

# ALFI GREEN S.R.L.

**Impianto Agrivoltaico Avanzato denominato “Bandissolo” da 24.979,5 kWp, abbinato a un sistema di accumulo elettrochimico da 12.000 kW, opere connesse ed infrastrutture indispensabili**

**Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE)**

**Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico Avanzato combinato con SdA e Opere Elettriche di Utenza**

**Allegato 18 – Analisi manovre dinamiche**

Rev 0 – Novembre 2024

Professionista incaricato: Ing. Daniele Cavallo – Ordine Ingegneri Prov. Brindisi n. 1220

## INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	METODOLOGIA.....	5
2.1	SOFTWARE UTILIZZATO: AUTODESK VEHICLE TRACKING .....	5
2.2	DEFINIZIONE PUNTI DI STUDIO.....	6
2.3	MEZZO AGRICOLO .....	8
3.	RISULTATI .....	10
4.	CONCLUSIONI.....	12

Questo documento è di proprietà di Alfi Green S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Alfi Green S.r.l.



## 1. PREMESSA

La società ALFI GREEN S.r.l. intende realizzare un impianto Agrivoltaico Avanzato ai sensi della normativa vigente, della potenza di 24.979,5 kWp, abbinato a un sistema di accumulo elettrochimico da circa 12.000 kW (di seguito denominato "Impianto"), che sarà situato nel comune di Argenta (FE). Limitatamente alle opere connesse sarà anche interessato il comune di Portomaggiore (FE).

Il progetto "**Bandissolo**", avrà una potenza complessiva in immissione pari a 30.000 kW e sarà collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto - Ravenna Canala" e alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore - Bando", come indicato dal Gestore di rete nella soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), trasmessa alla Società il 26 agosto 2024 e formalmente accettata il 13 settembre 2024.



Figura 1-1: Inquadramento delle opere progettuali su ortofoto

Le opere progettuali dell'impianto si possono così sintetizzare:

**1. Impianto agrivoltaico**– ubicato nel comune di Argenta (FE), sarà costituito da moduli fotovoltaici bifacciali e realizzato con strutture fisse orientate est-ovest. L'impianto è progettato per soddisfare pienamente i requisiti di impianto agrivoltaico avanzato ai sensi delle (i) **Linee Guida sugli impianti agrivoltaici**, pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) a giugno 2022, (ii) Norma tecnica CEI PAS 82-93 "Impianti Agrivoltaici", emanata a dicembre 2023, nonché (iii) del Decreto del Ministero dell'Ambiente della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023 N.436 (DM Agrivoltaico) recante le disposizioni per l'incentivazione della realizzazione dei sistemi agrivoltaici di natura sperimentali in attuazione dell'articolo 114 comma 1 del D.Lgs. N.199 del 2021

ed in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previste dal piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), e relative a regole operative emanate dal GSE. La potenza complessiva sarà pari a 24,98 MWp;

**2. Sistema di accumulo elettrochimico** (di seguito "BESS" o "SdA") – di tipo distribuito, sarà integrato all'interno dell'impianto agrivoltaico e interconnesso con lo stesso. Il sistema avrà una potenza di circa 12 MW, con una capacità di stoccaggio pari a 4 h;

**3. Linee in cavo interrato a 36 kV** (di seguito "Dorsali 36 kV") – collegheranno l'impianto fotovoltaico e le BESS alla cabina elettrica a 36 kV;

**4. Cabina elettrica a 36 kV** (di seguito "Cabina Utente") – sarà di proprietà della società e verrà posizionata all'interno dell'Impianto;

**5. Linea in cavo interrato a 36 kV** (di seguito "Linea 36 kV") – collegherà la Cabina Utente alla sezione a 36 kV della futura SE RTN 380/132/36 kV della RTN denominata "Portomaggiore", di proprietà di Terna. Tale linea si svilupperà per una lunghezza di circa 2,7 km;

**6. Stallo a 36 kV** (di seguito "Impianto di Rete") - consisterà nello stallo di arrivo produttore all'interno della sezione a 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto – Ravenna Canala" e alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore – Bando".

Il progetto della stazione Terna di "Portomaggiore" e dei relativi raccordi linea è già stato benestariato dal Gestore di Rete Terna S.p.A., ed autorizzato dagli enti competenti con D.D. n. DET-AMB-2024-3386 del 14/06/2024 rilasciata dall'ARPAE Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. Il progetto autorizzato della SE RTN 380/132/36 kV e dei relativi raccordi linea, pertanto, non fa parte delle opere da autorizzarsi con la presente istanza.

L'impianto è completamente situato all'interno di "aree idonee" come definite dall'art. 20, comma 8, lettera c-quater del D.Lgs. 199/2021 e successive modifiche. Di conseguenza, il progetto è soggetto a una procedura autorizzativa semplificata, prevista dall'art. 22 dello stesso decreto legislativo e ss.mm.ii.

La presente relazione riassume lo studio delle manovre dinamiche effettuato al fine di garantire una progettazione ottimale dell'impianto, assicurando al contempo un'efficiente circolazione dei mezzi agricoli all'interno dell'area descritta al punto 1.

## 2. METODOLOGIA

La presente analisi è stata condotta per garantire la compatibilità tra le operazioni agricole e le strutture del sito, con particolare attenzione alla movimentazione dei mezzi agricoli nelle manovre dinamiche. Si è cercato di verificare che tutte le operazioni possano svolgersi in condizioni di piena sicurezza, ottimizzando l'utilizzo degli spazi disponibili e minimizzando il rischio di interferenze con le strutture del sistema agrivoltaico avanzato. Lo studio è stato organizzato in due fasi principali.

- **Fase preliminare:** La prima fase dell'analisi è stata focalizzata sulla definizione del minimo spazio di manovra perimetrale necessario per consentire l'operatività del mezzo agricolo. Questa attività ha permesso di individuare le dimensioni essenziali per la progettazione del layout generale del sito. È stata condotta un'analisi teorica delle caratteristiche del mezzo agricolo più ingombrante e critico per valutare il suo comportamento in condizioni di manovra. I risultati ottenuti da questa fase sono stati utilizzati come input diretto per il disegno degli spazi operativi, assicurando un dimensionamento adeguato già nelle fasi di progettazione.
- **Fase di verifica e simulazione:** La seconda fase ha previsto una verifica dettagliata delle movimentazioni effettive del mezzo agricolo all'interno delle interfile e nelle aree più critiche, come le zone di svolta e giro alla fine delle strutture di supporto. Questa simulazione è stata essenziale per confermare la fattibilità operativa e per identificare eventuali vincoli o limitazioni. Particolare attenzione è stata dedicata alla verifica delle manovre nelle interfile, dove però non sono state rilevate criticità significative grazie alla configurazione avanzata dell'impianto. Le strutture, elevate da terra con un'altezza minima di 2,1 m e distanziate di 12 m, offrono spazio sufficiente per la movimentazione fluida anche dei mezzi più voluminosi.

Le principali esigenze tecniche e operative che hanno motivato lo studio vengono riportate di seguito.

- **Piano colturale definito dall'agronomo:** La coltivazione di erba medica, come previsto dal piano colturale, richiede un'efficienza operativa ottimale nelle fasi di raccolta e trasporto.
- **Scelta del mezzo più critico:** È stato scelto il mezzo agricolo con il raggio di curvatura più ridotto e le dimensioni più ingombranti, al fine di simulare le condizioni operative più sfidanti.
- **Collaborazione con esperti locali:** Sono stati analizzati i mezzi già in uso e si è dialogato con contoterzisti e aziende leader nella coltivazione di foraggiere per garantire che l'analisi fosse rappresentativa delle condizioni operative reali.
- **Punti critici:** Particolare attenzione è stata riservata ai giri e alle svolte alla fine delle strutture di supporto, identificati come le aree più sensibili. Tuttavia, grazie al distanziamento e all'elevazione delle strutture, tali manovre sono risultate pienamente compatibili con le esigenze operative.

### 2.1 SOFTWARE UTILIZZATO: AUTODESK VEHICLE TRACKING

Per l'analisi delle movimentazioni e delle manovre dinamiche è stato utilizzato **Autodesk Vehicle Tracking**, un applicativo integrato in AutoCAD. Questo strumento è stato impiegato per simulare il comportamento del carro trincia, con particolare attenzione alle manovre nelle interfile e nelle aree di svolta più critiche.

Il software ha consentito di tracciare le traiettorie del mezzo e verificare gli spazi operativi necessari, confermando che il layout progettato garantisce un transito sicuro. Grazie alla modellazione del veicolo con parametri personalizzati, sono state simulate manovre come i giri a fine fila, dimostrando l'assenza di interferenze con le strutture elevate e distanziate.

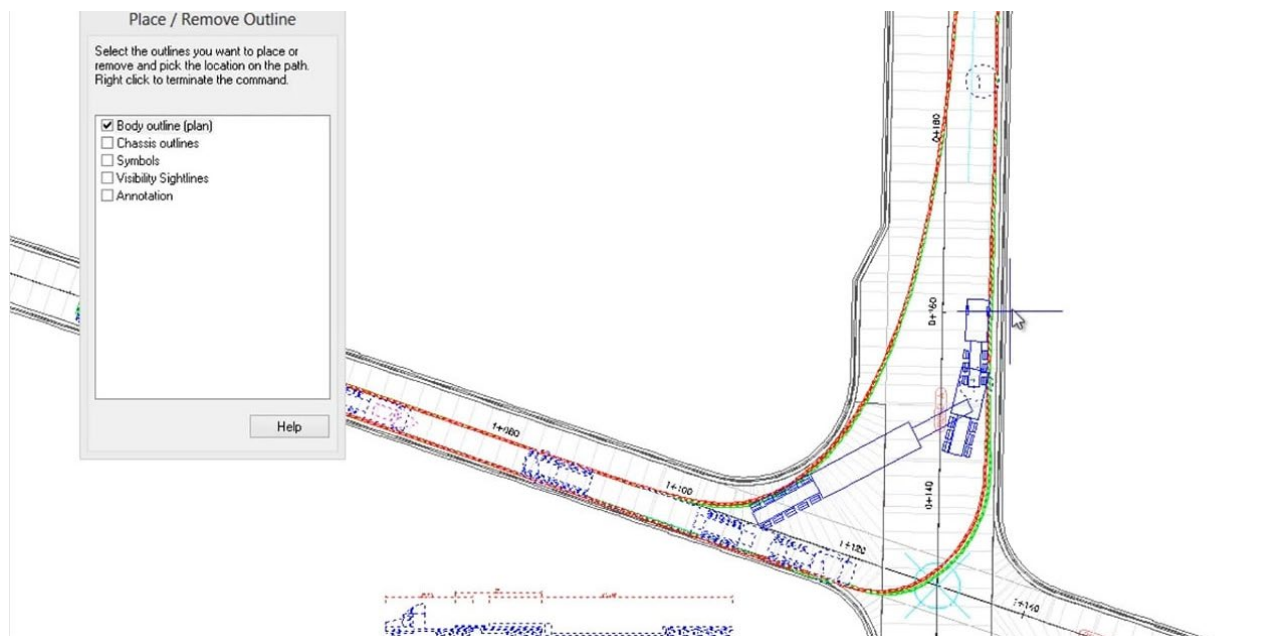


Figura 2-1: Esempio caso di analisi Autodesk Vehicle Tracking

I risultati sono stati integrati direttamente nei disegni tecnici, contribuendo alla validazione del layout e assicurando la compatibilità tra le esigenze agricole e le infrastrutture del sito.

## 2.2 DEFINIZIONE PUNTI DI STUDIO

Il layout dell'impianto è stato attentamente progettato per garantire una movimentazione fluida ed efficiente dei mezzi agricoli durante tutte le operazioni. L'accessibilità è assicurata da due punti di ingresso distinti: uno situato a sud, connesso alla Strada Provinciale S.P.48 "Portomaggiore-Argenta" tramite una strada privata che sarà adeguata e migliorata, e l'altro a nord, collegato alla viabilità comunale "Via Vanzume". Questa configurazione consente di ottimizzare i flussi logistici, garantendo una gestione razionale e ordinata dei percorsi operativi.





Figura 2-2: Individuazione punti di accesso

La strada interna dell'impianto, concepita per collegare i due punti di accesso, è stata progettata per consentire una movimentazione versatile dei mezzi agricoli. Questi la utilizzeranno sia per percorrerla lungo il suo asse principale sia per attraversarla trasversalmente, garantendo così una gestione fluida delle operazioni. Per agevolare il transito anche dei mezzi più grandi, la strada è stata realizzata a livello del piano campagna e dotata di griglie per carichi pesanti, una soluzione che assicura resistenza, durabilità e facilità di manutenzione nel tempo.



Figura 2-3: Esempio strada interna a livello piano campagna

Per l'analisi delle movimentazioni, sono stati individuati e studiati i punti più critici all'interno dell'impianto, corrispondenti alle svolte con il minor spazio disponibile. Questi casi sono stati considerati rappresentativi delle condizioni operative più sfidanti per le manovre del mezzo agricolo.

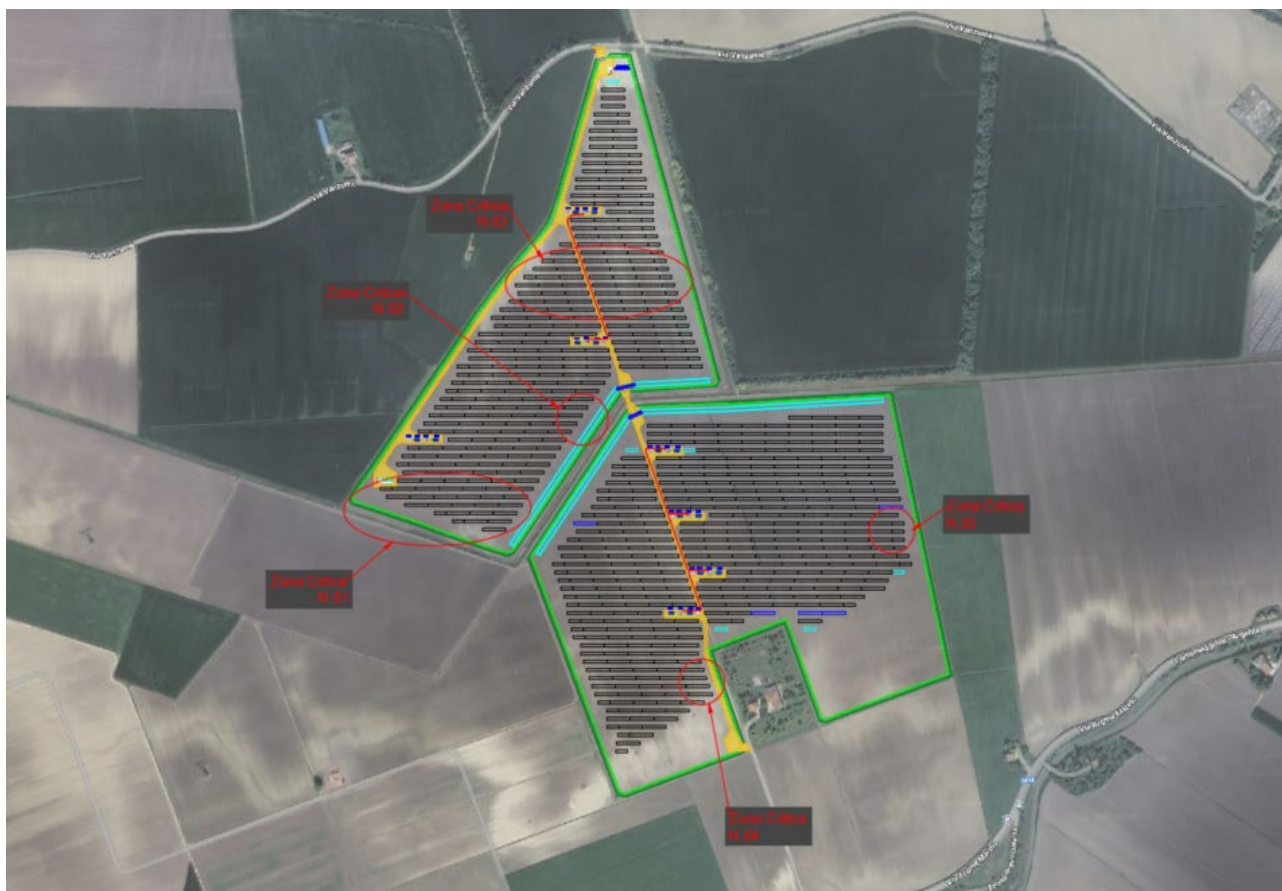


Figura 2-4: Individuazione zone analisi

L'analisi ha evidenziato che tutte le altre manovre da eseguire all'interno dell'impianto possono essere ricondotte a queste due situazioni, ma in condizioni meno restrittive, con più spazio disponibile per le svolte e i movimenti. Di conseguenza, lo studio dei punti critici ha consentito di valutare l'efficacia delle soluzioni progettuali adottate, confermando la capacità del layout di supportare in sicurezza tutte le operazioni, anche nelle aree meno impegnative.

## 2.3 MEZZO AGRICOLO

Per le analisi condotte è stato utilizzato un sistema composto da "trattore + carro trincia", modellato all'interno della libreria del software **Autodesk Vehicle Tracking**, per rappresentare fedelmente le caratteristiche dimensionali e tecnico-prestazionali del mezzo realmente impiegato sul campo. Il modello simulato presenta le seguenti caratteristiche principali:

Tabella 2-1: Parametri mezzo agricolo

Descrizione	Valore
Lunghezza complessiva	17,601 m
Larghezza complessiva	2,500 m



Altezza complessiva scocca	4,000 m
Altezza minima da terra scocca	0,942 m
Larghezza massima traccia	2,550 m
Tempo sterzata completa	6,00 s
Raggio di sterzata da cordolo a cordolo	5,750 m

Il sistema creato considera con precisione i **raggi di curvatura**, le **distanze tra gli assi**, e le **dimensioni di ganci e ruote anteriori e posteriori**, assicurando una simulazione rappresentativa delle condizioni operative reali.

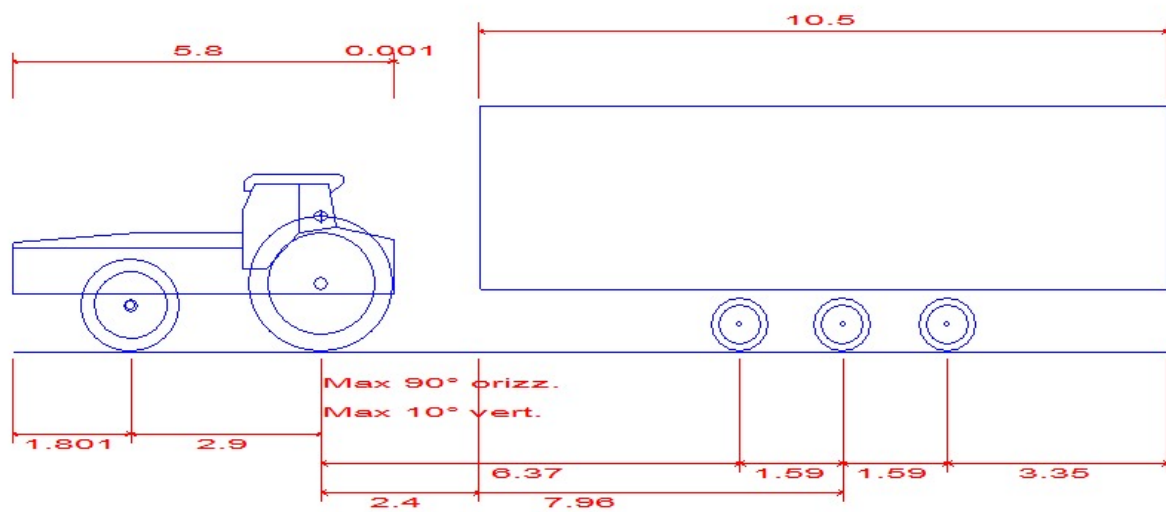


Figura 2-5: Schema tecnico mezzo agricolo utilizzato per l'analisi

### 3. RISULTATI

Le simulazioni effettuate hanno permesso di confermare la compatibilità tra le operazioni agricole e le strutture del sito, evidenziando come il layout progettato consenta una movimentazione fluida e sicura dei mezzi agricoli. In particolare, il sistema “trattore + carro trincia” è risultato pienamente operativo, riuscendo a effettuare le manovre più critiche senza interferenze con le strutture. Le traiettorie simulate mostrano che il mezzo può completare le svolte ogni due file di supporti sfruttando in maniera ottimale lo spazio disponibile.

Nelle immagini prodotte dall'analisi, è evidente la separazione tra i punti critici delle manovre, evidenziati in rosso per le posizioni finali delle ruote e in verde per la proiezione al suolo della scocca del mezzo. Questo livello di dettaglio ha confermato l'efficacia delle soluzioni progettuali adottate, garantendo che anche i mezzi più voluminosi possano operare senza vincoli o limitazioni.

Di seguito sono riportate diverse immagini che riassumono e sintetizzano i principali risultati dello studio condotto.



Figura 3-1: Analisi manovre dinamiche zona critica N.01



Figura 3-2: Analisi manovre dinamiche zona critica N.02



Figura 3-3: Analisi manovre dinamiche zona critica N.03

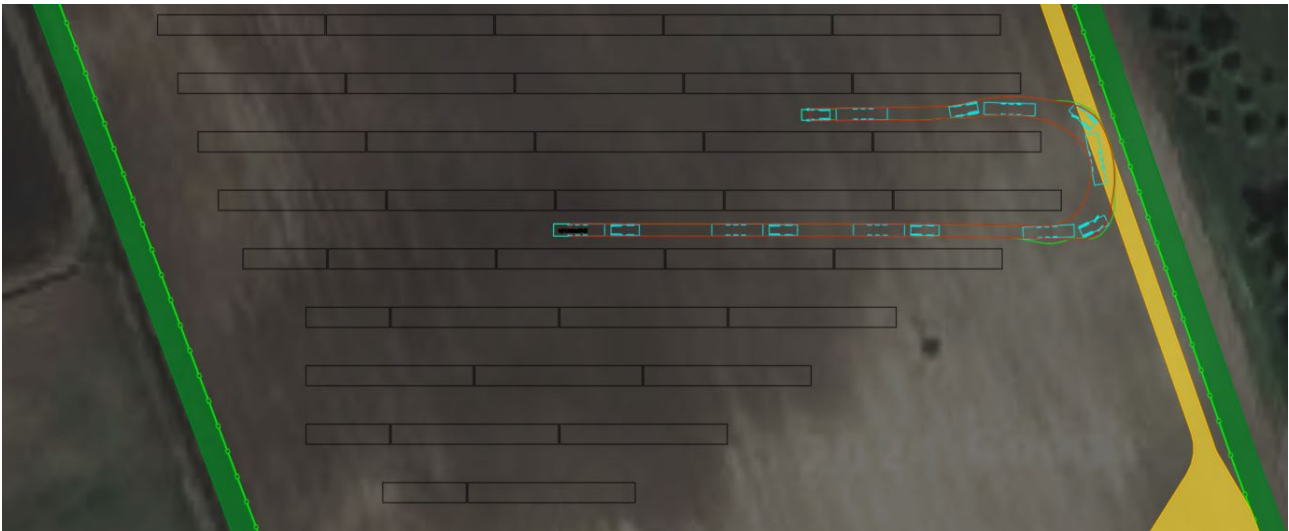


Figura 3-4: Analisi manovre dinamiche zona critica N.04



Figura 3-5: Analisi manovre dinamiche zona critica N.05



## 4. CONCLUSIONI

L'analisi effettuata, supportata dall'uso di strumenti avanzati di simulazione come Autodesk Vehicle Tracking, ha confermato la piena compatibilità tra la componente agricola e quella elettrica dell'impianto, evidenziando una progettazione integrata e ottimale. Le simulazioni, condotte considerando il mezzo agricolo più ingombrante e critico, hanno validato le traiettorie e le operazioni nei punti più delicati, dimostrando che tutte le attività agricole – raccolta, trasporto e manutenzione – possono essere svolte in totale sicurezza e senza interferenze con le strutture di supporto o altri elementi visibili dell'impianto.

Il layout progettato, concepito per affrontare le condizioni operative più sfidanti, ottimizza l'utilizzo degli spazi e garantisce una gestione sicura ed efficiente. La presenza di percorsi logistici ben definiti, con accessi distinti e una rete stradale interna razionalizzata, facilita il transito dei mezzi agricoli, assicurando un flusso operativo fluido e riducendo al minimo qualsiasi rischio.

I risultati confermano che il sistema agrivoltaico avanzato, grazie al suo design accurato e alla capacità di rispondere alle esigenze dei mezzi più impegnativi, garantisce una coesistenza armoniosa e priva di compromessi tra le attività agricole e la produzione di energia, offrendo un modello di integrazione sostenibile e altamente efficiente.