



## IMPIANTI AGROVOLTAICI S'Arrideli e Narbonis

## COMUNE DI URAS

PROPONENTE



CVA EOS s.r.l.  
via Stazione 31  
11024 Châtillon (AO)

### VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

CODICE ELABORATO

OGGETTO:  
Agricoltura 4.0 - Programmazione delle attività e monitoraggio

VIA  
R08.1

COORDINAMENTO



BRUNO MANCA | STUDIO TECNICO DI INGEGNERIA

📍 CENTRO COMMERCIALE LOCALITA' "PINTOREDDU", SN  
STUDIO TECNICO 1° PIANO INTERNO 4P 09028 SESTU  
☎ +39 347 5965654 € P.IVA 02926980927  
📧 SDI: W7YVJK9 ATTESTATO ENAC N° I.A.PRA.003678  
📧 INGBRUNOMANCA@GMAIL.COM PEC: BRUNO.MANCA@INGPEC.EU  
🌐 WWW.BRUNOMANCA.COM 🌐 WWW.UMBRAS360.COM

GRUPPO DI LAVORO S.I.A.

Dott.ssa Geol. Cosima Atzori  
Dott. Ing. Fabio Massimo Calderaro  
Dott. Giulio Casu  
Dott. Agr. Federico Corona  
Dott.ssa Ing. Silvia Exana  
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorio  
Dott. Ing Bruno Manca  
Dott. Nat. Maurizio Medda  
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas  
Dott. Nat. Fabio Schirru  
Dott. Archeol. Matteo Tatti

REDATTORE

Dott. Agronomo Vincenzo Sechi

00	febbraio 2022	Prima emissione
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE

FORMATO  
ISO A4 - 297 x 210



## **Allegato 1**

### **Agricoltura 4.0 – Programmazione delle attività e Monitoraggio Impianto agrovoltaico S'Arrideli**

			<b>Pag. 1 a 16</b>
			Data Febbraio 2022

## 1. Introduzione

Il sottoscritto Dottore Agronomo Vincenzo Sechi, specializzato in gestione faunistica e ambientale, iscritto all'Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali di Oristano Sez. A con il n.187, ha ricevuto incarico dalla Società GPC Tre s.r.l. avente sede in Via Sardegna,69 Roma (RM), al fine di procedere con la stesura della Relazione inerente la programmazione delle attività ed il monitoraggio derivante dalla applicazione delle tecniche dell'agricoltura 4.0. La presente Relazione apporterà il suo contributo specialistico nell'ambito del procedimento di valutazione di Impatto Ambientale riguardante i progetti di competenza statale, come definito dall'allegato II del D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 (T.U. in materia ambientale pubblicato su G.U. n. 88 del 14 aprile 2006) e dell'art. 31 comma 6 della L.n. 108 del 29 luglio 2021, conversione in Legge del D.L. n. 77 del 31 maggio 2021, che include nelle competenze statali gli "impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW", inerente la realizzazione di un impianto agrovoltaiico da realizzarsi in agro del Comune di Uras sito in località "S'Arrideli", denominato "FV S'Arrideli". Per le specifiche tecniche del progetto si rimanda alla Relazione Agronomica e pedologica, alla Relazione tecnica generale e alla Relazione disciplinare descrittivo impianto. La presente relazione ha come obiettivo quello di fornire un quadro degli interventi che la Società proponente (GPC Tre s.r.l.) intende porre in essere relativamente all'utilizzo per il progetto agrovoltaiico citato in precedenza, delle tecnologie derivanti dalla applicazione delle tecniche di monitoraggio **dell'agricoltura 4.0.**

Di seguito si propone una sintesi del Progetto di miglioramento agronomico con produzione di energia elettrica denominato FV S'Arrideli, tratto dalla Relazione Agronomica e pedologica:

La "Sa' Trebina Società Cooperativa Srl" conduce attualmente una azienda agricola estesa circa 40 ettari, dei quali la S.A.U. ammonta a circa 32 ettari, irrigui o potenzialmente irrigui; le colture praticate sono quelle cerealicolo-foraggere, tipiche di una azienda ad ordinamento produttivo zootecnico quale è quella esaminata;



L'allevamento è composto mediamente da circa 300 capi ovini ed è ad indirizzo lattiero-caseario; tuttavia, nonostante siano presenti all'interno dell'azienda i fabbricati per la caseificazione, le condizioni economiche nelle quali versa attualmente l'impresa ne hanno comportato l'interruzione e la dismissione ed il latte prodotto viene conferito al caseificio artigianale "Su Pranu" dei F.lli Manca, con sede in Siamanna (OR);

Le attuali condizioni di coltivazione ed allevamento rendono l'azienda fortemente dipendente dagli approvvigionamenti esterni per il soddisfacimento del fabbisogno alimentare zootecnico aziendale;

Per far fronte alle esigenze economiche e rendere nuovamente produttiva l'azienda agricola, la Coop. Trebina ha accolto l'idea della società proponente di realizzare un impianto agrovoltaico sull'intera superficie - le cui caratteristiche tecnico-costruttive di dettaglio sono contenute nella relazione tecnica di progetto – che le consentisse non solo di proseguire con le attuali attività agricole ma anche di ripristinare la trasformazione del latte presso i propri impianti, previa formulazione di un piano di sviluppo e conversione, business e action plan;

Lo studio agronomico compiuto ha messo in luce, oltre alle caratteristiche pedologiche del sito, il fatto che con il layout di impianto previsto gli impatti sulla superficie coltivabile sono del tutto trascurabili e che anzi in virtù delle operazioni di bonifica previste (demolizione di fabbricati obsoleti e fatiscenti, abbattimento dell'impianto di pawlonia) e della modifica della viabilità interna, si ottiene un leggero incremento della SAU che passa da 32 ettari coltivabili a 33 ettari;

La presenza dei pannelli su tracker alti circa 2,5 m da terra con movimento eliotropico non è d'ostacolo all'utilizzo agronomico delle superfici impegnate che possono essere adibite alle coltivazioni foraggere (anche per la fienagione) ed al pascolo; a tal proposito sono stati consultati alcuni recenti studi scientifici, riportati anche nell'elaborato "Relazione agronomica e pedologica", i quali confermano che a fronte di una minima riduzione di produzione, corrisponde un miglioramento qualitativo delle specie foraggere prodotte tali da incrementare il valore nutrizionale



dell'erba al punto da rendere le performance produttive al pari delle coltivazioni a pieno campo;

Il confronto effettuato sui bilanci economico-estimativi *ex-ante* ed *ex-post* ha evidenziato che si possono ottenere i medesimi risultati operativi dalla gestione dell'allevamento, addirittura leggermente migliori, senza operare sul management aziendale;

Nella gestione agronomica *ex-post* si ritiene opportuno inoltre valorizzare il contesto agrario favorendo la biodiversità mediante la conversione delle coltivazioni dalle attuali mono – oligo- colture alla coltivazione di miscugli prativi ricchi di specie erbacee appartenenti alle leguminose, soprattutto di origine regionale (AGRIS: progetto RisGenSar);

Con un adeguato Piano di Sviluppo Aziendale (PSA) che miri ad incentivare la sostenibilità ambientale ed economica del progetto (attraverso pratiche agricole sostenibili, l'adesione alle misure agroambientali del PSR, miglioramento del management zootecnico con programmazione dei cicli produttivi e dei conseguenti approvvigionamenti alimentari) si ritiene che sia possibile migliorare le performance aziendali, ripristinare la multifunzionalità agricola ed incrementare l'offerta occupazionale.

#### **L'agricoltura 4.0**

L'agricoltura 4.0 è il risultato dell'applicazione di una serie di tecnologie innovative nel campo dell'agrifood, e può essere considerata come un "upgrade" dell'agricoltura di precisione. Questo grazie all'automatizzazione della raccolta, dell'integrazione e dell'analisi dei dati che provengono direttamente dai campi grazie a sensori e altre fonti. Le tecnologie digitali 4.0 in questo contesto sono utili per supportare grazie all'analisi dei dati, l'agricoltore nella sua attività quotidiana e nella pianificazione delle strategie per la propria attività, compresi i rapporti con tutti gli anelli della filiera, generando un circolo virtuoso in grado di creare valore, non solo per la singola azienda ma anche a cascata per i suoi partner. Grazie a queste nuove soluzioni e all'applicazione delle tecnologie digitali così, dall'IoT



all'intelligenza artificiale, dall'analisi di grandi quantità di dati ai trattori a guida autonoma, fino all'utilizzo dei droni, le aziende agricole possono aumentare la profittabilità e la sostenibilità economica, ambientale e sociale della propria attività. L'inizio dell'applicazione di tecnologie per l'agricoltura di precisione in Italia risale agli anni '90: si tratta in pratica di utilizzare soluzioni digitali per interventi specifici, che tengano conto in particolare delle esigenze del suolo e delle piante. Il fine di questi interventi è quello di migliorare quanto più possibile la resa produttiva delle piantagioni e contenere sia i costi e l'impatto ambientale. Di questa categoria fanno parte ad esempio tutti gli interventi per rendere più efficiente l'irrigazione senza sprecare risorse idriche né far soffrire le piante, le tecnologie per il planting adattate alle caratteristiche biochimiche e fisiche del suolo su cui si interviene, la somministrazione di antiparassitari commisurate alle esigenze specifiche di ogni singola area e pianta, o di fertilizzanti soltanto nella quantità necessaria e nei tempi più utili. Per questo l'agricoltura di precisione, oltre a essere il predecessore più prossimo dell'agricoltura 4.0, è anche uno dei cardini di quest'ultima, perché mette le basi per adattare i processi produttivi alle singole necessità grazie a interventi mirati e tempestivi in grado di adattarsi alle esigenze del momento. La base per rendere più efficaci queste tecnologie è l'utilizzo in tempo reale dei dati che provengono dai campi. Grazie ai sensori che possono trasmettere informazioni, installati sui campi o sulle macchine agricole, sarà infatti possibile prendere decisioni tempestive ed efficaci, che potranno essere affidate anche a sistemi automatizzati. In linea generale i principali vantaggi dell'agricoltura 4.0 sono quelli, come dicevamo, di una razionalizzazione dell'uso delle risorse, e quindi principalmente economici per le aziende della filiera. Ma un percorso dei prodotti, dal campo alla tavola, improntato a massimizzare la sostenibilità ha un impatto positivo anche sulla salute, dal momento che sarà possibile portare fino ai consumatori finali prodotti più controllati e più freschi rispetto a quanto avviene con le tecniche tradizionali. Per quantificare questi vantaggi, si parla di un risparmio attorno al 30% per gli input produttivi e di un aumento del 20% della produttività, con un utilizzo molto limitato di sostanze chimiche. Puntando poi l'attenzione sull'utilizzo dei dati, c'è da aggiungere che poter contare sull'analisi in tempo reale delle informazioni che provengono dai campi è estremamente utile per gestire ogni attività legata all'agricoltura in modo più veloce e quindi anche efficiente. Grazie all'analisi dei dati infatti sarà possibile improntare al massimo dell'efficienza l'utilizzo delle macchine agricole, o utilizzare soltanto la quantità di acqua necessaria, senza sprechi. Grazie allo stesso set di informazioni inoltre sarà possibile



prevenire le patologie delle piante o contrastarne i parassiti, limitando i danni nel momento in cui si dovessero verificare problemi grazie al monitoraggio costante e simultaneo delle coltivazioni. Ed è bene sottolineare che si tratta di vantaggi che si possono ottenere indipendentemente dal tipo di coltura.

Ecco di seguito alcune delle tecnologie utili nella “digital tranformation” delle aziende agricole

### **Agrometeorologia**

parliamo in questo caso delle applicazioni che possono essere utilizzate per integrare nelle strategie di coltivazione le informazioni che provengono dalle previsioni meteo, grazie anche ad automatismi che possono trovare applicazione in seguito alla raccolta e all’analisi in tempo reale dei dati provenienti dalle diverse fonti, come sensori o transazioni computer based, ed essere strutturati o destrutturati.

### **Big Data**

si tratta dell’insieme delle informazioni che possono essere generate da strumenti diversi e che possono essere utili per efficientare la produzione. Questi dati possono provenire da fonti eterogenee, come sensori o transazioni computer based, ed essere strutturati o destrutturati. La chiave è sempre la capacità di integrarli e analizzarli in real time, in modo da dare risultati affidabili da cui possa essere estratto o generato valore.

### **Blockchain**

Parliamo in questo caso delle tecnologie della famiglia della Distributed Ledger Technology: sistemi che permettono ai nodi di una rete di raggiungere il consenso sulle modifiche di un registro distribuito in assenza di un ente centrale, in cui il registro distribuito è strutturato come una catena di blocchi contenenti transazioni. Si tratta di soluzioni particolarmente utili per la tracciabilità della produzione, dal campo alla tavola, certificando i requisiti dei prodotti in termini di sostenibilità.



Nello specifico trattandosi per l'impianto agrovoltaico proposto, di superfici che saranno rese idonee ad ospitare la coltivazione di erbai e pascoli migliorati attualmente in **asciutto ma in futuro potenzialmente irrigabili con impianti gestiti con tecnologie derivanti da agricoltura 4.0**, si intendono porre in essere le seguenti attività di monitoraggio:

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



Figura n.1: Stazione principale e sensori meteo climatici

Il sistema offrirà, oltre all'analisi dei dati raccolti, anche modelli per l'analisi dello sviluppo e/o del rischio di infezione delle principali avversità fitosanitarie (in base alla coltura). Per ciascun punto di rilevazione il sistema valuta le condizioni microclimatiche in relazione ai diversi cicli di sviluppo dei patogeni, con particolare riferimento alle temperature ed alle ore di bagnatura fogliare (distinguendo tra pagina superiore e inferiore delle foglie) rilevate all'interno della chioma e/o al livello della vegetazione, caratteristica essenziale per ottenere una maggiore affidabilità dei modelli agronomici. Con l'ausilio di questi modelli, gli agronomi possono avere dati oggettivi e misurabili per decidere le migliori strategie fitosanitarie e verificare l'efficacia dei trattamenti effettuati.

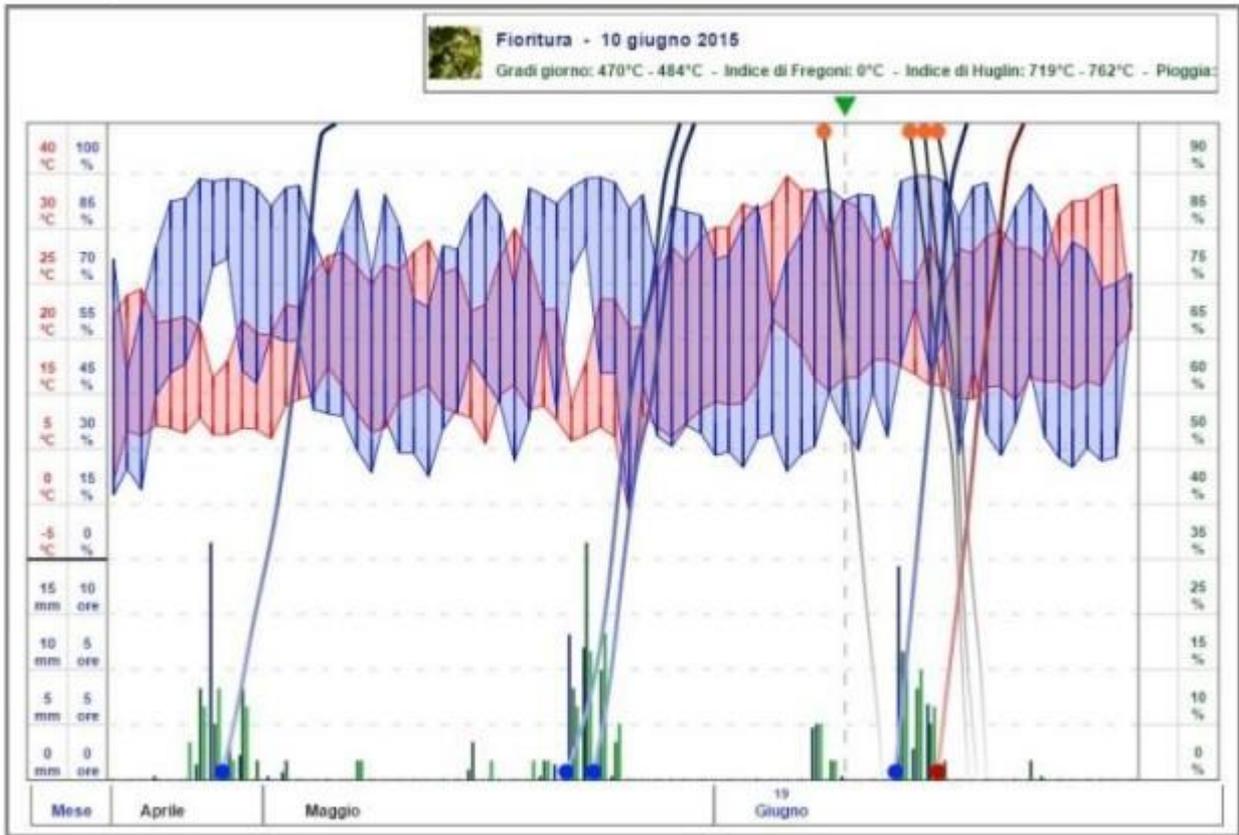


Figura n.2: Esempio di un grafico riguardante il rischio di infezione delle principali fitopatologie

Il sistema proposto prevede anche un modello di calcolo del fabbisogno idrico della pianta, in relazione alle condizioni meteo-climatiche ed allo stadio di sviluppo della coltura. Tramite tali modelli, il sistema restituisce, giorno per giorno ed in ciascun punto di misura, il quantitativo di acqua persa per evaporazione dal suolo e traspirazione della pianta, traducendo le quantità in litri per metro quadrato. In aggiunta, i sensori volumetrici di misura dell'umidità del suolo consentono di misurare in modo accurato la percentuale di acqua nel terreno, a più profondità. Anche in **assenza di impianto di irrigazione**, come nel caso di studio, queste informazioni sono di grande utilità per decidere le lavorazioni del terreno e la gestione dell'apparato fogliare.

Tutti i dati raccolti saranno archiviati permanentemente in apposito database. Sarà quindi possibile realizzare e stampare report annuali, con l'indicazione dei dati medi



e cumulati delle varie grandezze meteorologiche, e comparare tali dati con le fasi indicate nell'agenda fenologica disponibile sul sistema, anno per anno.

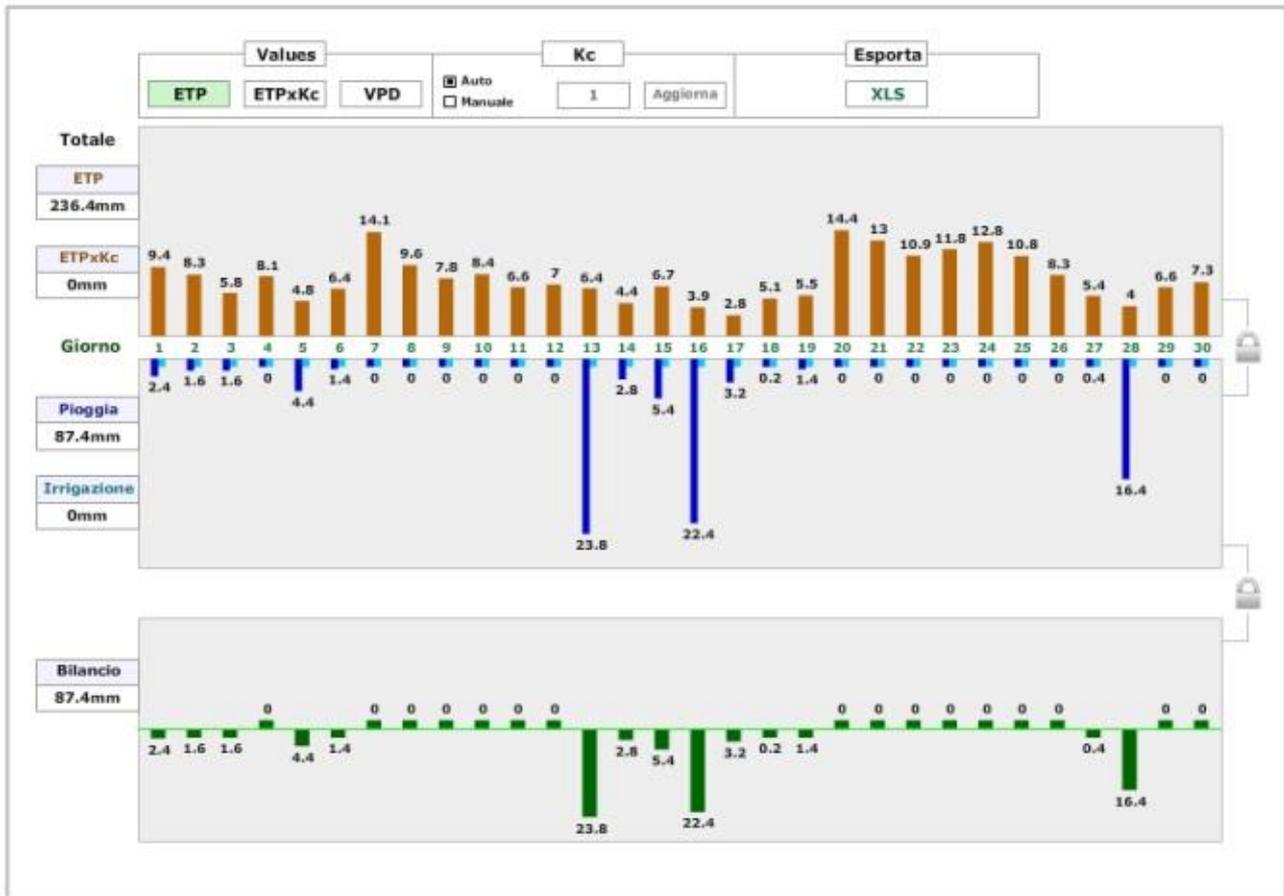


Figura n.3: Esempio di un grafico per il calcolo del fabbisogno idrico

Nell'impianto agrovoltico denominato "S'Arrideli", saranno istallate le seguenti apparecchiature:



Descrizione	
<p><b>Unità centrale AgriSense IoT:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Unità centrale con <b>Pluviometro</b> (pioggia in mm), <b>Anemometro</b> (intensità e direzione del vento), <b>barometro</b>, <b>radiazione solare</b>, <b>termo-igrometro</b> (temperatura ed umidità dell'aria)</li><li>• Trasmissione dati 2G (opz. LTE-NBIOT)</li><li>• Ricevitore wireless IoT</li><li>• Kit fotovoltaico (pannello 20W / batteria 44Ah) con regolatore elettronico</li><li>• Palo di installazione, zincato, due sezioni di 150 cm con boccolo di fissaggio</li></ul>	
<p><b>N. 3 Unità wireless IoT con sensori meteo-climatici:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Unità wireless IoT con <b>pluviometro</b>, <b>radiazione solare</b>, <b>termo-igrometro</b> (temperatura ed umidità dell'aria)</li><li>• Un sensore di <b>Umidità e temperatura del terreno FDR capacitivi</b></li><li>• Alimentazione a batteria, durata 1 anno</li><li>• Distanza fino a 8000 m LOS da unità centrale</li></ul>	
<p><b>Accesso ai dati su cloud LiveData</b> Accesso ai dati via web da PC, smartphone e tablet con piattaforma Netsens LiveData ®</p>	
<p><b>Installazione in campo</b> Installazione e configurazione della stazione eseguita dai nostri tecnici specializzati. Breve formazione sull'impiego della stazione e del software Netsens LiveData ®</p>	

Il sistema di gestione e le apparecchiature adottate, saranno inoltre utilizzati anche per la realizzazione e successiva gestione e manutenzione delle fasce verdi perimetrali e per le operazioni di espianto e reimpianto nel medesimo sito di esemplari arborei inclusa la manutenzione triennale. Il tutto è meglio descritto nelle apposite appendici della relazione botanica.



## Conclusioni

A seguito di quanto esposto, in ragione delle condizioni agronomiche attuali dei terreni interessati dal progetto e delle operazioni di miglioramento agronomico, produttivo e ambientale dei terreni, si può affermare che sotto il profilo agronomico i terreni avranno nel breve volgere di 3 anni un miglioramento consistente. Dal 4° anno l'incremento della fertilità del suolo per l'apporto della sostanza organica lasciata sul terreno dal pascolo migliorato sarà ogni anno incrementata. Questa condizione virtuosa contribuirà anche all'aumento della composizione floristica delle specie erbacee costituenti il pascolo migliorato (che inevitabilmente ospiterà nel tempo specie pabulari anche spontanee) a vantaggio del ripristino e successivo mantenimento di un agro-eco-sistema naturale, importante anche per garantire habitat privilegiati per la fauna selvatica e per l'entomofauna e la microfauna utile (inclusi gli insetti pronubi).

In virtù di una gestione agronomica e zootecnica attenta, razionale e sinergica con le opere in progetto, implementata con l'utilizzo delle tecnologie di monitoraggio costante altamente innovative **dell'agricoltura 4.0**, si può pertanto concludere che l'investimento proposto non prevede interventi che possano compromettere in alcun modo il suolo agrario e anche in ragione delle operazioni di monitoraggio continuo sopra descritte avrà ricadute oltremodo positive per le superfici coinvolte e per tutto il territorio circostante, sia in termini di miglioramento agronomico, faunistico, paesaggistico ed ambientale.

**In definitiva**, appare possibile affermare che gli impatti previsti dal progetto proposto per entrambi gli impianti siano compensati e mitigati sia sotto gli aspetti agronomico-ambientali che sotto il profilo produttivo aziendale. Inoltre, bisogna considerare i benefici economici derivanti dalla concessione in uso dei terreni per la produzione di energia rinnovabile, che consentirebbero all'impresa Sa' Trebina di appianare la situazione di tensione finanziaria in cui versa da diversi anni e di poter affrontare nuovi investimenti volti ad efficientare l'attività prevalente.



Peraltro si rileva che l'avvicinamento fra le due aziende scaturito dal presente progetto può innescare il fenomeno del co-farming, ovvero la creazione di una rete di collaborazione fra aziende agricole tale per cui l'azienda Sa' Trebina potrebbe usufruire per le proprie necessità di parte del raccolto dell'azienda Balliana e viceversa; ad esempio mediante il pascolamento delle stoppie dei cereali si concretizzerebbe il duplice obiettivo di alimentare una parte del gregge ovino di Sa' Trebina, ottenendo una buona pulizia del campo (senza interrimento o trinciatura degli stocchi o delle stoppie) con un sensibile miglioramento dell'umificazione della sostanza organica.

*Il tecnico*

*Dott. Agronomo Vincenzo Sechi*

			<b>Pag. 14 a 16</b>
			Data Febbraio 2022

## BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

1. Aroca-Delgado, R., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á. J., & Velázquez-Martí, B. (2018). Compatibility between crops and solar panels: An overview from shading systems. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 3). MDPI AG.
2. Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 54, pp. 299–308). Elsevier Ltd
3. Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I., & Robertson, B. (2010). Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24(6), 1644–1653.
4. Horváth, Gábor, Miklós Blahó, Ádám Egri, György Kriska, István Seres, and Bruce Robertson. 2010. “Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects.” *Conservation Biology* 24(6):1644–53. doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x.
5. Lovich J.E., Ennen J.R., 2013. Wildlife conservation and solar energy development in the desert Southwest, United States *BioScience*, 61 (12), pp. 982-992.
6. Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66.
7. Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Technoeconomic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265.
8. Obergfell T., 2013. *Agrovoltaik: Landwirtschaft unter Photovoltaik an lagen* (German). Master thesis. University of Kassel
9. Proctor, K. W., Murthy, G. S., & Higgins, C. W. (2021). Agrivoltaics align with green new deal goals while supporting investment in the us’ rural economy. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–11.



**SITI INTERNET CONSULTATI**

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>

<https://doi.org/10.3390/su10030743>

<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518>.

<https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>



## Allegato 2

### Agricoltura 4.0 – Programmazione delle attività e Monitoraggio Impianto agrovoltaico Narbonis

		[Parole chiave]	Pag. 1 a 15
			Data Febbraio 2022

## 1. Introduzione

Il sottoscritto Dottore Agronomo Vincenzo Sechi, specializzato in gestione faunistica e ambientale, iscritto all'Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali di Oristano Sez. A con il n.187, ha ricevuto incarico dalla Società GPC Tre s.r.l. avente sede in Via Sardegna,69 Roma (RM), al fine di procedere con la stesura della Relazione inerente la programmazione delle attività ed il monitoraggio derivante dalla applicazione delle tecniche dell'agricoltura 4.0. La presente Relazione apporterà il suo contributo specialistico nell'ambito del procedimento di valutazione di Impatto Ambientale riguardante i progetti di competenza statale, come definito dall'allegato II del D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 (T.U. in materia ambientale pubblicato su G.U. n. 88 del 14 aprile 2006) e dell'art. 31 comma 6 della L.n. 108 del 29 luglio 2021, conversione in Legge del D.L. n. 77 del 31 maggio 2021, che include nelle competenze statali gli "impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW", inerente la realizzazione di un impianto agrovoltaico da realizzarsi in agro del Comune di Uras sito in località "Narbonis", denominato "FV Narbonis". Per le specifiche tecniche del progetto si rimanda alla Relazione Agronomica e pedologica, alla Relazione tecnica generale e alla Relazione disciplinare descrittivo impianto. La presente relazione ha come obiettivo quello di fornire un quadro degli interventi che la Società proponente (GPC Tre s.r.l.) intende porre in essere relativamente all'utilizzo per il progetto agrovoltaico citato in precedenza, delle tecnologie derivanti dalla applicazione delle tecniche di monitoraggio **dell'agricoltura 4.0.**

Di seguito si propone una sintesi del Progetto di miglioramento agronomico con produzione di energia elettrica denominato FV Narbonis, tratto dalla Relazione Agronomica e pedologica:

L'Azienda agricola Balliana è estesa complessivamente per circa 84 ettari, mentre il presente progetto di miglioramento agronomico e di produzione di energia elettrica ne coinvolge circa 20, tutti irrigui o potenzialmente irrigui;

Le colture praticate sono quelle cerealicolo-foraggere, tipiche di una azienda ad ordinamento produttivo zootecnico quale è quella esaminata;

		[Parole chiave]	Pag. 2 a 15
			Data Febbraio 2022

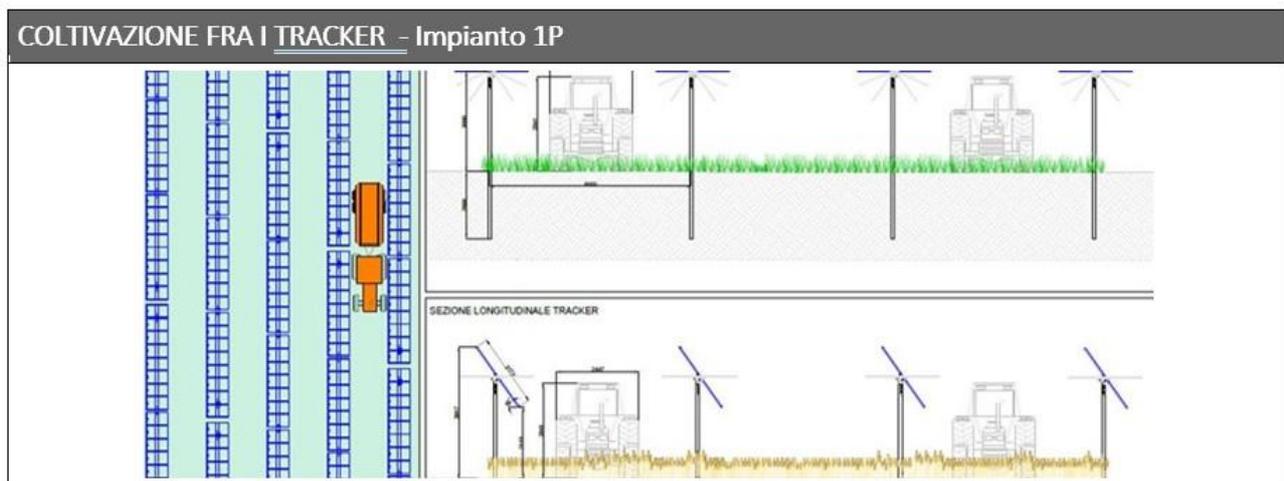


l'allevamento è composto mediamente da circa 500 capi bovini da latte ad alta specializzazione, stabulate in altro sito; il latte prodotto viene conferito alla Cooperativa 3A Arborea;

Lo studio agronomico compiuto ha messo in luce, oltre alle caratteristiche pedologiche del sito, il fatto che con il layout di impianto previsto gli impatti sulla superficie coltivabile sono del tutto trascurabili in quanto non vengono meno le condizioni di coltivazione e la riduzione di superficie coltivabile risulta di entità trascurabile;

La presenza dei pannelli su tracker alti circa 2,5 m da terra con movimento eliotropico e con una singola fila di pannelli non è d'ostacolo all'utilizzo agronomico delle superfici impegnate che possono essere adibite alle coltivazioni foraggere (anche per la fienagione);

A tal proposito si è prevista la possibilità di collaborare con l'Università degli studi di Sassari – Dipartimento di Agraria al fine di verificare i risultati dei citati studi scientifici consultati e riportati nell'elaborato Relazione agronomica e pedologica, dai quali emerge che l'ombreggiamento delle coltivazioni produce un miglioramento qualitativo delle specie foraggere prodotte tali da incrementare il valore nutrizionale delle specie erbacee, dei fieni e degli insilati.



## L'agricoltura 4.0

L'agricoltura 4.0 è il risultato dell'applicazione di una serie di tecnologie innovative nel campo dell'agrifood, e può essere considerata come un "upgrade" dell'agricoltura di

		[Parole chiave]	Pag. 3 a 15
			Data Febbraio 2022



precisione. Questo grazie all'automatizzazione della raccolta, dell'integrazione e dell'analisi dei dati che provengono direttamente dai campi grazie a sensori e altre fonti. Le tecnologie digitali 4.0 in questo contesto sono utili per supportare grazie all'analisi dei dati, l'agricoltore nella sua attività quotidiana e nella pianificazione delle strategie per la propria attività, compresi i rapporti con tutti gli anelli della filiera, generando un circolo virtuoso in grado di creare valore, non solo per la singola azienda ma anche a cascata per i suoi partner. Grazie a queste nuove soluzioni e all'applicazione delle tecnologie digitali così, dall'IoT all'intelligenza artificiale, dall'analisi di grandi quantità di dati ai trattori a guida autonoma, fino all'utilizzo dei droni, le aziende agricole possono aumentare la profittabilità e la sostenibilità economica, ambientale e sociale della propria attività. L'inizio dell'applicazione di tecnologie per l'agricoltura di precisione in Italia risale agli anni '90: si tratta in pratica di utilizzare soluzioni digitali per interventi specifici, che tengano conto in particolare delle esigenze del suolo e delle piante. Il fine di questi interventi è quello di migliorare quanto più possibile la resa produttiva delle piantagioni e contenere sia i costi che l'impatto ambientale. Di questa categoria fanno parte ad esempio tutti gli interventi per rendere più efficiente l'irrigazione senza sprecare risorse idriche né far soffrire le piante, le tecnologie per il planting adattate alle caratteristiche biochimiche e fisiche del suolo su cui si interviene, la somministrazione di antiparassitari commisurata alle esigenze specifiche di ogni singola area e pianta, o di fertilizzanti soltanto nella quantità necessaria e nei tempi più utili. Per questo l'agricoltura di precisione, oltre a essere il predecessore più prossimo dell'agricoltura 4.0, è anche uno dei cardini di quest'ultima, perché mette le basi per adattare i processi produttivi alle singole necessità grazie a interventi mirati e tempestivi in grado di adattarsi alle esigenze del momento. La base per rendere più efficaci queste tecnologie è l'utilizzo in tempo reale dei dati che provengono dai campi. Grazie ai sensori che possono trasmettere informazioni, installati sui campi o sulle macchine agricole, sarà infatti possibile prendere decisioni tempestive ed efficaci, che potranno essere affidate anche a sistemi automatizzati. In linea generale i principali vantaggi dell'agricoltura 4.0 sono quelli, come dicevamo, di una razionalizzazione dell'uso delle risorse, e quindi principalmente economici per le aziende della filiera. Ma un percorso dei prodotti, dal campo alla tavola, improntato a massimizzare la sostenibilità ha un impatto positivo anche sulla salute, dal momento che sarà possibile portare fino ai consumatori finali prodotti più controllati e più freschi rispetto a quanto avviene con le tecniche tradizionali. Per quantificare questi vantaggi, si parla di un risparmio attorno

		[Parole chiave]	Pag. 4 a 15
			Data Febbraio 2022



al 30% per gli input produttivi e di un aumento del 20% della produttività, con un utilizzo molto limitato di sostanze chimiche. Puntando poi l'attenzione sull'utilizzo dei dati, c'è da aggiungere che poter contare sull'analisi in tempo reale delle informazioni che provengono dai campi è estremamente utile per gestire ogni attività legata all'agricoltura in modo più veloce e quindi anche efficiente. Grazie all'analisi dei dati infatti sarà possibile improntare al massimo dell'efficienza l'utilizzo delle macchine agricole, o utilizzare soltanto la quantità di acqua necessaria, senza sprechi. Grazie allo stesso set di informazioni inoltre sarà possibile prevenire le patologie delle piante o contrastarne i parassiti, limitando i danni nel momento in cui si dovessero verificare problemi grazie al monitoraggio costante e simultaneo delle coltivazioni. Ed è bene sottolineare che si tratta di vantaggi che si possono ottenere indipendentemente dal tipo di coltura.

Ecco di seguito alcune delle tecnologie utili nella "digital transformation" delle aziende agricole

### **Agrometeorologia**

parliamo in questo caso delle applicazioni che possono essere utilizzate per integrare nelle strategie di coltivazione le informazioni che provengono dalle previsioni meteo, grazie anche ad automatismi che possono trovare applicazione in seguito alla raccolta e all'analisi in tempo reale dei dati provenienti dalle diverse fonti, come sensori o transazioni computer based, ed essere strutturati o destrutturati.

### **Big Data**

si tratta dell'insieme delle informazioni che possono essere generate da strumenti diversi e che possono essere utili per efficientare la produzione. Questi dati possono provenire da fonti eterogenee, come sensori o transazioni computer based, ed essere strutturati o destrutturati. La chiave è sempre la capacità di integrarli e analizzarli in real time, in modo da dare risultati affidabili da cui possa essere estratto o generato valore.

### **Blockchain**

		[Parole chiave]	Pag. 5 a 15
			Data Febbraio 2022



Parliamo in questo caso delle tecnologie della famiglia della Distributed Ledger Technology: sistemi che permettono ai nodi di una rete di raggiungere il consenso sulle modifiche di un registro distribuito in assenza di un ente centrale, in cui il registro distribuito è strutturato come una catena di blocchi contenenti transazioni. Si tratta di soluzioni particolarmente utili per la tracciabilità della produzione, dal campo alla tavola, certificando i requisiti dei prodotti in termini di sostenibilità.

Nello specifico trattandosi per l'impianto agrovoltico proposto, di superfici che sono attualmente destinate alla produzione di coltivazioni foraggere **irrigue** destinate alla alimentazione di bovine da latte stabulate in altro sito, si intendono porre in essere le seguenti attività di monitoraggio:

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

		[Parole chiave]	Pag. 6 a 15
			Data Febbraio 2022



Figura n.1: Stazione principale e sensori meteo climatici

Il sistema offrirà, oltre all'analisi dei dati raccolti, anche modelli per l'analisi dello sviluppo e/o del rischio di infezione delle principali avversità fitosanitarie (in base alla coltura). Per ciascun punto di rilevazione il sistema valuta le condizioni microclimatiche in relazione ai diversi cicli di sviluppo dei patogeni, con particolare riferimento alle temperature ed alle ore di bagnatura fogliare (distinguendo tra pagina superiore e inferiore delle foglie) rilevate all'interno della chioma e/o al livello della vegetazione, caratteristica essenziale per ottenere una maggiore affidabilità dei modelli agronomici. Con l'ausilio di questi modelli, gli agronomi possono avere dati oggettivi e misurabili per decidere le migliori strategie fitosanitarie e verificare l'efficacia dei trattamenti effettuati.

		[Parole chiave]	Pag. 7 a 15
			Data Febbraio 2022

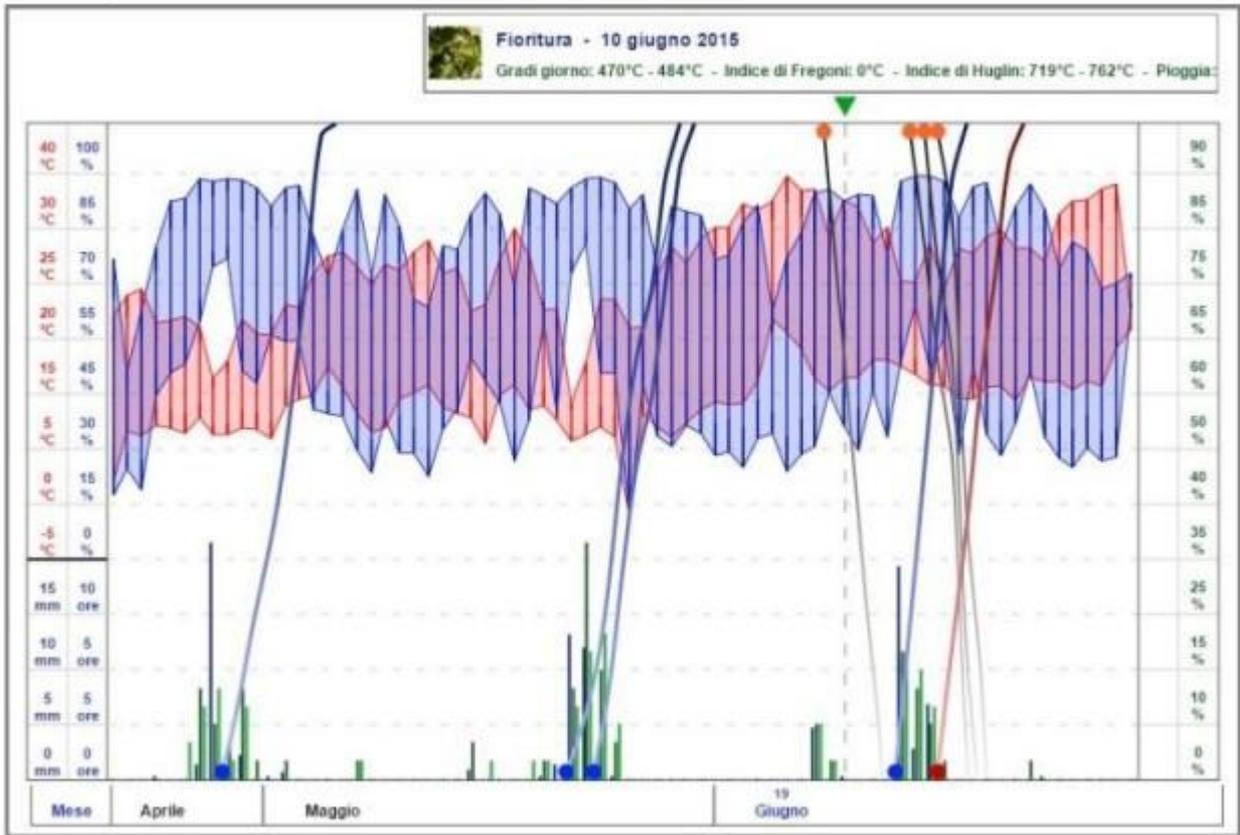


Figura n.2: Esempio di un grafico riguardante il rischio di infezione delle principali fitopatologie

Il sistema proposto prevede anche un modello di calcolo del fabbisogno idrico della pianta, in relazione alle condizioni meteo-climatiche ed allo stadio di sviluppo della coltura. Tramite tali modelli, il sistema restituisce, giorno per giorno ed in ciascun punto di misura, il quantitativo di acqua persa per evaporazione dal suolo e traspirazione della pianta, traducendo le quantità in litri per metro quadrato. In aggiunta, i sensori volumetrici di misura dell'umidità del suolo consentono di misurare in modo accurato la percentuale di acqua nel terreno, a più profondità. Anche in **presenza di impianto di irrigazione**, come nel caso di studio, queste informazioni sono di grande utilità per decidere le lavorazioni del terreno e la gestione dell'apparato fogliare.

Tutti i dati raccolti saranno archiviati permanentemente in apposito database. Sarà quindi possibile realizzare e stampare report annuali, con l'indicazione dei dati medi



e cumulati delle varie grandezze meteorologiche, e comparare tali dati con le fasi indicate nell'agenda fenologica disponibile sul sistema, anno per anno.

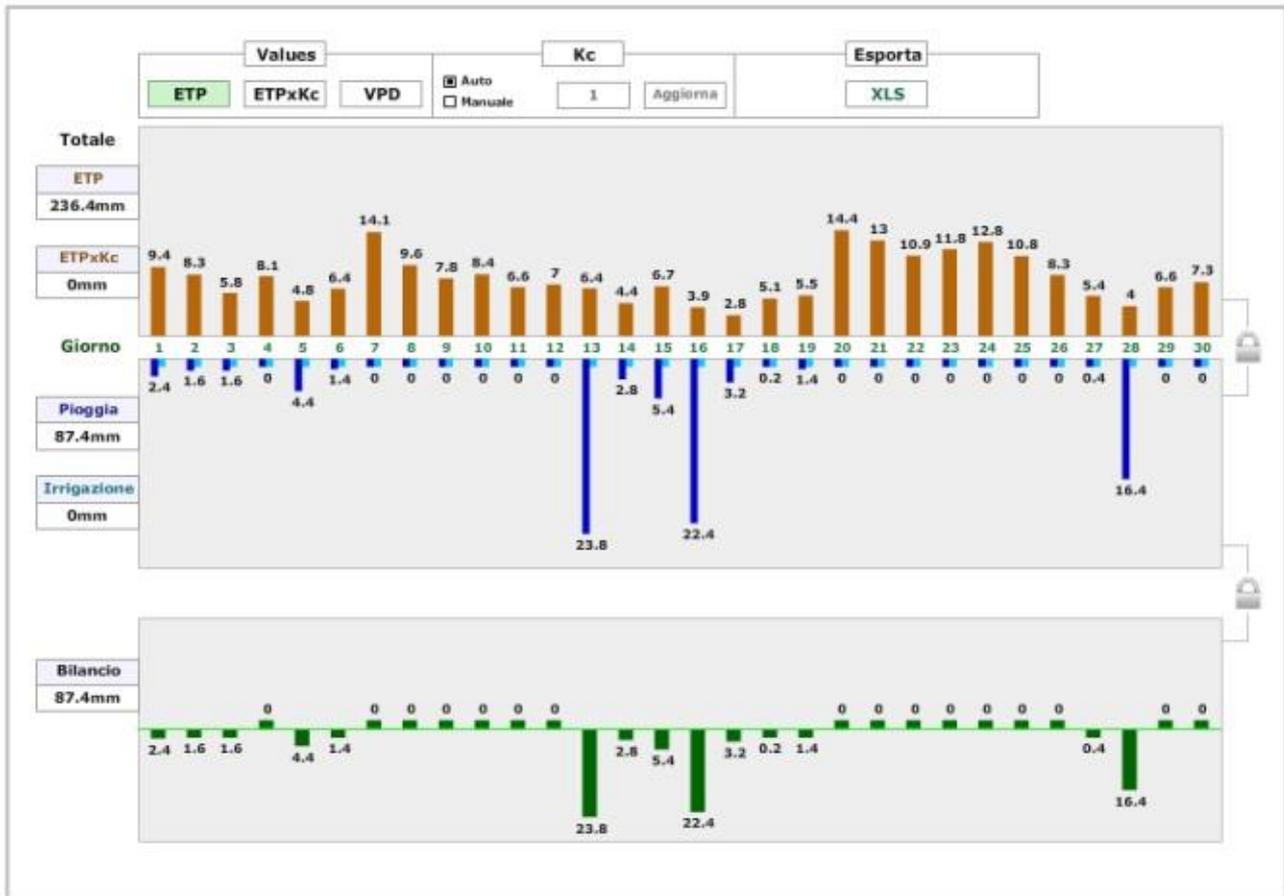


Figura n.3: Esempio di un grafico per il calcolo del fabbisogno idrico

Nell'impianto agrivoltaico denominato "Narbonis", saranno installate le seguenti apparecchiature:

		[Parole chiave]	Pag. 9 a 15
			Data Febbraio 2022



Descrizione	
<p><b>Unità centrale AgriSense IoT:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unità centrale con <b>Pluviometro</b> (pioggia in mm), <b>Anemometro</b> (intensità e direzione del vento), <b>barometro</b>, <b>radiazione solare</b>, <b>termo-igrometro</b> (temperatura ed umidità dell'aria)</li> <li>• Trasmissione dati 2G (opz. LTE-NBIOT)</li> <li>• Ricevitore wireless IoT</li> <li>• Kit fotovoltaico (pannello 20W / batteria 44Ah) con regolatore elettronico</li> <li>• Palo di installazione, zincato, due sezioni di 150 cm con boccolo di fissaggio</li> </ul>	
<p><b>N. 3 Unità wireless IoT con sensori meteo-climatici:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unità wireless IoT con <b>pluviometro</b>, <b>radiazione solare</b>, <b>termo-igrometro</b> (temperatura ed umidità dell'aria)</li> <li>• Un sensore di <b>Umidità e temperatura del terreno FDR capacitivi</b></li> <li>• Alimentazione a batteria, durata 1 anno</li> <li>• Distanza fino a 8000 m LOS da unità centrale</li> </ul>	
<p><b>Accesso ai dati su cloud LiveData</b>            Accesso ai dati via web da PC, smartphone e tablet con piattaforma Netsens LiveData ®</p>	
<p><b>Installazione in campo</b>            Installazione e configurazione della stazione eseguita dai nostri tecnici specializzati. Breve formazione sull'impiego della stazione e del software Netsens LiveData ®</p>	

Il sistema di monitoraggio e le apparecchiature adottate, saranno inoltre utilizzati anche per la realizzazione e successiva gestione e manutenzione delle fasce verdi e delle alberate perimetrali e, per le operazioni di espanto e reimpianto nel medesimo sito di esemplari arborei inclusa la manutenzione triennale. Il tutto è meglio descritto nelle apposite appendici della relazione botanica.

		[Parole chiave]	<b>Pag. 10 a 15</b> Data Febbraio 2022
--	--	-----------------	--



### Località Narbonis



Foto n.1: Ortofoto indicante il posizionamento della unità centrale ed il posizionamento delle n. 3 unità wireless con IoT e sensori meteo-climatici

## Conclusioni

A seguito di quanto esposto, in ragione delle condizioni agronomiche attuali dei terreni interessati dal progetto e delle operazioni di miglioramento agronomico, produttivo e ambientale dei terreni, che verranno poste in essere, si può affermare che sotto il profilo agronomico i terreni avranno nel breve volgere di 3 anni un miglioramento consistente. Dal 4° anno l'incremento della fertilità del suolo per l'apporto della sostanza organica lasciata sul terreno sarà ogni anno incrementata. Questa condizione virtuosa contribuirà anche all'aumento della composizione floristica delle specie erbacee costituenti le coltivazioni foraggere (che inevitabilmente ospiterà nel tempo specie pabulari anche spontanee) a vantaggio del ripristino e successivo mantenimento di un agro-eco-sistema semi-naturale, importante anche per garantire habitat privilegiati per la fauna selvatica e per l'entomofauna e la microfauna utile (inclusi gli insetti pronubi).

In virtù di una gestione agronomica e zootecnica attenta, razionale e sinergica con le opere in progetto, implementata con l'utilizzo delle tecnologie di monitoraggio costante altamente innovative **dell'agricoltura 4.0**, si può pertanto concludere che l'investimento proposto non prevede interventi che possano compromettere in alcun modo il suolo agrario e anche in ragione delle operazioni di monitoraggio sopra descritte avrà ricadute oltremodo positive per le superfici coinvolte e per tutto il territorio circostante, sia in termini di miglioramento agronomico, faunistico, paesaggistico ed ambientale.

Peraltro si rileva che l'avvicinamento fra le due aziende scaturito dal presente progetto può innescare il fenomeno del co-farming, ovvero la creazione di una rete di collaborazione fra aziende agricole tale per cui l'azienda Sa' Trebina (Località S'Arrideli) potrebbe usufruire per le proprie necessità di parte del raccolto dell'azienda Balliana (Località Narbonis) e viceversa; ad esempio mediante il pascolamento delle stoppie dei cereali si concretizzerebbe il duplice obiettivo di alimentare una parte del gregge ovino di Sa' Trebina,

		[Parole chiave]	Pag. <b>12</b> a <b>15</b>
			Data Febbraio 2022



ottenendo una buona pulizia del campo (senza interrimento o trinciatura degli stocchi o delle stoppie) con un sensibile miglioramento dell'umificazione della sostanza organica.

*Il tecnico*

*Dott. Agronomo Vincenzo Sechi*

		[Parole chiave]	<b>Pag. 13 a 15</b>
			Data Febbraio 2022

## BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

1. Aroca-Delgado, R., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á. J., & Velázquez-Martí, B. (2018). Compatibility between crops and solar panels: An overview from shading systems. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 3). MDPI AG.
2. Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 54, pp. 299–308). Elsevier Ltd
3. Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I., & Robertson, B. (2010). Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24(6), 1644–1653.
4. Horváth, Gábor, Miklós Blahó, Ádám Egri, György Kriska, István Seres, and Bruce Robertson. 2010. “Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects.” *Conservation Biology* 24(6):1644–53. doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x.
5. Lovich J.E., Ennen J.R., 2013. Wildlife conservation and solar energy development in the desert Southwest, United States *BioScience*, 61 (12), pp. 982-992.
6. Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66.
7. Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Technoeconomic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265.
8. Obergfell T., 2013. Agrovoltaik: Landwirtschaft unter Photovoltaik an lagen (German). Master thesis. University of Kassel
9. Proctor, K. W., Murthy, G. S., & Higgins, C. W. (2021). Agrivoltaics align with green new deal goals while supporting investment in the us’ rural economy. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–11.



### SITI INTERNET CONSULTATI

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>

<https://doi.org/10.3390/su10030743>

<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518.>

<https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>

		[Parole chiave]	<b>Pag. 15 a 15</b>
			Data Febbraio 2022