il movimento apparente del disco solare per un osservatore situato ad una latitudine nord attorno ai 45°.

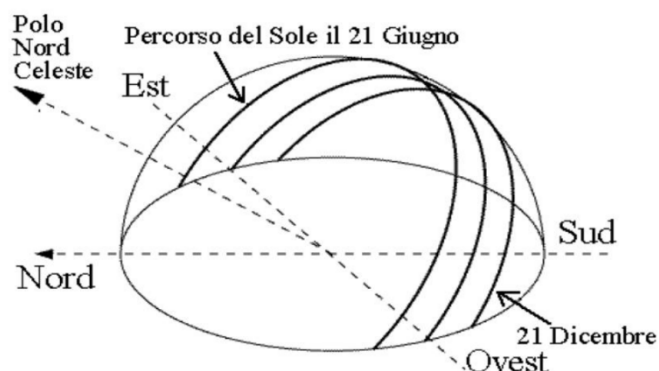


Figura 1 – Movimento apparente del disco solare per un osservatore situato ad una latitudine nord attorno ai 45°.

Il verificarsi di fenomeni di riflessione della radiazione luminosa incidente sui moduli fotovoltaici, percepiti da un punto fisso nello spazio, sono quindi ciclici in quanto legati al momento della giornata, alla stagione nonché alle condizioni meteorologiche.

Tali fenomeni, sono molto limitati in quanto la frazione di luce riflessa dai moduli fotovoltaici non superano il 3% dell'irraggiamento solare incidente sui moduli stessi.

In considerazione quindi della latitudine a cui è posto l'impianto fotovoltaico in esame dell'altezza dal suolo dei moduli fotovoltaici compresa tra 1 e 2.40 m e della inclinazione variabile da -55° a $+55^\circ$, il verificarsi e l'entità di fenomeni di riflessione ad altezza d'uomo della radiazione luminosa incidente alla latitudine a cui è posto l'impianto fotovoltaico in esame sarebbero teoricamente ciclici in quanto legati al momento della giornata, alla stagione nonché alle condizioni meteorologiche. In ogni caso, inoltre, la radiazione riflessa viene ridirezionata verso l'alto con un angolo rispetto al piano orizzontale tale da non colpire né le abitazioni circostanti, né, tantomeno, un eventuale osservatore posizionato ad altezza del suolo nelle immediate vicinanze della recinzione perimetrale dell'impianto. Una tale considerazione è valida tanto per i moduli fissi quanto per quelli dotati di sistemi di inseguimento (tracker).

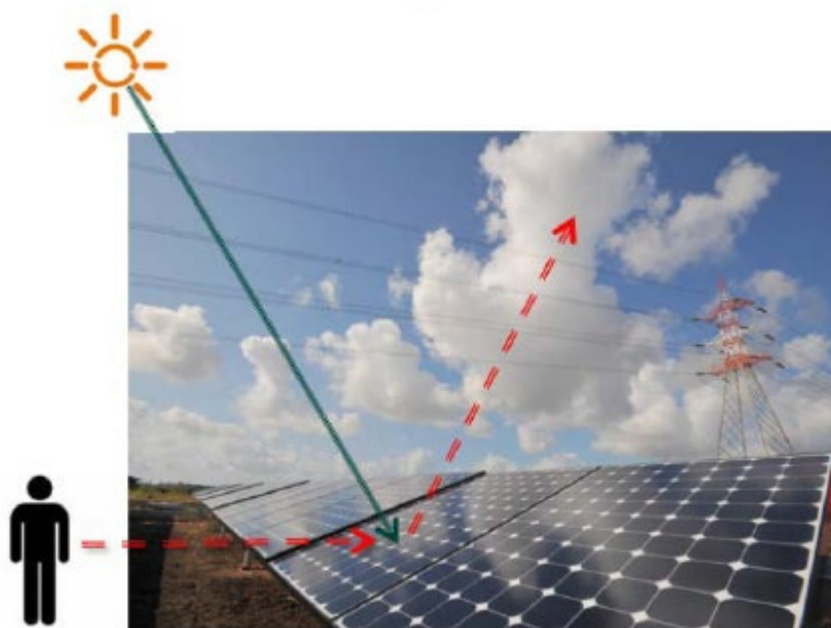


Figura 2 – Angolo di osservazione ad altezza d'uomo

In realtà il fenomeno può costituire un reale problema nel caso di moduli verticali, ovvero fissati sulle facciate di edifici o di altre strutture similari.

Infatti, il raggio incidente del sole che va a colpire una superficie specchiante viene riflesso sempre con un angolo simmetrico a quello incidente rispetto alla verticale della superficie.

Questo vuol dire che, nel caso di moduli con inclinazione sul piano orizzontale al massimo di 55 gradi, valutando i vari angoli di incidenza del sole nei vari periodi dell'anno, i raggi vengono riflessi sempre con

angolazioni molto elevate che non possono normalmente interessare strutture terrestri. La seguente Figura 4 esemplifica la situazione appena descritta.

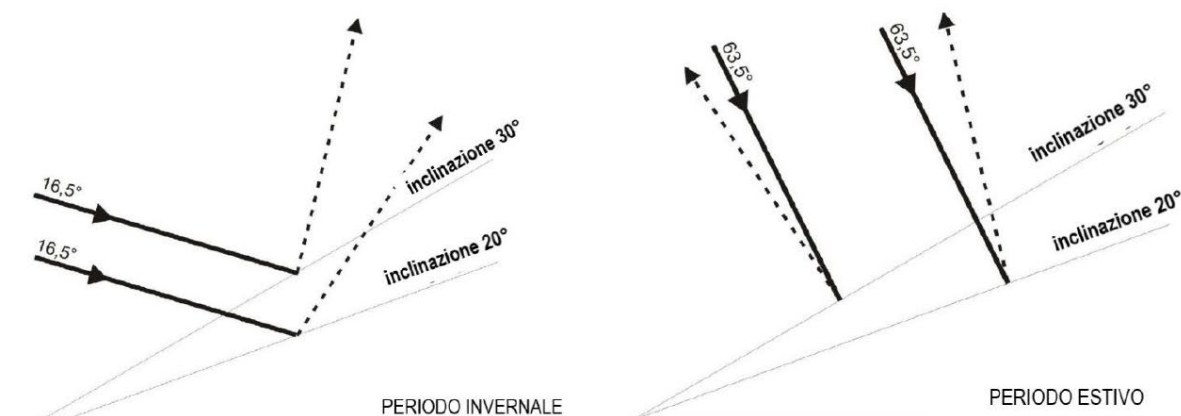


Figura 3

4.2 Rivestimento anti-riflettente

Le perdite per riflessione rappresentano un importante fattore nel determinare l'efficienza di un modulo fotovoltaico e ad oggi la tecnologia fotovoltaica ha individuato soluzioni in grado di minimizzare un tale fenomeno. Con l'espressione "perdite di riflesso" si intende l'irraggiamento che viene riflesso dalla superficie di un collettore o di un pannello oppure dalla superficie di una cella solare e che quindi non può più contribuire alla produzione di calore e/o di corrente elettrica.

Strutturalmente il componente di un modulo fotovoltaico a carico del quale è principalmente imputabile un tale fenomeno è il rivestimento anteriore del modulo e delle celle solari.

L'insieme delle celle solari costituenti i moduli fotovoltaici di ultima generazione è protetto frontalmente da un vetro temprato anti-riflettente ad alta trasmittanza il quale conferisce alla superficie del modulo un aspetto opaco che non ha nulla a che vedere con quello di comuni superfici finestate.

Al fine di minimizzare la quantità di radiazioni luminose riflesse, inoltre, le singole celle in silicio cristallino sono coperte esteriormente da un rivestimento trasparente antiriflesso grazie al quale penetra più luce nella cella, altrimenti la sola superficie in silicio rifletterebbe circa il 30% della luce solare.

Inoltre i moduli di ultima generazione sono caratterizzati da un vetro più esterno costituito da una particolare superficie, non liscia, che consente di aumentare la trasmissione dell'energia solare grazie ad una maggiore rifrazione della radiazione incidente verso l'interno del vetro e, quindi, verso le celle fotovoltaiche. Nel vetro, in particolare dei moduli in silicio amorfo in rapporto al policristallino, si verifica una maggiore riflessione dei raggi solari soprattutto per elevati angoli di incidenza (da 20° a 70°). Il progetto in esame prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici in silicio monocristallino di cui non è possibile, ad oggi, definire marca e modello a causa della continua evoluzione tecnologica a cui sono soggetti nel

corso degli anni. Fermo restando la tipologia dei pannelli fotovoltaici, in fase esecutiva si sceglierà la tecnologia più avanzata presente sul mercato.

4.3 Densità ottica dell'aria

Le stesse molecole componenti l'aria al pari degli oggetti danno luogo a fenomeni di assorbimento, riflessione e scomposizione delle radiazioni luminose su di esse incidenti, pertanto la minoritaria percentuale di luce solare che viene riflessa dalla superficie del modulo fotovoltaico, grazie alla densità ottica dell'aria è comunque destinata nel corto raggio ad essere ridirezionata, scomposta, ma soprattutto convertita in energia termica.

4.4 Abbagliamento

Per quanto riguarda il possibile fenomeno di abbagliamento, è noto che gli impianti che utilizzano l'energia solare come fonte energetica presentano possibili problemi di riflessione ed abbagliamento, determinati dalla riflessione della quota parte di energia raggiante solare non assorbita dai pannelli: si può tuttavia affermare che tale fenomeno è stato di una certa rilevanza negli anni passati soprattutto per l'uso dei cosiddetti "campi a specchio" o per l'uso di vetri e materiali di accoppiamento a basso potere di assorbimento, ed è stato registrato esclusivamente per le superfici fotovoltaiche "a specchio" montate sulle architetture verticali degli edifici. Vista l'inclinazione contenuta e la differenza di quota tra il suolo su cui sono posizionati i pannelli fotovoltaici e il piano su cui è posta l'autostrada a Nord dell'impianto, in rilevato, si considera poco probabile un fenomeno di abbagliamento per gli impianti posizionati su suolo nudo. Inoltre i nuovi sviluppi tecnologici per la produzione di celle fotovoltaiche fanno sì che, aumentando il coefficiente di efficienza delle stesse, diminuisca ulteriormente la quantità di luce riflessa (riflettenza superficiale caratteristica del pannello), e conseguentemente la probabilità di abbagliamento. L'aspetto generale della superficie dei pannelli di una centrale fotovoltaica, anche di non ultima generazione, è nel complesso simile a quello di una superficie lacustre, con tonalità di colore variabili dall'azzurro scuro al blu intenso, anche in funzione dell'albedo della volta celeste.

Inoltre, il raggio incidente del sole che va a colpire una superficie specchiante viene riflesso sempre con un angolo simmetrico a quello incidente rispetto alla verticale della superficie.

Quindi, nel caso di moduli ad esempio con inclinazione sul piano orizzontale di 55°, valutando i vari angoli di incidenza del sole nei vari periodi dell'anno, i raggi vengono riflessi sempre con angolazioni molto elevate che non possono normalmente interessare strutture terrestri.

Per quanto riguarda l'Autostrada "Bologna – Padova" A13, posta a OVEST dell'impianto, è necessario sottolineare che agli aspetti sopra enunciati, si aggiunge la differenza di quota tra il piano del suolo su cui

sono posti i pannelli e il piano dell'Autostrada, realizzata in rilevato (dislivello di 1-2m), che riduce ulteriormente la possibilità del fenomeno di abbagliamento sui veicoli transitanti sull'Autostrada.

Nel caso di autostrade nelle immediate vicinanze del campo fotovoltaico non sono prevedibili reali disturbi per il transito dei veicoli. Ne è la prova la presenza di impianti realizzati direttamente nelle immediate vicinanze delle autostrade in Italia ma anche all'estero. Alcuni esempi, sia in Italia che all'estero, sono l'autostrada Catania-Siracusa, in località Augusta-Melilli, l'autostrada del Brennero, nel Comune di Isera (TN), e, ancora, in Corea del Sud l'autostrada che collega Daejeon e Sejong, delle quali si riportano le immagini sottostanti.



Figura 4 – Impianto fotovoltaico a terra ubicato al di sopra delle gallerie artificiali dell'Autostrada Catania-Siracusa



Figura 5 – Moduli fotovoltaici installati su una barriera antirumore e fonoassorbente da Autostrada del Brennero



Figura 6 – Pista ciclabile alimentata ad energia solare costruita al centro dell'autostrada che collega Daejeon e Sejong

5. CONCLUSIONI E OPERE DI MITIGAZIONE

Quindi, in conclusione, la riflessione assume direzioni che possono interessare bersagli prossimi alla superficie terrestre (persone, veicoli, edifici) solo in presenza di angoli di incidenza prossimi a novanta gradi rispetto alla normale alla superficie del modulo fotovoltaico.

Tale condizione si può presentare esclusivamente nel periodo estivo e solamente nelle prime ore del mattino e verso le ore serali, quando il Sole si trova in posizione tale per cui il suo Azimuth sia minore di -90° o maggiore a $+90^\circ$, e ad una elevazione tale che i suoi raggi iniziano ad incidere sulla superficie frontale dei moduli stessi.

Si tratta comunque di un breve periodo di tempo, caratterizzato da una radiazione solare di modesta entità in quanto localizzate nelle prime ore del mattino e nelle tarde ore serali; a questo proposito si osserva che difficilmente quando la radiazione solare è modesta può determinare fenomeni di abbagliamento significativi, indipendentemente dalla tipologia del bersaglio.

Se a tutto questo aggiungiamo anche che la frazione di irraggiamento riflesso da un modulo fotovoltaico non supera il 3% di quella incidente sulla sua superficie), si può concludere che per l'impianto fotovoltaico in progetto non ci si attende nessun tipo di abbagliamento visivo significativo diretto verso bersagli quali persone, veicoli od edifici che si trovano nelle immediate vicinanze dell'impianto stesso.

La scelta progettuale del proponente ricomprende inoltre la realizzazione di una mascheratura perimetrale capace di mitigare l'impianto e ridurre qualsiasi ulteriore rischio di abbagliamento.

In tal senso, si propone l'utilizzo una fascia di mitigazione a due file con un sesto d'impianto della siepe arboreo-arbustiva multifila avente un passo di 1,50m lungo la fila e distanza di 3,00m tra le file. (rif. elaborato 1.14 e 1.14.1 dell'istanza P.A.U.R.)

Per la realizzazione della suddetta fascia di mitigazione i utilizzeranno le seguenti specie arboree/arbustive:

- Alberi: Ma, gelso o gelso bianco (*Morus alba* L.); Mn, moro o gelso nero (*Morus nigra* L.); Pc, mirabolano (*Prunus cerasifera* Ehrh.); Pr, amarena (*Prunus cerasus* L.).
- Arbusti: Ca, nocciolo (*Corylus avellana* L.); Co, vescicaria (*Colutea arborescens* L.); Cs, sanguinello (*Cornus sanguinea* L.); Ee, fusaria comune (*Euonymus europaeus* L.); Fa, frangola (*Frangula alnus* Mill.); Hr, olivello spinoso (*Hippophae rhamnoides* L.); Lv, ligustro (*Ligustrum vulgare* L.); Ps, prugnolo (*Prunus spinosa* L.); Rh, spino cervino (*Rhamnus cathartica* L.), Rc, Rosa canina

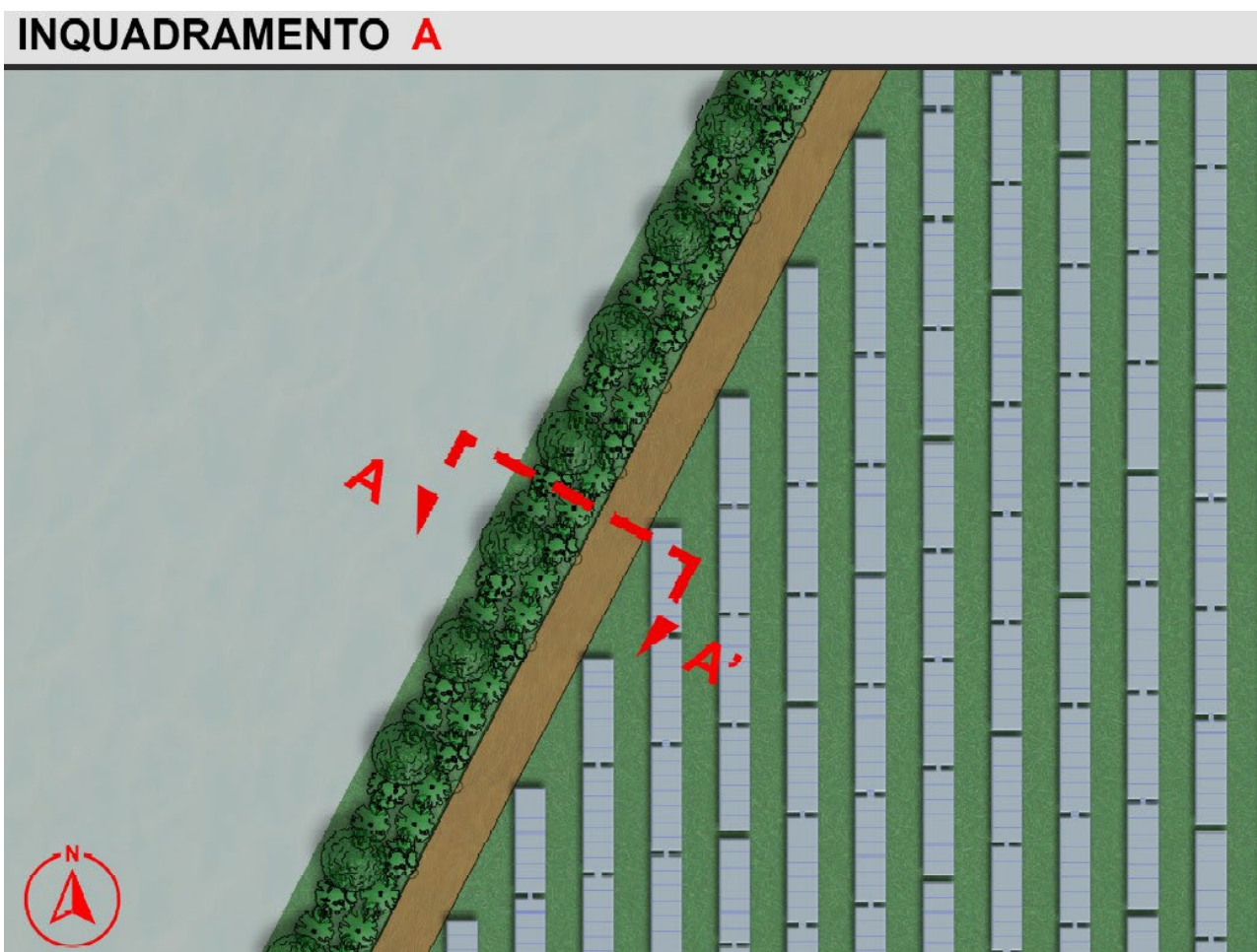
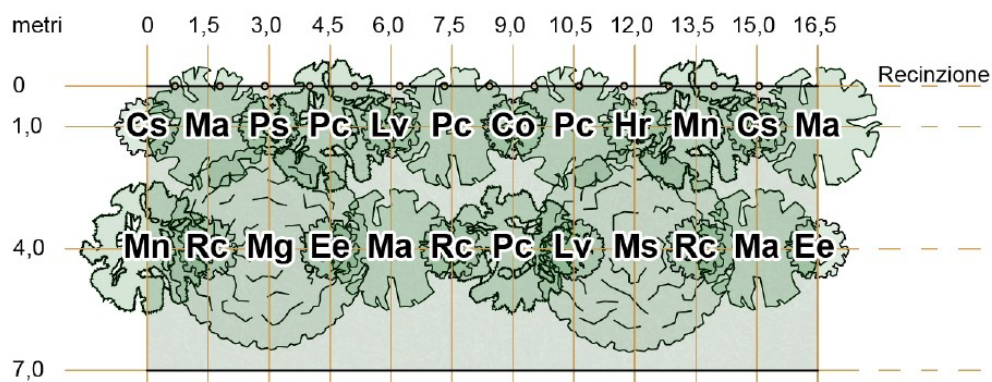
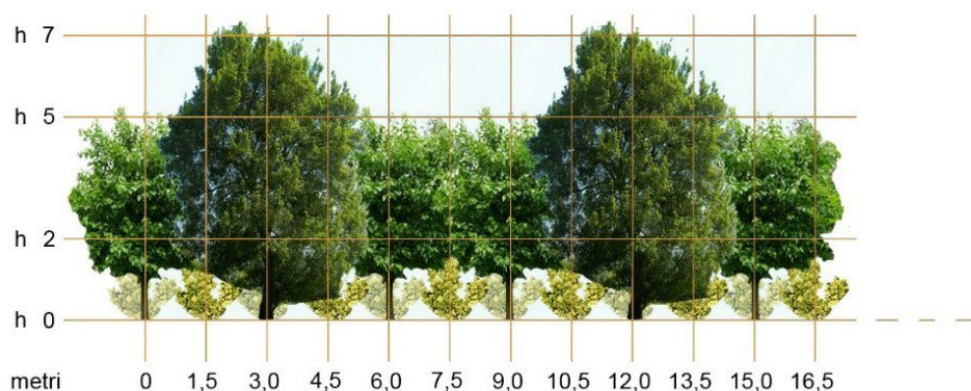


Figura 7 – Schema d'impianto planimetrico dell'area campione A - fascia di mitigazione Sez. A-A'

SESTO DI IMPIANTO **A**



PROSPETTO **A**



SEZIONE **A - A'**

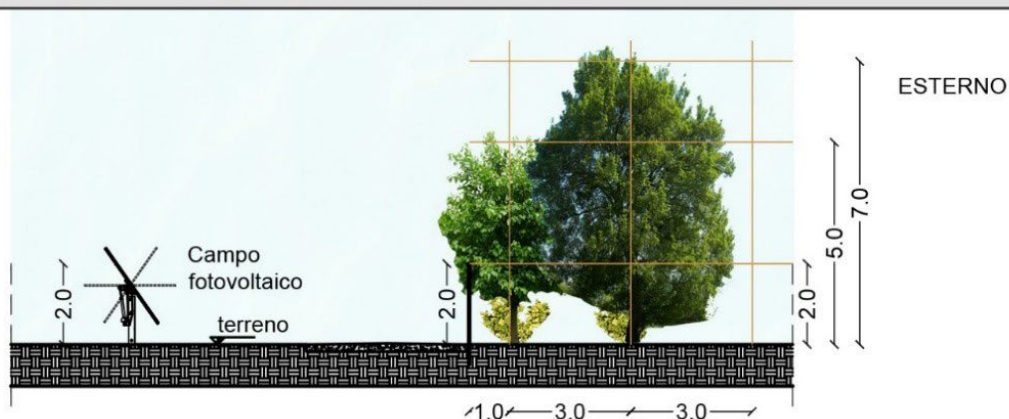


Figura 8 - Schema d'impianto prospetto, planimetria e sezione dell'area campione A - fascia di mitigazione Sez. A'-A''

In questo modo nel giro di un paio di stagioni, la mitigazione coprirà completamente la recinzione e gran parte dell'area interna.

Per chi si trova sulle strade limitrofe all'impianto, la visuale sarà dunque focalizzata sugli arbusti, evitando che i moduli fotovoltaici posti in secondo piano risultino disturbanti per i guidatori.

Si ritiene dunque che le scelte progettuali sopra riportate siano sufficienti a mitigare il rischio di abbagliamento derivante dal nascente impianto fotovoltaico.