

Strumenti innovativi per la gestione del pascolo estensivo di bovini da carne: l'esperienza del progetto VISTOCK





VISTOCK

Virtual Fencing per la gestione
di precisione degli allevamenti
di bovini da carne (precision
liveSTOCK)

Strumenti innovativi per la gestione del pascolo estensivo di bovini da carne: l'esperienza del progetto VISTOCK

Autori:

Chiara Aquilani, Giovanni Argenti, Edoardo Bellini, Riccardo Bozzi,
Andrea Confessore, Camilla Dibari, Maria Chiara Fabbri, Marco Moriondo,
Lapo Nannucci, Carolina Pugliese, Paola Semenzato, Sandro Nicoloso,
Nicolina Staglianò, Laura Stendardi, Giacomo Trombi.

I partner del progetto



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
SPRINTAMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE AGRARIE,
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

In collaborazione con



Sommario

1.	Riassunto.....	1
2.	Abstract.....	2
3.	Premessa.....	3
4.	Il progetto VISTOCK.....	4
5.	Il partenariato.....	6
6.	Le aree pilota.....	8
7.	Le attività svolte	9
	a. Aspetti agronomici.....	9
	b. Aspetti zootecnici.....	12
8.	I risultati.....	18
	a. Aspetti agronomici.....	18
	b. Aspetti zootecnici.....	21
9.	Considerazioni e analisi critiche	27
	a. Problematiche riscontrate e possibili soluzioni.....	27
	b. Altre esperienze di successo.....	27
	c. Trasferibilità dell'innovazione.....	31
10.	Considerazioni conclusive.....	35
11.	Bibliografia.....	35
12.	Ringraziamenti.....	36

Riassunto

Il progetto VISTOCK ha avuto come obiettivo generale la messa a punto di un sistema integrato (sistema VISTOCK) di tecnologie e pratiche innovative, basate sull'applicazione di Virtual Fencing, dati satellitari, strumenti modellistici e dispositivi di Precision Livestock Farming. Questo sistema offre un supporto conoscitivo agli allevatori per un più efficiente controllo degli animali al pascolo, in modo tale da ottimizzare l'utilizzo della risorsa pascoliva, migliorare il benessere animale, favorire l'adattamento del sistema di allevamento ai cambiamenti climatici. La sperimentazione ha avuto luogo in due aziende zootecniche situate in due diverse aree territoriali del Mugello.

- Le attività sperimentali hanno riguardato, per la parte zootecnica, la gestione del pascolo tramite la tecnologia Virtual Fencing, basata sull'uso di collari della ditta Norvegese Nofence®. Tali collari, usati per la prima volta in Italia, permettono non solo di conoscere la posizione di ciascun capo in tempo reale, ma anche di controllarne il movimento, senza la necessità di utilizzare/spostare recinzioni fisse, attraverso la delimitazione da remoto di precisi confini per il pascolamento.
- Riguardo alla parte agronomica, è stato effettuato uno studio approfondito della risorsa foraggera attraverso la definizione di un protocollo per la raccolta di dati in campo, utilizzando sistemi tradizionali e tecnologie innovative (Grasshopper®), la simulazione della produttività dei pascoli attraverso l'utilizzo di modelli semplificati (modello VISTOCK, Bellini et al. 2022) e la definizione di soglie di pascolamento integrando dati satellitari con le informazioni GPS dei collari.

I risultati principali, per quanto riguarda l'applicazione del Virtual Fencing, hanno dimostrato che l'adattamento degli animali al collare (misurato in termini di suoni e di scosse rilasciate dal collare al momento dello sconfinamento del recinto virtuale), varia in base a diversi fattori legati all'ubicazione delle due aziende ma anche, probabilmente, all'età degli animali. Ad esempio nell'azienda situata nel basso Mugello, dove la mandria era costituita mediamente da vacche più adulte, l'adattamento al collare è stato più difficoltoso. Al contrario, in alto Mugello, dove era allevata una mandria più giovane, dopo un breve periodo di adattamento, gli animali hanno risposto positivamente rimanendo sostanzialmente all'interno dei confini virtuali. L'integrazione di queste tecnologie con strumenti modellistici e da remoto, ha permesso di testare e proporre metodologie per ottimizzare l'utilizzo della risorsa pastorale nei diversi ambienti analizzati durante la stagione di pascolamento, nonché di fornire agli allevatori un supporto nella gestione del bestiame. La presente pubblicazione riporta: una descrizione sintetica degli strumenti e delle metodologie utilizzate, la presentazione dei risultati raggiunti, la sintesi dei punti di forza e di debolezza del sistema al fine di una sua replicabilità in altri contesti di allevamenti estensivi e semi-estensivi

Abstract

The overall objective of the VISTOCK project was to develop an integrated system (VISTOCK system) of innovative technologies and practices, based on the application of Virtual Fencing, satellite data, modelling tools and Precision Livestock Farming devices. This system offers knowledge transfer to farmers for a more efficient control of grazing animals. As a result, the utilization of the grazing resource is optimized, animal welfare is improved and the adaptation of the breeding system to climate change is promoted. The test was performed in two livestock farms located in different areas of Mugello (highland and lowland).

On the zootechnical side, the experimental activities concerned pasture management using Virtual Fencing technology. This technique is based on the use of collars from the Norwegian company Nofence®. The collars, used for the first time in Italy, enable both to know the position of each animal in real time, thanks to the GPS system, and to control its movement without any need of setting/manage fixed fences, through delimitation of precise limits for grazing from remote.

On the agronomic side, an in-depth study of the forage resource was carried out. Specifically, a protocol was developed for the collection of field data, by using traditional systems and innovative technologies (Grasshopper®). Furthermore, pasture productivity was simulated developing a validating a simplified model (VISTOCK model, Bellini et al. 2022). Finally, grazing thresholds were defined by integrating satellite data with the GPS information of the collars.

The main findings of Virtual Fencing indicated that the animals' adaptation to the collar (in terms of sounds and shocks released by the collar when crossing the virtual fence) varies according to several factors. These are related both to the location of the two farms and probably to the age of the cattle. On the farm located in the lowland of Mugello region, where the cattle herd was composed on average of more aged cows, adaptation to the collar encountered more difficulties. In the highlands of Mugello region, with a younger herd, after a short period of adaptation, the animals reacted favorably by staying within the virtual boundaries. By integrating these technologies with modelling and remote sensing tools, the VISTOCK methods were tested and proposed to optimize the use of the pastoral resource in the different areas surveyed throughout the grazing season. Furthermore, this allowed for supporting livestock breeders in the management of their livestock. This publication provides a brief overview of the tools and methodologies adopted, and presents the results achieved. Additionally, the strengths and weaknesses of the system are highlighted to enable its replicability in other extensive and semi-extensive farming contexts.

Premessa

Il GAL Start è un'agenzia locale di sviluppo mista pubblico/privata costituita nel 2001 ed opera nel territorio come Gruppo di Azione Locale dalla Programmazione Comunitaria LEADER II. L'agenzia è stata riconosciuta dalla Regione Toscana, con DGRT n.216 del 25/03/2008, come ente che gestisce le risorse della Misura 19 del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2022. Il territorio del GAL è composto dai comuni del Mugello, della Val di Sieve, della Val di Bisenzio e da 5 comuni del Chianti Fiorentino. La compagine sociale è costituita da 11 enti pubblici e 16 soggetti privati, questi ultimi in maggioranza, rappresentativi delle parti economiche e sociali del territorio e ad altri rappresentanti della società civile. L'attività principale del GAL Start prevede l'elaborazione e l'attuazione di Strategie di Sviluppo Locale Rurale, con carattere di integrazione fra soggetti di natura diversa (pubblica e privata) e fra settori economici differenti.

La missione del GAL Start, attuata in questa Programmazione attraverso la propria Strategia Integrata di Sviluppo Locale (SSL) 2014-2022 ed il relativo Piano Finanziario, è quella di favorire progetti e percorsi innovativi sullo sviluppo rurale per la valorizzazione delle risorse del territorio e migliorare la qualità della vita nelle aree rurali.

In particolare attraverso i finanziamenti legati alla sottomisura 16.2 del PSR, il GAL Start promuove progetti pilota per dare risposte concrete alle imprese, incentivando il trasferimento tecnologico e la verifica dell'applicabilità di nuove tecnologie, tecniche e pratiche nel settore agricolo, agroindustriale e forestale, in relazione ai diversi contesti geografici e/o ambientali del Territorio di competenza. Questi progetti pilota consentono, quindi, di verificare e contestualizzare innovazioni di processo, di prodotto e organizzative già messe a punto dal mondo della ricerca, ma non ancora usate nelle realtà produttive del territorio. Da ultimo questi progetti hanno come obiettivo quello di favorire la competitività e la sostenibilità ambientale delle aziende andando ad aumentare il livello quali-quantitativo delle produzioni, riducendone i costi e gli impatti ambientali. Il GAL Start ha puntato molto su questo tipo di misura, tanto che nella Programmazione 2007-2013 ha finanziato 19 progetti (con ben 68 beneficiari) per circa 4 milioni di euro ed in questa programmazione sta finanziando 11 progetti (con 61 beneficiari) per circa 2 milioni e 400 mila euro.

In questo contesto nasce VISTOCK che ha visto la collaborazione di due aziende zootecniche dell'Alto e Basso Mugello, dell'Università di Firenze e dell'Associazione Regionale Allevatori della Toscana (ARAT). Diversi soggetti che hanno messo in campo le competenze multidisciplinari necessarie allo sviluppo di un approccio innovativo alla gestione del bestiame al pascolo. VISTOCK ha infatti permesso di applicare nuove tecniche e pratiche nell'ambito della filiera di produzione della carne biologica, non solo utilizzando moderni strumenti di gestione, ma soprattutto integrandoli a sistema, con ricadute positive nella gestione dei pascoli.

Stefano Santarelli, Direttore GAL Start

Il progetto VISTOCK

Obiettivi

Il progetto VISTOCK (Virtual Fencing per la gestione di precisione degli allevamenti di bovini da carne - precision liveSTOCK) ha come obiettivo lo sviluppo e la verifica di soluzioni innovative per la gestione di sistemi di allevamento estensivi e semi-estensivi di bovini da carne in due aree territoriali del Mugello (alto e basso Mugello), al fine di: utilizzare in maniera più efficiente le risorse (animali e pastorali), garantire una riduzione dei costi di gestione del pascolo e degli animali, migliorare la gestione del territorio nel suo complesso (protezione del suolo e tutela del paesaggio agricolo toscano).

Per il raggiungimento di tali obiettivi è stato messo a punto un sistema ad elevata innovazione tecnologica (denominato sistema VISTOCK), basato sull'integrazione di strumenti propri sia della zootecnia sia dell'agricoltura di precisione, quali collari Virtual Fencing, marche auricolari, modellistica colturale, sistemi di rilevamento speditivi della risorsa pastorale, immagini da satellite e da fotocamere ad alta definizione. Il fine ultimo è la possibilità di applicare un sistema razionale del pascolo (e.g. turnato), massimizzando l'efficienza di utilizzo delle risorse da parte degli animali e valorizzando al contempo il potenziale produttivo del cotico erboso nel breve e lungo periodo.

Contenuto dell'innovazione

Il sistema VISTOCK presenta aspetti molto innovativi nel settore agro-zootecnico toscano in quanto, grazie ad un uso sinergico di strumenti tecnologici molto avanzati ma di facile utilizzo (collari Virtual Fencing per il controllo dei movimenti degli animali, tecniche di telerilevamento e modellistiche per la stima della risorsa foraggera), si è voluto migliorare ed ottimizzare la gestione delle mandrie e della risorsa pastorale.

I collari GPS utilizzati per il Virtual Fencing permettono di controllare da remoto la posizione e i movimenti di ogni singolo animale in tempo reale (Bishop-Hurley et al. 2007). Questi possono quindi essere utilizzati come strumento di gestione e di controllo dei capi al pascolo e di inviare un allarme a seguito di comportamenti anomali degli animali. Tali strumenti, se accoppiati ad altri sensori che raccolgono informazioni aggiuntive sullo stato di salute degli animali (ad esempio marche auricolari) consentono di monitorare in tempo reale il benessere degli animali. I collari Virtual Fencing permettono inoltre di confinare gli animali da remoto in determinate aree pascolive all'interno di recinti virtuali definiti tramite un'applicazione scaricabile su qualsiasi tipo di cellulare. Questa tecnologia, se associata e integrata con strumenti innovativi (e.g. immagini satellitari e modelli pastorali) capaci di determinare le aree di pascolamento in maniera flessibile nel tempo e nello spazio in funzione della qualità ed offerta foraggera nel corso della stagione vegetativa, permette una gestione altamente efficiente del pascolo. Inoltre, l'adozione di un pascolo razionale e ben condotto limita fortemente le situazioni di degrado del sistema suolo/pascolo (es. sovraccarico, sottocarico) che inevitabilmente si vengono a creare in condizioni di pascolamento tradizionale (brado, non controllato, non razionale su ampie superfici. Il sistema integrato VISTOCK risulta pertanto particolarmente promettente nell'allevamento estensivo, dove la necessità di avere strumenti di supporto per il controllo degli spostamenti degli animali e per il monitoraggio/mantenimento della risorsa pastorale sta

diventando una necessità sempre più stringente, come peraltro evidenziato da gran parte degli allevatori.

I risultati

I risultati ottenuti nell'ambito del progetto VISTOCK sono molto promettenti e lasciano ipotizzare un'importante ricaduta applicativa. Nello specifico, i principali risultati sono:

- verifica del funzionamento e dell'efficacia dei collari Virtual Fencing in sistemi di allevamento estensivi di bovini da carne (Confessore et al., 2022). Tali collari non erano mai stati utilizzati prima d'ora in Italia, pertanto il loro utilizzo rappresenta un passo importante per il settore al punto da destare l'interesse non solo degli allevatori (toscani e non) ma anche della comunità scientifica nazionale e internazionale.
- sviluppo di un modello pastorale basato su dati meteo e indici di vegetazione spettrale da satellite per il monitoraggio della crescita e produzione del pascolo durante la stagione di pascolamento (Bellini et al., in stampa).
- utilizzo di uno strumento di rilevazione speditiva dell'altezza dell'erba (Grasshopper©) correlato a dati di biomassa.
- analisi dell'impatto dell'utilizzo di recinti virtuali sul benessere animale in sistemi di pascolamento turnato tramite la misurazione di indicatori (cortisolo) in due diversi sistemi di gestione (brado tradizionale versus turnato con collari Virtual Fencing).

L'applicazione integrata di tali strumenti ha permesso pertanto una gestione alternativa del pascolo e della mandria, che, una volta messa a punto, comporterà una riduzione significativa dei costi legati all'installazione e manutenzione delle recinzioni fisse, oltre che quelli legati al personale per il controllo dei capi al pascolo con un conseguente aumento della produttività aziendale nel suo complesso.

Il partenariato

Per realizzare gli obiettivi di progetto è stata costituita una partnership che ha coinvolto produttori primari in diversi contesti ambientali del Mugello, enti di ricerca e associazioni territoriali, in grado di mettere in campo competenze multidisciplinari.

La capofila e responsabile del progetto è stata la **Fattoria di Valdastra, Borgioli Adriano e Umberto Società Semplice Agricola**. L'azienda agricola si trova nel comune di Borgo San Lorenzo, in Mugello, ed occupa una superficie di oltre 700 ettari. Qui si coltivano cereali, foraggere e colture ortive ma, soprattutto, si allevano bovini da carne di razza Limousine gestiti secondo la tecnica di allevamento linea vacca-vitello. L'allevamento è basato prevalentemente sul pascolo estensivo in estate, mentre, nel periodo invernale i bovini vengono ricoverati in due moderne stalle a stabulazione libera. Oggi la mandria comprende 530 capi; dal 1988 l'allevamento è in selezione sotto il controllo di ARA Toscana. La produzione annua è mediamente di 150 vitelli; le vacche sono 210 e circa il 10% delle femmine viene tenuto per la rimonta. Alcuni capi vengono venduti per riproduzione, gli altri vengono venduti, ingrassati e macellati come vitelli biologici dalla Cooperativa Agricola Firenzuola, della quale Valdastra è socia dal 1977. L'azienda è biologica sotto il controllo ICEA (AIAB) dal 1998; dal 2001 l'allevamento è certificato in conformità ICEA.

Interamente situata in zona montana (l.n. 991/52), nel Comune di Marradi, si trova la seconda azienda partner di progetto: la **cooperativa AGRI.COMES**. L'orientamento produttivo aziendale è prevalentemente zootecnico con una superficie di oltre 300 ettari; qui vengono allevati bovini da carne di razza Limousine, per lo più venduti come vitelli da ristallo. Le coltivazioni e gli allevamenti di AGRI.COMES sono sotto il regime dell'agricoltura biologica. L'azienda gestisce circa 150 capi di cui 70 fattrici, 2 tori; la restante parte è rappresentata da manze e vitelli. Gli animali rimangono al pascolo durante tutto il periodo primaverile ed estivo e vengono ricondotti in stalla nei mesi invernali. L'Azienda conferisce parte dei capi allevati a CAF (Cooperativa Agricola Firenzuola). AGRI.COMES svolge anche attività agricole ad elevato livello di specializzazione: coltivazione di castagneti da frutto, cereali e foraggi, integrando moderne tecniche agricole con antiche pratiche, storicamente radicate nel territorio.

Il supporto scientifico per le attività di progetto è stato garantito dal **Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) dell'Università di Firenze**, partner di progetto. Da sempre il DAGRI porta avanti attività di ricerca integrate e multidisciplinari legate al settore delle produzioni vegetali e animali, al recupero e alla gestione sostenibile del territorio, delle risorse naturali e dei sistemi agroambientali. La Sezione di Scienze Agronomiche Gestione del Territorio opera nel campo degli studi di modellistica e di telerilevamento in ambito di agricoltura di precisione, cambiamenti climatici e salute umana. Si occupa inoltre di caratterizzazione e conservazione del germoplasma, agroecologia e agricoltura biologica, gestione di risorse foraggere e pascolive, dei sistemi agro-silvo-pastorali e agroforestry, produzioni alimentari di qualità. La Sezione di Scienze Animali si occupa di zootecnica ed in particolare delle performance produttive e riproduttive degli animali da reddito, della nutrizione animale e valutazione degli alimenti zootecnici, del benessere animale, della conservazione, diffusione e valorizzazione del germoplasma animale autoctono, del miglioramento genetico degli animali da reddito, di biotecnologie applicate.

L'**Associazione Regionale Allevatori della Toscana (ARAT)**, quarto partner di progetto, ha curato le attività di comunicazione e divulgazione del progetto. Nata nel 2001 con lo scopo prevalente di rappresentare e coordinare le nove Associazioni Provinciali Allevatori della Toscana, giuridicamente riconosciuta, dal 2010 ha incorporato tutte le APA, divenendo un organismo di primo grado che associa direttamente gli allevatori e acquisendo gli scopi sociali

e le funzioni precedentemente svolte dalle APA. Ha **sede centrale a Sesto Fiorentino** e uffici e recapiti periferici in tutte le province. Ha carattere tecnico ed economico e si propone di attuare tutte le iniziative che possono utilmente contribuire ad un più rapido miglioramento del bestiame allevato e ad una più efficiente valorizzazione del bestiame stesso o dei prodotti da questo derivati. ARA Toscana fa parte del sistema degli allevatori che a livello nazionale gestisce il miglioramento genetico di tutte le razze e specie zootecniche. ARAT collabora e partecipa a organismi dedicati alla valorizzazione, tutela e commercializza di diversi prodotti di origine zootecnica ed è titolare di alcuni marchi di qualità tra i quali Toscana-Toscana interessa anche la specie bovina. Insieme a Filiera Agricola Italiana (F.A.I.), Coop. Agricola Firenzuola (C.A.F.) e ai Consorzi Agrari della Toscana, ARAT partecipa infatti alla società "AGRO-ZOOTECNICA TOSCANA", allo scopo di valorizzare e sviluppare la zootecnia toscana da carne, attraverso il commercio di animali e carni fresche e trasformate. Promuove e attua iniziative e attività volte alla realizzazione di programmi di informazione, formazione e divulgazione, finalizzati alla crescita tecnica e professionale degli allevatori, nonché dei soggetti che operano nel settore di riferimento dell'associazione. Svolge costantemente e capillarmente sul territorio attività di consulenza e assistenza tecnica rivolta agli allevatori.

Le aree pilota

Le aziende pilota di VISTOCK (Azienda Valdastra, capofila del progetto stesso, sita nel comune di Borgo San Lorenzo; azienda AGRI.COMES, situata nel comune di Marradi) sono simili per indirizzo produttivo: entrambe allevano in regime biologico bovini da carne di razza Limousine, entrambe secondo la linea vacca-vitello. Buona parte della superficie aziendale è dedicata al pascolo, soprattutto nell'azienda Valdastra, con periodi di pascolamento che vanno da circa metà aprile ad autunno inoltrato a seconda dell'andamento stagionale; mentre presso AGRI.COMES la stagione del pascolo è più corta, iniziando da metà o fine maggio e finendo verso ottobre, periodo durante il quale vengono anche utilizzate, come pascolo, alcune aree boschive (prevalentemente castagneti). Le aree in cui sono state svolte le attività progettuali si trovano a quote altimetriche differenti: Valdastra, situata nel basso Mugello, si trova ad un'altezza di circa 200 m s.l.m., AGRI-COMES nell'alto Mugello, ad un'altitudine di circa 550-600 m s.l.m.



Figura 1 Veduta delle aree sperimentali per l'azienda Valdastra (a sinistra) e per l'azienda AGRI.COMES (a destra).

Un altro elemento di discriminazione tra le realtà indagate è dato dalla tipologia della risorsa pascoliva. Presso Valdastra l'area pascoliva analizzata copre un'area di circa 30 ettari posta nel fondovalle, su terreni pianeggianti di origine alluvionale, costituita per la quasi totalità da un pascolo seminativo costituito da un miscuglio di tipo commerciale a base di graminacee e leguminose, adatte alle locali condizioni pedo-climatiche e che ancora dominano la vegetazione. Ad AGRI.COMES invece, l'area indagata è costituita da un pascolo seminaturale di dimensioni molto più ridotte (circa 5 ettari di estensione), con una composizione botanica meno omogenea, dominata da specie di minor interesse pabulare, con alcuni tratti interessati anche da fenomeni di invasione di specie arbustive (es. rovo). Questa differenza vegetazionale ha ovviamente influenzato non solo le dinamiche produttive e la qualità dell'offerta foraggera, ma anche la risposta e l'efficacia di utilizzo di strumenti innovativi (esempio satelliti) impiegati durante le attività del progetto.

Le attività svolte

Aspetti agronomici

Le attività agronomiche svolte nel progetto VISTOCK hanno avuto come obiettivi la caratterizzazione della risorsa foraggera al pascolo tramite l'utilizzo di strumenti innovativi e l'identificazione di strumenti e tecnologie utili ad una più efficiente gestione aziendale. A tal fine è stato predisposto un protocollo di lavoro per la raccolta dei dati in campo, per alcuni aspetti diversificata per ciascun anno di durata del progetto.

Al fine di monitorare in maniera esaustiva la crescita e lo sviluppo della risorsa erbacea, in funzione del suo utilizzo e dell'andamento meteorologico, sono state effettuate misurazioni in campo nel periodo primavera-estate-autunno (periodo durante il quale gli animali sono stati al pascolo) in entrambe le aziende pilota, con una cadenza temporale di circa 15-20 giorni.



Fig.2 A sinistra gabbia di esclusione posizionata all'interno dell'area di pascolamento, a destra ciò che è rimasto all'interno dell'area esclusa dal pascolamento e la differenza con l'esterno.

A tal fine sono state posizionate 8 gabbie di esclusione in ciascuna azienda, con un'ulteriore suddivisione dell'area, esclusivamente nell'azienda Valdastra, che prevedeva una zona di pascolo continuo (zona B1) e una di pascolo a rotazione (zona B2). Le gabbie (Figura 1) hanno permesso di escludere dal pascolamento una superficie di circa 1m² in modo da poter misurare la produzione dell'erba all'interno della gabbia e la risorsa foraggera residua esternamente alla gabbia; per differenza è stato possibile quindi calcolare l'effettiva quantità di biomassa utilizzata dagli animali. Per aumentare l'affidabilità della stima, le gabbie sono state spostate in varie zone dell'area di pascolo in modo da avere più repliche e quindi un numero maggiore di dati di produzione potenziale.

Ad ogni rilievo, e per ciascuna gabbia, è stata acquisita la posizione tramite GPS al fine di estrarre, nei giorni dei rilievi, le immagini satellitari corrispondenti. Ad ogni rilievo è stato misurato l'indice di vegetazione NDVI (Normalized Vegetation Index) tramite GreenSeeker®, parametro fortemente correlato con i dati misurati a terra (LAI, biomassa, altezza dell'erba). Ad ogni rilievo è stata inoltre misurata la radiazione solare intercettata dall'erba (e quindi dell'indice di area fogliare - LAI) tramite lo strumento ceptometro.

È stata inoltre misurata l'altezza della vegetazione tramite erbometro, in modo da poter stabilire una relazione altezza-peso dell'erba, e quindi stimare in maniera speditiva la biomassa al pascolo da tale parametro (Figura 2).



Fig.3 A sinistra misurazione della radiazione intercettata mediante ceptometro, a destra misurazione dell'altezza dell'erba tramite erbometro.

Per potere ottenere una caratterizzazione botanica dei pascoli oggetto di studio, su campioni prelevati sia all'esterno sia all'interno di ciascuna gabbia, è stata effettuata una valutazione soggettiva della composizione botanica del campione di foraggio, in percentuale sul totale, individuando tre categorie: graminacee, leguminose ed altre famiglie. Infine, ad ogni rilievo, sono stati prelevati campioni rappresentativi dell'area di sfalcio, sui quali sono state successivamente eseguite analisi di qualità (umidità, composizione centesimali e frazioni fibrose). In prossimità di ciascuno dei due pascoli sono state inoltre installate 4 fotocamere digitali ad alta risoluzione. Questi dispositivi, posizionati su alberi delimitanti il pascolo, sono stati impostati in maniera tale da ottenere delle immagini giornaliere a specifiche ore del giorno. Le immagini sono state successivamente elaborate tramite un apposito programma (Phenopix, Filippa *et al.*, 2016) in maniera tale da ottenere specifici indici di vegetazione RGB e valutare il loro andamento nel corso della stagione (Migliavacca *et al.*, 2011), con una risoluzione temporale giornaliera.

Nell'ultimo anno di prova (2022) è stato inoltre testato un nuovo dispositivo per la misura delle altezze della vegetazione: il Grasshopper® (McSweeney *et al.*, 2019). Questo strumento (Figura 4), una versione evoluta dell'erbometro tradizionale, ha permesso di misurare le altezze compresse della risorsa erbacea associate alla posizione GPS del punto di rilevamento. Questo ha consentito di effettuare un elevato numero di misurazioni in un tempo limitato e di, a seguito della creazione di una relazione fra l'altezza dell'erba misurata dal Grasshopper e la biomassa vegetale, creare mappe di produzione ad alta risoluzione sull'intero appezzamento.

Infine, nel corso della prova sono state scaricate ed utilizzate immagini satellitari ricavate dal satellite Sentinel-2 (programma Copernicus) aventi una risoluzione spaziale a terra di 10 x 10 metri ed una risoluzione temporale di 5 giorni. Da tali immagini sono stati calcolati alcuni indici di vegetazione (e.g. NDVI, Tucker 1979) che sono stati poi messi in relazione con i dati misurati a terra (e.g. LAI, biomassa, ecc.) nel corso delle campagne di rilevamento. Questa relazione ha permesso lo sviluppo di un modello semplificato pastorale (Bellini *et al.*, in stampa) per la simulazione dello sviluppo della biomassa vegetale dell'erba durante la stagione di pascolamento, la produzione foraggera disponibile e il bilancio idrico del suolo.



Fig.4 Sfalcio della biomassa presente in campo



Fig.5 A sinistra fotocamera digitale RGB ad alta risoluzione, a destra l'erbometro elettronico Grasshopper®.

Aspetti zootecnici

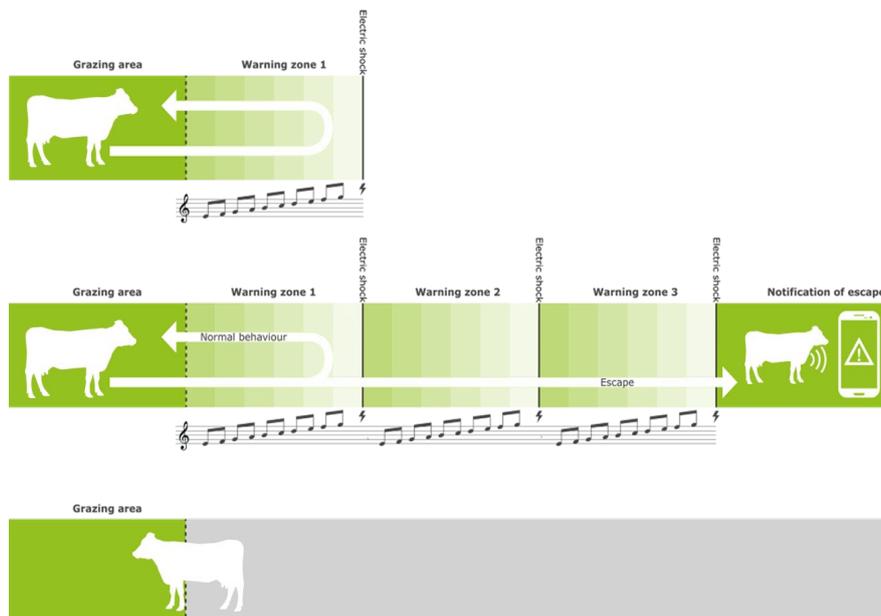


Fig. 6. Schema di funzionamento dei collari Virtual Fencing (Nofence®)

Le attività zootecniche svolte nell'ambito del progetto VISTOCK hanno avuto come obiettivo generale la validazione di uno strumento innovativo per la gestione dei bovini al pascolo, il collare Virtual Fencing (VF). Il VF, (Figura 1) si basa sull'impiego di collari dotati di localizzatore GPS e di un'interfaccia grafica Android e IOS, che permette all'allevatore di tracciare dei perimetri virtuali tramite il proprio smartphone (Figura 2). I collari recepiscono le coordinate GPS dei recinti virtuali e, attraverso l'impiego di segnali acustici, indicano all'animale la posizione delle barriere virtuali. Se l'animale ignora il segnale acustico, ed esce dal perimetro virtuale, il collare rilascia una leggera scossa elettrica (pari a 0.1 joule). Se l'animale cambia direzione e rientra all'interno del perimetro virtuale, il collare si disattiva, se invece l'animale continua ad allontanarsi dall'area di pascolo, allora il collare ripete fino a un massimo di 3 sequenze-suono in aggiunta ad una scossa per poi disattivarsi e mantenere solo la funzionalità di tracciamento GPS.

Dopo un periodo di training, della durata di circa 7-10 giorni, l'animale impara ad associare il segnale acustico con la presenza di una barriera virtuale e quindi a cambiare direzione prima di ricevere la scossa. Il VF si propone quindi come alternativa all'impiego delle recinzioni fisiche (elettrificate e non), riducendo pertanto i tempi ed i costi di gestione degli animali al pascolo.

Tuttavia, questo sistema, diffuso prevalentemente in Australia, Nuova Zelanda, Stati Uniti e Brasile, è ancora poco conosciuto in Europa e tantomeno in Italia. Nell'ambito del progetto VISTOCK sono stati testati i primi prototipi di collare per bovino prodotti dall'azienda norvegese Nofence®, unica azienda in Europa produttrice di collari di questa tipologia. Trattandosi di una tecnologia estremamente innovativa nel panorama zootecnico italiano ed europeo, le attività zootecniche del progetto hanno avuto il principale obiettivo di monitorare la reazione degli animali a questa tipologia di gestione, con particolare attenzione agli aspetti legati al loro benessere.



Fig. 7. Interfaccia Android e IOS per la gestione della mandria e dei recinti virtuali tramite L'App Nofence®

Le attività si sono svolte presso due allevamenti di vacche da carne di razza Limousine equipaggiate con collari Nofence®:

- Azienda Agricola Valdastra a Borgo San Lorenzo (pascolo di circa 30 ettari); (Figura 8)
- Azienda Agricola AGRI.COMES a Marradi (pascolo di circa 5 ettari e paddock aziendali) (Figura 9)

Grazie all'applicazione Nofence®, è stato possibile monitorare in tempo reale gli spostamenti e il comportamento di ciascun animale registrandone tutte le interazioni con i confini virtuali in termini di numero di suoni, di scosse e di fughe in un sistema di pascolamento libero e in uno turnato.



Fig. 8. Area di studio presso l'azienda Valdastra, Borgo San Lorenzo (FI)



Fig. 9. Area di studio presso Agricom, Marradi (FI)

Primo anno di sperimentazione - Stagione di pascolo 2020

La stagione di pascolo 2020 è stata impiegata per valutare la reazione degli animali a questa tecnologia nelle due aree di studio. Prima dell'inizio della prova, gli animali delle aziende Valdastra e AGRI.COMES sono stati equipaggiati rispettivamente con 20 e 17 collari VF. Nonostante gli animali impiegati appartenessero tutti alla razza Limousine, le mandrie erano eterogenee per quanto riguarda l'età. Infatti, se per l'azienda AGRI.COMES l'età massima degli animali era di 7 anni, per l'azienda Valdastra l'età massima si aggirava intorno ai 13 anni.

Nell'azienda Valdastra, il primo obiettivo è stato quello di testare la risposta degli animali dotati di collare VF al cambiamento del recinto virtuale affinché imparassero ad interagire col sistema associando il confine virtuale ai segnali acustici e, conseguentemente, riducendo il numero di stimoli elettrici erogati dal collare per ogni cambiamento di recinto.

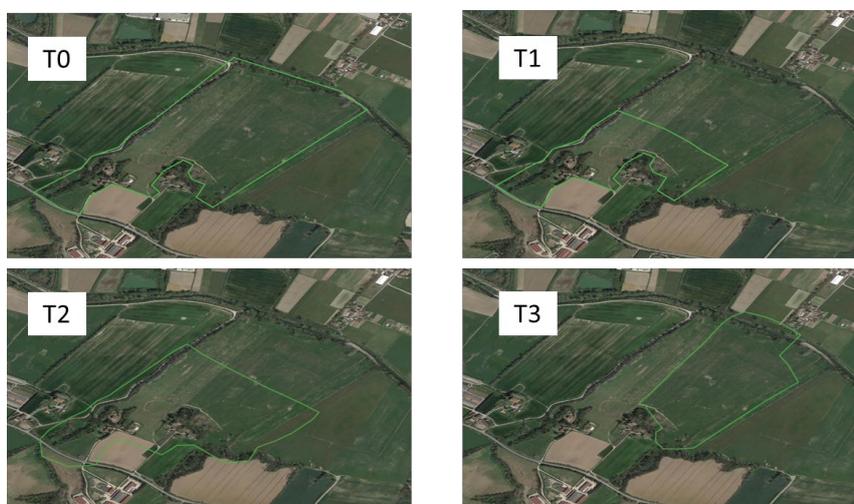


Fig. 10. Schema sperimentale della prova di training presso l'azienda Valdastra, luglio 2020

Nello specifico, la prova si è sviluppata in 4 fasi (vedi Figura 10):

- Una prima fase T0, di adattamento, in cui tutta la superficie di pascolo è stata messa a disposizione. Infatti, i confini virtuali hanno coinciso con quelli fisici;
- Fase T1, in cui è stato disegnato un recinto virtuale in modo da restringere l'area di pascolo. Infatti, in T1, dai 30 ha iniziali, si è passati ad una superficie di circa 8 ha;
- Fase T2, in cui, dopo tre giorni, l'area di pascolo è stata allargata, passando da 8 a 16 ha;
- Fase T3, dopo quattro giorni il pascolo è stato ristretto longitudinalmente, lungo un lato. In T3, oltre che delimitare la zona di pascolo con una geometria diversa, si è anche impedito l'accesso ad una delle zone di riposo, usata di solito dagli animali.

Nell'azienda AGRI.COMES, considerando la morfologia del pascolo e la disponibilità di biomassa al momento di inizio della prova, è stato invece testato l'impiego di zone di esclusione virtuali, volte a precludere agli animali alcune zone del pascolo (una strada poderale e un'abitazione privata con relativo giardino) (Figura 6).



Fig. 11. Zone di esclusione nell'area di studio AGRI.COMES, luglio 2020

In entrambe le aziende, al momento del posizionamento dei collari e alla loro rimozione, è stato prelevato un campione di pelo da ciascun animale al fine di determinare il contenuto di cortisolo. Il cortisolo è considerato un indicatore di stress di tipo cronico, come quello che potenzialmente può scaturire da uno scorretto funzionamento della tecnologia VF.

Secondo anno di sperimentazione - Stagione di pascolo 2021

Durante il secondo anno di progetto, al fine di valutare come e se la gestione della mandria con il sistema VF possa avere un impatto sulle attività e le abitudini degli animali al pascolo, quest'ultimi sono stati dotati di marche auricolari (MA) (strumenti della zootecnia di precisione, solitamente utilizzati in animali in stalla). Le MA sono capaci di rilevare il movimento degli animali, grazie ad accelerometro triassiale e giroscopio, inoltre sono in grado di raccogliere numerose informazioni comportamentali dell'animale quali:

- stati di stress e problemi di salute;
- tempo impiegato a pascolare, riposare, ruminare o muoversi;
- presenza di calori;
- approssimarsi del parto.

Tali strumenti costituiscono un prezioso aiuto per l'allevatore, non solo per individuare eventuali criticità di salute dell'animale al pascolo, ma anche per migliorare l'efficienza nella gestione della riproduzione. Nel progetto VISTOCK sono stati posti a confronto due gruppi di animali, uno gestito con e senza VF, ma entrambi dotati di MA. Nello specifico, le MA sono state impiegate per valutare l'effetto del VF sui parametri comportamentali di ingestione, ruminazione e movimento.

Oltre ad analizzare l'impatto del VF sul benessere animale, durante la campagna di rilevamento 2021 è stato validato l'impiego dei collari per una gestione razionale della mandria al pascolo, ovvero una rotazione dell'area di pascolamento basata sulla stima della biomassa disponibile tramite l'applicazione del modello pastorale (Bellini *et al.*, in stampa).

Nell'azienda Valdastra, sono state portate al pascolo due mandrie di 15 animali ciascuna (Figura 7): una mandria è stata gestita con il VF, attraverso l'ampliamento incrementale della zona di pascolo con recinti virtuali; l'altra mandria, invece, è stata gestita in modo classico, ossia con un pascolamento in continuo in modo da poter fare un confronto sul comportamento animale fra i due sistemi. Ogni animale di entrambe le mandrie, è stato dotato di marche auricolari. Anche nel 2021 è campionato il pelo di ogni animale all'inizio ed alla fine della prova, per valutare eventuali differenze nel contenuto di cortisolo e quindi stress cronico dovuto alla gestione.

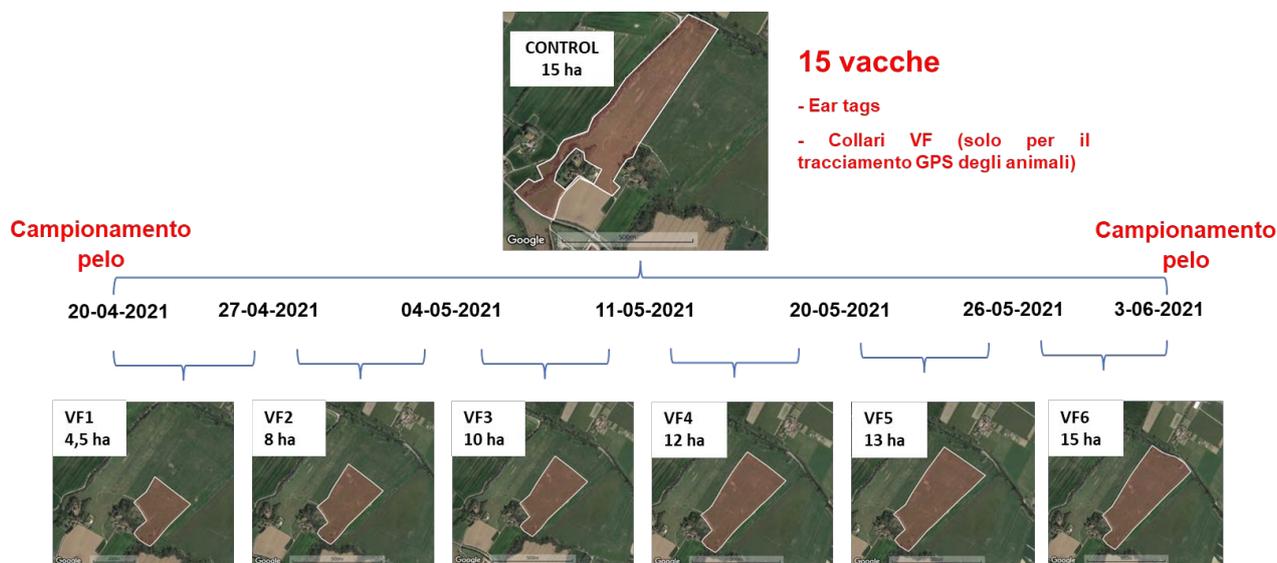


Fig. 12. Gestione delle superfici di pascolo tramite pascolamento continuo (sopra) e a superficie incrementale con VF (sotto)

Nell'azienda AGRI.COMES₁ in base alla numerosità degli animali disponibili e alla conformazione del pascolo, è stata costituita un'unica mandria.

Gli animali (diversi da quelli della stagione 2020) sono stati sottoposti a un periodo di training (Figura 8):

- Fase T₀, di adattamento, in cui tutta la superficie di pascolo è stata messa a disposizione. Infatti, i confini virtuali hanno coinciso con quelli fisici;
- Fase T₁, in cui si è limitato l'accesso ad una zona del paddock al di fuori della stalla, tramite un confine virtuale
- A seguito del buon esito del training, i recinti virtuali sono stati impiegati per dare graduale accesso all'intera area di pascolo:

- Fase T2, dove si è allargato il recinto virtuale fino alla zona di accesso al pascolo, situata subito dopo il bosco;
- Fase T3, creando una zona di esclusione in prossimità di un'area di pascolo.

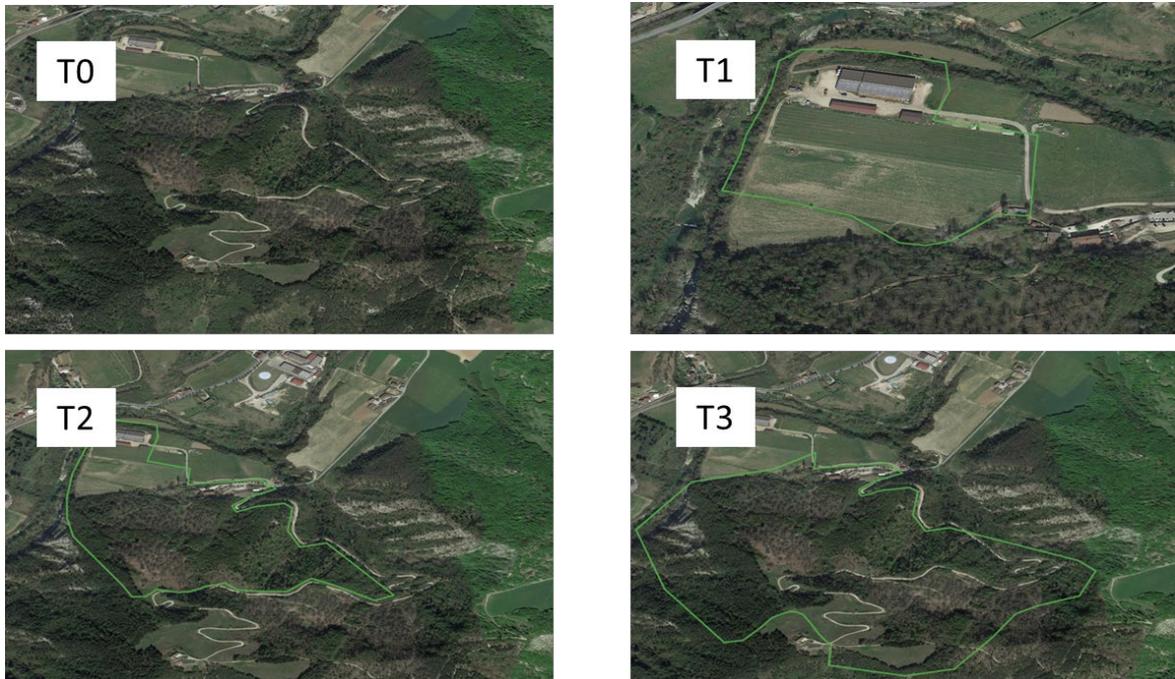


Fig. 13. Schema sperimentale della prova di training presso l'azienda AGRI.COMES, luglio 2021

Durante la restante parte della stagione di pascolo, i collari VF sono stati impiegati per ampliare l'area di pascolo tradizionalmente usata, annettendo alcune aree non recintate adiacenti ai terreni aziendali.

I risultati

Aspetti agronomici

I rilievi agronomici effettuati nel corso del progetto hanno permesso la caratterizzazione produttiva delle due aziende oggetto di sperimentazione e la validazione delle tecnologie utilizzate nel corso della prova sperimentale.

Dai **dati satellitari** ottenuti da Sentinel-2 è stato possibile creare specifiche mappe basate sugli indici di vegetazione calcolati nel corso della prova (vedi esempio di Figura 5). Il valore degli indici di vegetazione, associato al pixel dell'immagine satellitare contenente la posizione del rilievo (esterno alla gabbia), è stato poi messo in relazione con le caratteristiche vegetazionali (peso fresco, peso secco, LAI, altezza di vegetazione) raccolte nel corso della stagione. Ciò ha permesso di ottenere importanti relazioni per il monitoraggio della vegetazione da remoto. In particolare, la relazione tra l'indice di vegetazione NDVI e il valore di LAI ha consentito lo sviluppo di un modello semplificato per la simulazione dell'intero sistema.

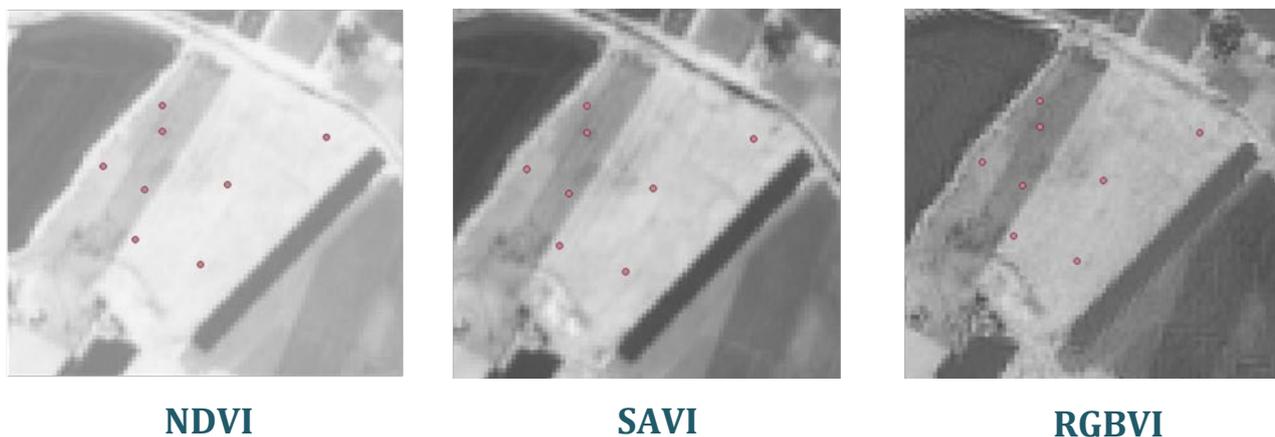


Fig.14. Mappe relative a 3 diversi indici di vegetazione: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI, Tucker 1979), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI, Huete, 1988) e Red Green Blue Vegetation Index (RGBVI, Bendig 2015), elaborate per il sito utilizzato nell'azienda agricola Valdastra. In rosso esempio di specifici punti di rilievo, ovvero dove sono state posizionate le gabbie.

Attraverso questa relazione, infatti, è stato possibile identificare l'intercettazione effettiva della radiazione solare da parte della vegetazione, dipendente dal LAI, e conseguentemente calcolare la potenziale produzione giornaliera della risorsa erbacea. Dalla produzione potenziale, attraverso la stima degli effetti della temperatura e dello stress idrico (calcolato tramite uno specifico bilancio idrico interno al modello), è stato possibile ottenere la produzione giornaliera effettiva.

Come mostrato in Figura 6, il **modello di simulazione** si è dimostrato capace di simulare, con buona accuratezza, la biomassa al pascolo in condizioni diversificate in termini gestionali (es. carico animale, periodo di pascolamento, sfalci), climatici, altitudinali (200 m il pascolo dell'azienda Valdastra, circa 550-600 m AGRI.COMES) e botanici (presenza percentuale delle diverse famiglie, presenza di arbusti, pascolo seminato recentemente o tendente alla rinaturalizzazione).

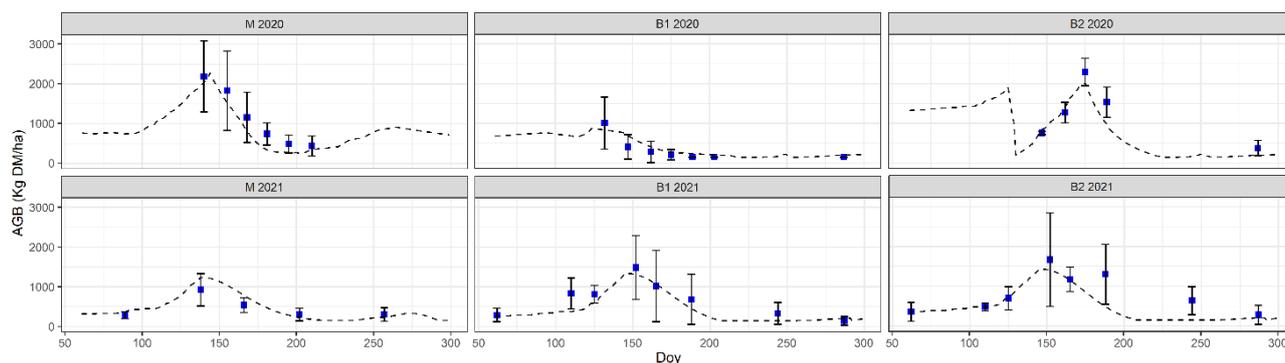


Fig.15. Simulazione della biomassa presente in campo (linea tratteggiata) con punti osservati in campo (punti in blu) e deviazione standard per 2 aree dell'azienda Valdastra (B1 e B2) e AGRICOMES (M) per le stagioni 2020 e 2021.

Dalle **fotocamere** installate nelle due aziende è stato possibile ottenere invece immagini ad alta risoluzione con una cadenza giornaliera. Una volta selezionate le immagini acquisite nelle ore centrali del giorno, ottimali per le condizioni di luminosità, queste sono state filtrate ed elaborate attraverso lo specifico pacchetto Phenopix (Filippa et al., 2016). Il risultato di queste operazioni ha permesso di ottenere l'andamento (Figura 7) di specifici indici di vegetazione RGB (es. Green Index, GI), attraverso cui monitorare l'andamento della risorsa erbacea nel corso della stagione vegetativa nei pascoli dell'azienda Valdastra (B1 e B2) e AGRICOMES (M).

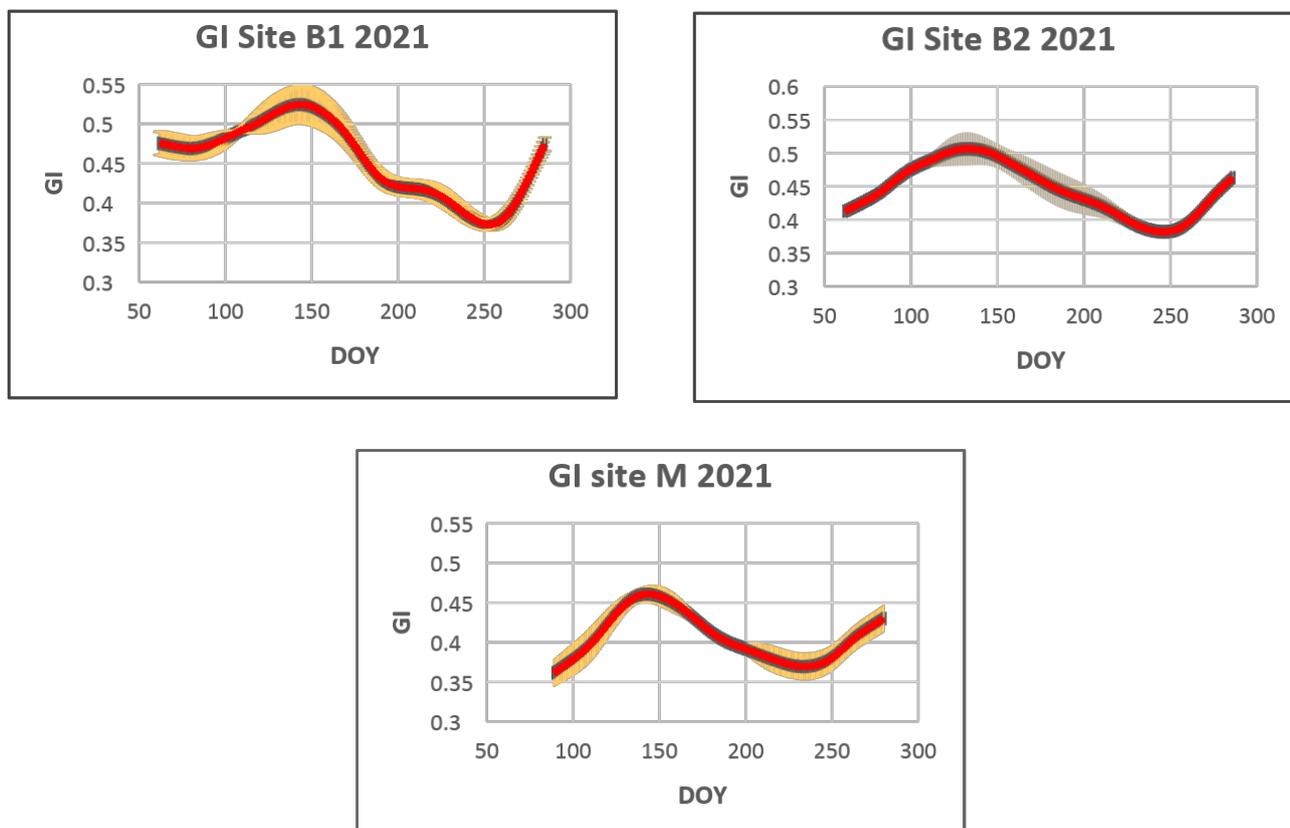


Fig.16. Andamento del Green Index (GI) per i pascoli dell'azienda Valdastra (B1 e B2) e AGRICOMES (M) nel corso della stagione 2021.

Attraverso l'utilizzo dell'erbometro di ultima generazione **Grasshopper®** è stato possibile monitorare lo sviluppo dell'erba in termini di altezza compressa misurata dal piatto dello strumento. Durante ciascun rilievo sono stati raccolti circa 800 punti dall'operatore in un arco temporale di circa 90 minuti su una superficie di circa 10 ettari.

La posizione GPS associata a ciascuna misura di altezza ha permesso poi, mediante l'applicazione di opportuni algoritmi di interpolazioni spaziali, di creare delle mappe di altezza di vegetazione con una risoluzione spaziale di pochi metri (Fig.8), convertibili successivamente, attraverso la relazione altezza misurata-peso secco, in mappe di produzione. Le misurazioni con Grasshopper sono state ripetute a circa ogni 15-20 giorni in modo da ottenere mappe della crescita e produzione della risorsa erbacea nel corso della stagione.

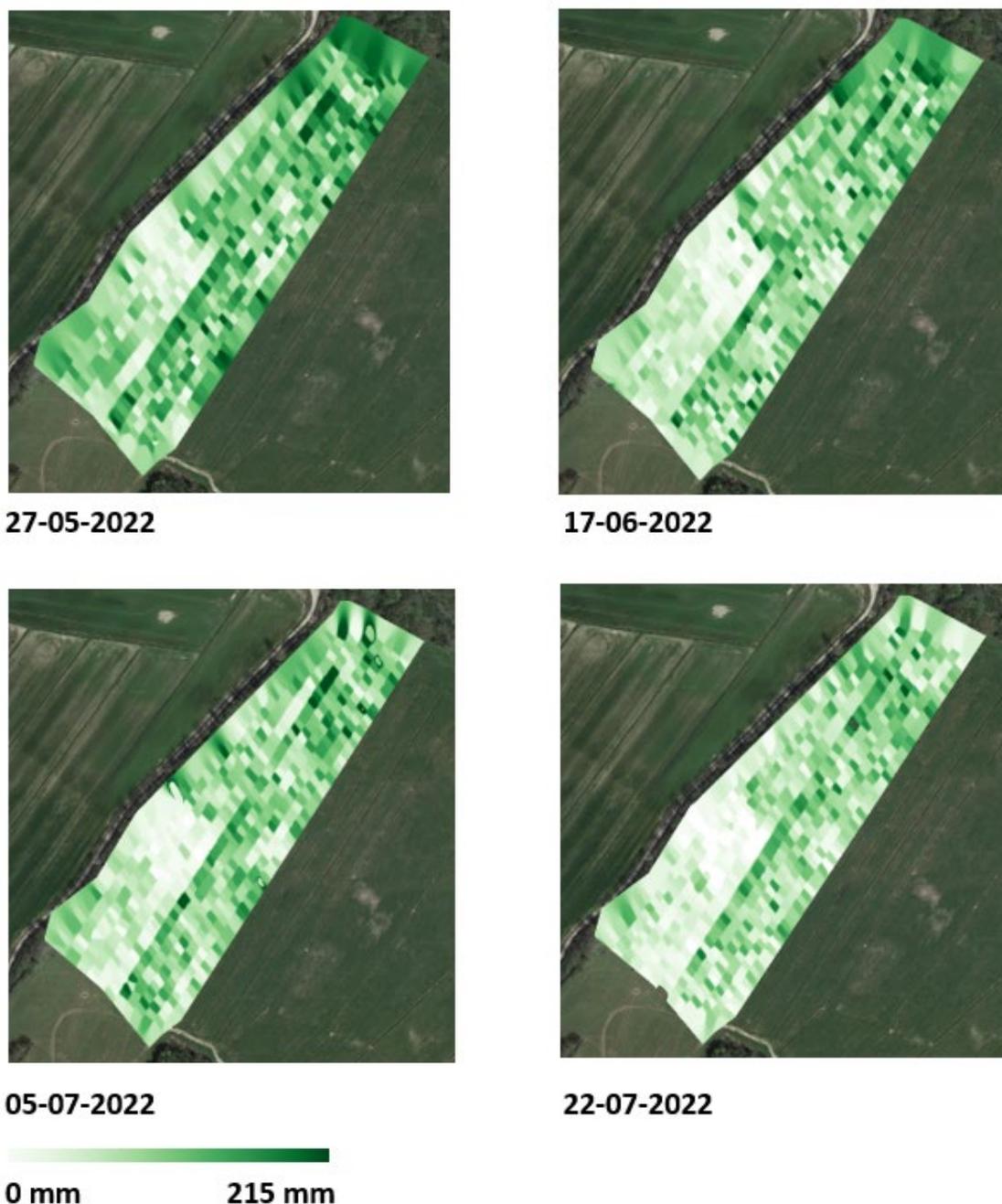


Fig.17. Mappe delle altezze di vegetazione nel pascolo B1 dell'azienda agricola Valdastra. È possibile osservare la diminuzione delle altezze con l'avanzare della stagione di pascolamento.

Aspetti zootecnici

Validazione dell'impiego del Virtual Fencing per la gestione della mandria al pascolo

L'adattamento al collare VF degli animali ha dato dei risultati molto incoraggianti (Tabella 1). Per quanto riguarda l'azienda Valdastra si è osservata una diminuzione significativa nel tempo degli stimoli erogati dai collari. Infatti, il numero totale di suoni è diminuito nel tempo così come il numero totale di scosse, il rapporto scosse/suoni, e il numero di fughe. Quest'ultimo parametro è bene evidenziato dalle mappe di densità riportate in Figura 1.

Tab. 1. Medie per gruppo degli input ricevuti nelle fasi di training presso l'azienda Valdastra

Variabili	T1	T2	T3
Suoni (n)	29.95 ^a	26.40 ^a	9.47^b
Impulsi elettrici (n)	15.88 ^a	10.00^b	4.13^c
Impulsi elettrici/Suoni (n)	0.54 ^a	0.41 ^{ab}	0.37^b
Duarata dei suoni (ms)	65483 ^a	83413 ^a	26391^b
Fughe (n)	3.06^a	1.60^b	0.90^c



Fig. 18. Mappe di densità sull'occupazione del pascolo durante la prova di training presso l'azienda Valdastra

Nell'azienda AGRI.COMES i risultati (Tabella 2) mostrano come, anche per questo allevamento, ci sia stata una graduale diminuzione dei parametri presi in considerazione tra le varie fasi di training. Le mappe di densità mostrate in Figura 2, mostrano inoltre come gli animali siano prevalentemente rimasti all'interno dei confini virtuali.

Tab. 2. Medie per gruppo degli input ricevuti nelle fasi di training presso l'azienda AGRI.COMES

Variabili	T1	T2	T3
Suoni (n)	34.11 ^a	20.17^b	10.52^c
Impulsi elettrici (n)	9.17 ^a	2.58^b	1.64^b
Impulsi elettrici/Suoni (n)	0.30 ^a	0.13^b	0.12^b

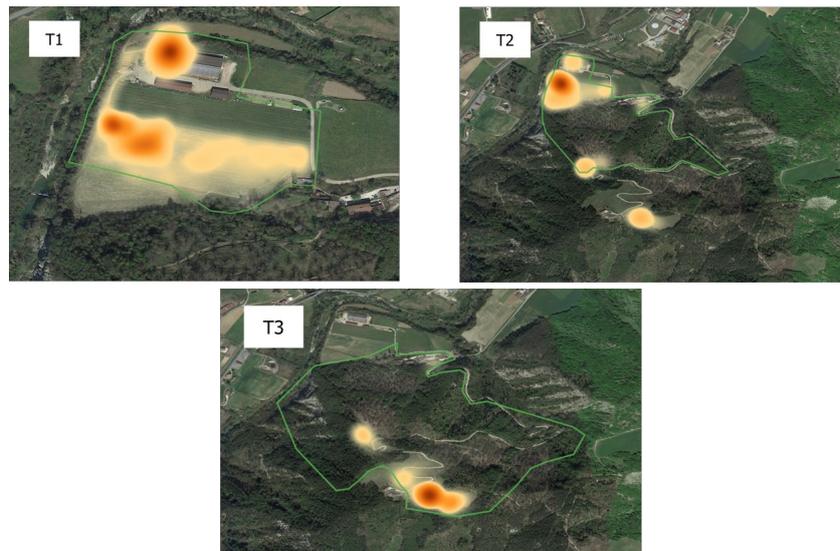


Fig. 19. Mappe di densità sull'occupazione del pascolo durante la prova di training

Valutazione dell'effetto del Virtual Fencing sul benessere animale

L'obiettivo di questa parte del progetto è stato quello di valutare come e se, la gestione della mandria con il sistema VF potesse avere un impatto sulle attività e le abitudini degli animali al pascolo. Ogni animale è stato quindi dotato di una Marca Auricolare equipaggiata con un sistema di rilevamento del movimento (accelerometro triassiale e giroscopio), in grado di determinare il tempo impiegato a pascolare, riposare, ruminare o muoversi.

Dall'analisi dei risultati è emerso come non ci sia nessuna differenza significativa fra il gruppo di controllo ed il gruppo gestito con il VF, relativamente alle attività di ruminazione (Figura 20), riposo (Figura 21) e pascolamento (Figura 22)

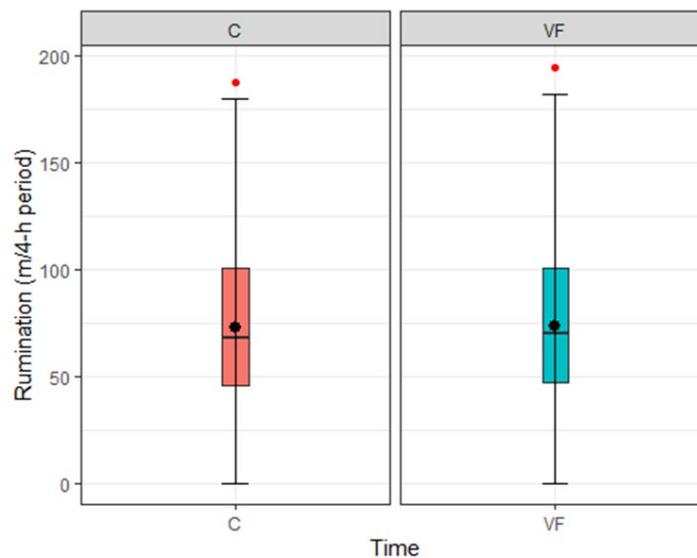


Fig.20. Attività di ruminazione

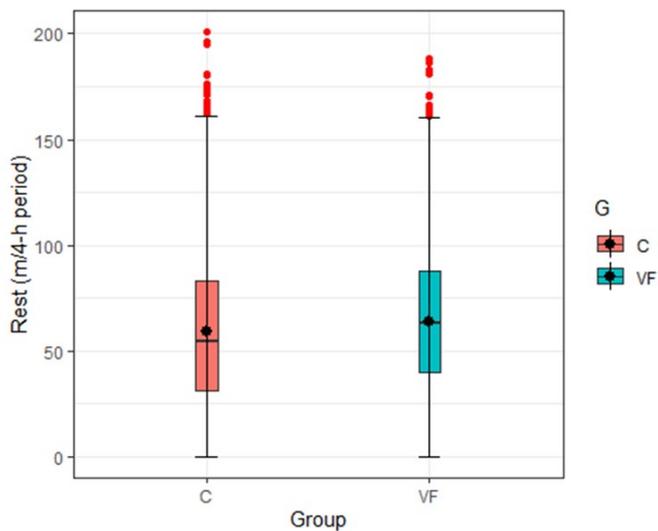


Fig.21. Attività di riposo

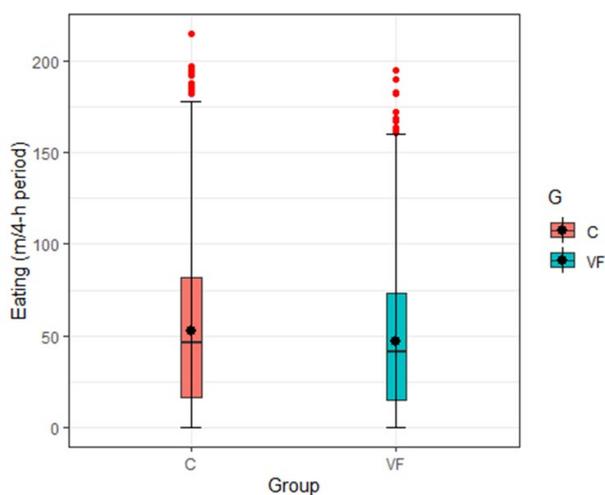


Fig. 22. Attività di pascolamento

Un risultato interessante è emerso riguardo alle differenze comportamentali degli animali nell'arco della giornata di pascolo. Ad esempio, l'attività di ruminazione sembra concentrarsi maggiormente nelle ore serali (Figura 23).

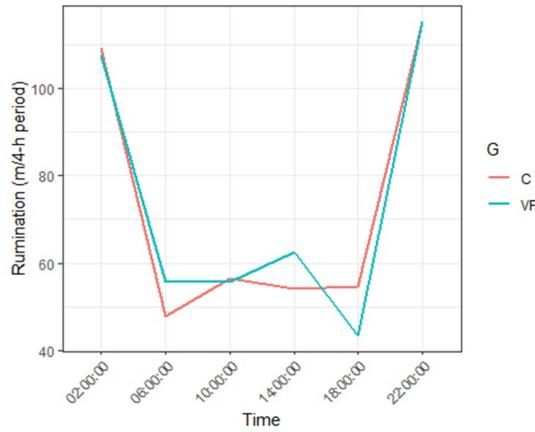


Fig.23. Attività di ruminazione nel tempo

L'attività di pascolamento risulterebbe invece più frequente nelle ore centrali del giorno e nella fascia oraria che va dalle 2 alle 6 del mattino (Figura 23).

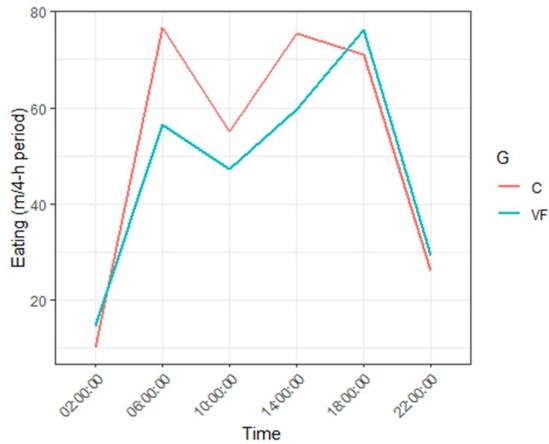


Fig. 24. Attività di pascolamento nel tempo

Per l'attività di riposo, le fasce orarie maggiormente interessate sembrerebbero quelle dalle 22:00 alle 2 del mattino, e dalle 2 del mattino alle 6 del mattino (Figura 24).

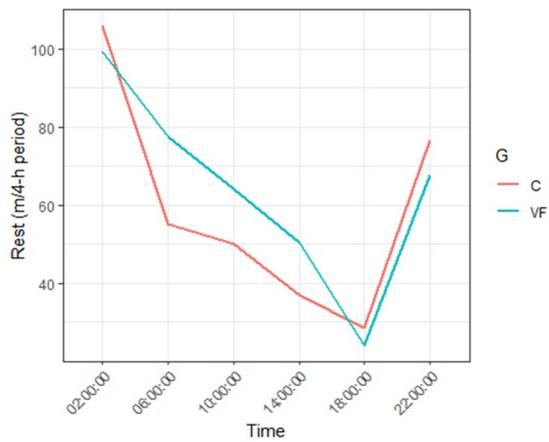


Fig. 25. Attività di riposo nel tempo

In linea con i risultati ottenuti dall'analisi dei dati comportamentali raccolti dalle marche auricolari, anche i risultati relativi alla determinazione del contenuto di cortisolo nel pelo (Tabella 3) mostrano come non ci sia stato nessun cambiamento nel contenuto di cortisolo tra l'inizio e la fine della prova.

Tab. 3 Contenuto di cortisolo nel pelo (pg/mg) misurato all'inizio e alla fine della prova.

Campione	n	Mean	SEM	Min-Max (pg/mg)
Ti (inizio)	16	1.14	0.14	0.53-2.72
Tf (finale)	16	0.82	0.08	0.26-1.47
<i>p</i> -value	0.0677			

Risultato che, se confermato da ulteriori indagini, porterebbe ad ipotizzare uno scarso, se non nullo, impatto della gestione tramite VF sul benessere animale. Il cortisolo, come noto, fornisce infatti un'informazione oggettiva sullo stress a lungo termine a cui gli animali possono essere sottoposti.

Considerazioni e analisi critiche

Problematiche riscontrate e possibili soluzioni

Per quanto concerne l'attività di natura agronomica, possibili problematiche sono state relative all'utilizzo delle immagini acquisite da satellite. Queste ultime, infatti, talvolta sono risultate di scarsa qualità o addirittura non utilizzabili, a causa di condizioni di nuvolosità in corrispondenza della zona di interesse durante il periodo dei rilievi. Queste condizioni sono state frequenti e numerose durante il periodo di prova, riducendo fortemente l'intervallo temporale fra una immagine e la successiva. Ciononostante, grazie all'alta risoluzione temporale del satellite Sentinel-2 (5 giorni) e alla disponibilità di metodi di interpolazione per ottenere informazioni tra due immagini disponibili, è stato possibile ottenere, nel corso della stagione, una curva sufficientemente buona degli indici di vegetazione di interesse. Un'altra tipologia di problematica riscontrata è stata l'utilizzo di fotocamere digitali ad alta risoluzione. In alcuni casi, l'umidità presente in campo ha causato malfunzionamenti all'interno dei dispositivi, causando la perdita di alcuni dati. L'aver sigillato le fotocamere tramite apposito nastro adesivo ha permesso di poterne ripristinare il funzionamento.

Per quanto riguarda gli aspetti zootecnici, le problematiche sono insorte prevalentemente nell'impiego dei collari Nofence®. Come detto nei precedenti capitoli, il progetto VISTOCK ha permesso di valutare, per la prima volta in Italia, la gestione del pascolo tramite Virtual Fencing. Di conseguenza le criticità riscontrate possono fornire un'importante indicazione nel prosieguo sia della ricerca in questo ambito, sia in un campo più propriamente applicativo. Detto ciò, le principali criticità si sono avute nell'azienda Valdastra dove gli animali nella gestione del pascolo virtuale, hanno manifestato un non completo adattamento al collare stesso. Il numero di scosse e di fughe dal recinto virtuale è stato infatti elevato se confrontato con gli animali dell'azienda AGRI.COMES. Tale risultato è probabilmente da attribuire all'età avanzata delle vacche dell'azienda Valdastra, che porterebbe ad una minore adattabilità degli animali a condizioni diverse da quelle abituali. Tali problemi non si sono riscontrati in altre sperimentazioni, come riportato nel capitolo successivo.

Altre esperienze di successo

Al fine di verificare l'efficacia del sistema VISTOCK anche in altri allevamenti, è stata portata avanti anche una sperimentazione sulla razza maremmana nell'ambito del progetto Boscolamento (GAL FAR Maremma, PSR Regione Toscana 2014-2020). Si è stato testato l'impiego del VF nella gestione di una mandria in un sistema agroforestale. Le attività hanno coinvolto una mandria costituita da 22 manze di razza maremmana di età compresa tra 12 e 24 mesi a cui sono stati applicati i collari da marzo a settembre 2021.

La mandria è stata sottoposta inizialmente a un periodo di training organizzato in 4 fasi (Figura 26).

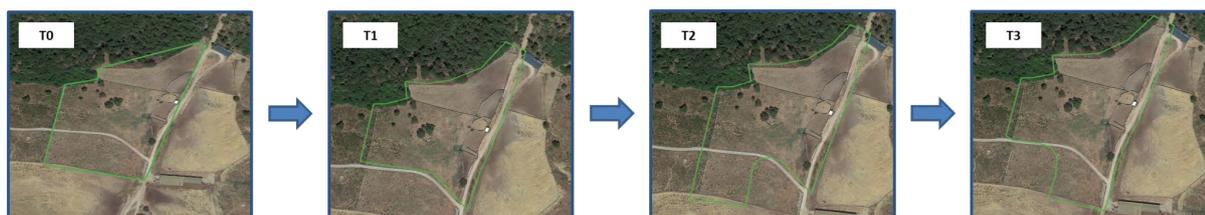


Fig.26 Limiti dei confini virtuali durante le fasi di training delle manze di razza maremmana.

Durante l'intero periodo sono stati raccolti i dati registrati dai collari relativi a numero di suoni (S), numero di scosse (Z), rapporto scossa - suono (Z/S) e posizione degli animali ogni 15 minuti.

Tabella 4. Medie per gruppo degli input ricevuti nelle fasi di training delle manze di razza maremmana

Variable	T1	T2	T3
SUONI (S)	14.46 ^b	27.16 ^a	19.73 ^{ab}
SCOSSE (Z)	3.30	3.00	2.6
Z/S	0.25 ^a	0.11^b	0.10^b

I risultati (Tabella 4) hanno mostrato che la mandria ha appreso con successo ad interagire con il VF. Con il procedere del training si è infatti assistito ad un aumento del numero di suoni rilasciati dal collare. Questo indica un elevato numero di interazioni tra l'animale e il confine virtuale. Tuttavia, il numero di scosse rilasciate è rimasto invariato, suggerendo che gli animali abbiano appreso a cambiare direzione guidati dal suono, senza arrivare all'erogazione della scossa.

Anche le posizioni aggregate degli animali nelle diverse fasi di training e la localizzazione dei suoni e delle scosse (Figura 27), mostrano un ottimale rispetto dei confini virtuali.

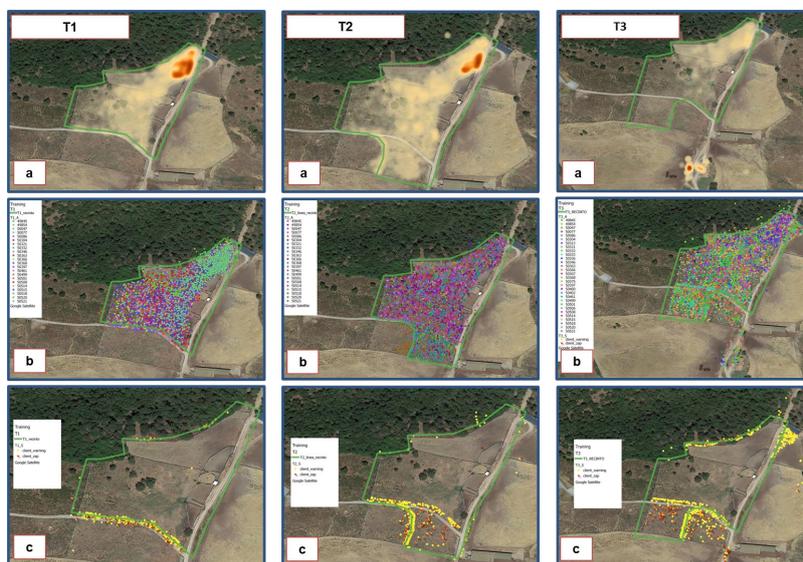


Fig. 27. a) Mappa di densità delle posizioni cumulative per ciascuna fase di training; b) Posizioni individuali; c) segnali acustici (in giallo) e scosse elettriche rilasciate per ciascuna fase di training (in rosso)

Al termine del training, durante la stagione primaverile ed estiva, la mandria è stata spostata in diversi pascoli stagionali caratterizzati da diverse risorse foraggere. Il VF è stato impiegato per limitare l'accesso al bosco e creare un corridoio di spostamento tra l'area di pascolo, dove era collocata l'abbeverata, e la prima porzione di prato pascolo (VF1). Il perimetro è stato

successivamente ampliato in varie fasi (VF2 → VF8), arrivando gradualmente a dare pieno accesso all'intero prato pascolo (Figura 28).

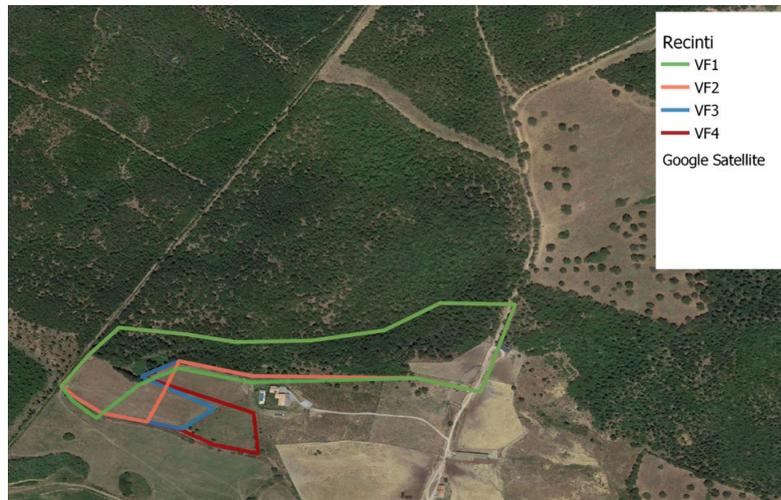


Fig. 28. Schema degli spostamenti dei confini virtuali durante la prima parte della stagione di pascolo

Analogamente a quanto osservato durante il training, le bovine hanno dimostrato interazioni positive con il VF, minimizzando il numero di scosse ricevute a fronte di un elevato numero di segnali acustici. I confini virtuali sono stati rispettati dalla mandria durante ogni fase. Inoltre, gli animali hanno sfruttato l'intera superficie di pascolo a loro disposizione per ciascuna fase (Figura 29).

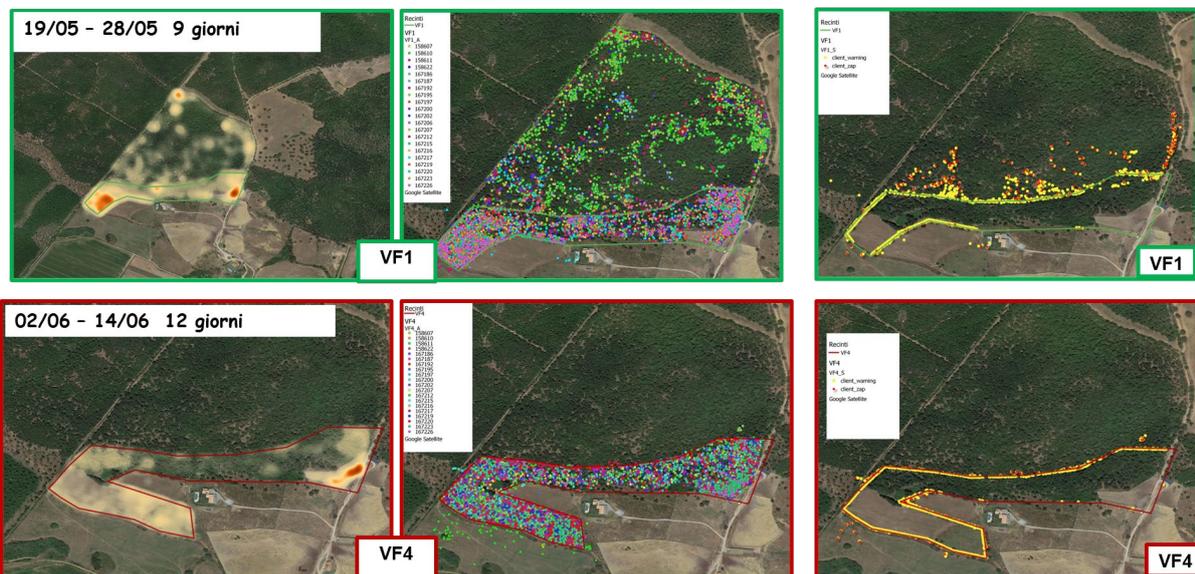


Fig. 29. a) Mappa di densità delle posizioni cumulative per ciascuna fase di pascolo; b) Posizioni individuali; c) segnali acustici (in giallo) e scosse elettriche rilasciate per ciascuna fase di training (in rosso)

A fine stagione (settembre 2021), alle bovine è stato invece dato accesso a una porzione di terreno dove era stata ultimata la raccolta del mais (Figura 30). In questo caso il VF è stato impiegato per creare un vero e proprio corridoio per agevolare lo spostamento della mandria

dal paddock, dove era presente l'abbeverata e dove veniva somministrata l'integrazione alimentare, fino alla nuova area di pascolo.

Anche in questo caso, la mandria ha pascolato all'interno dell'area delimitata dal recinto virtuale, dimostrando di aver appreso a interagire correttamente con i segnali acustici erogati dai collari.

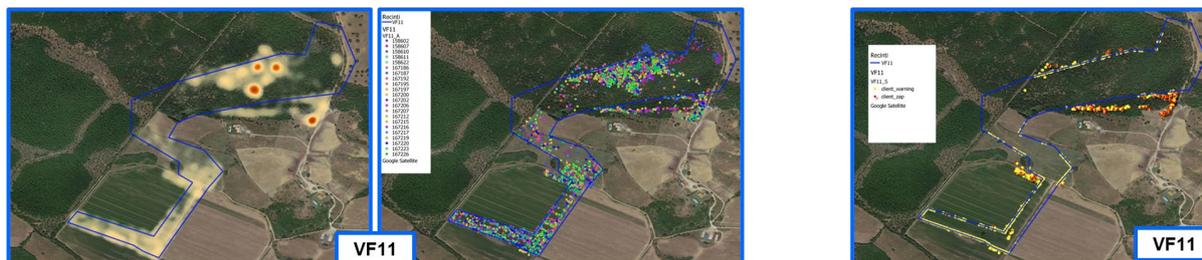


Fig. 30. Pascolamento tramite impiego di Virtual Fencing su residui colturali di mais

Una possibile applicazione ancora in corso di sviluppo del sistema integrato VISTOCK è l'utilizzo dei collari VF accoppiati a serie di immagini satellitari per il monitoraggio dell'intensità di pascolamento. A tale scopo, per l'azienda Valdastra, sono state utilizzate le immagini satellitari Sentinel-2 per valutare da remoto l'effetto del pascolamento sulla risorsa erbacea tramite lo sviluppo di un codice sulla piattaforma Google Earth Engine (GEE). In particolare, sono state considerate le immagini antecedenti ad un determinato periodo di pascolamento e quelle successive. Da queste è stato calcolato l'indice di vegetazione NDVI. L'attività di pascolamento è stata quindi analizzata considerando la differenza (dNDVI) tra le immagini antecedenti (aNDVI) e successive (bNDVI) al pascolamento secondo la formula:

$$dNDVI = (aNDVI - bNDVI) / (aNDVI)$$

Dai risultati ottenuti sono state poi create delle soglie per definire specifiche intensità di pascolamento (non pascolato, basso, medio-basso, medio, medio-alto, alto).

Successivamente, per validare quanto elaborato ed osservato tramite piattaforma GEE, sono state utilizzate le informazioni ottenute dagli strumenti di allevamento di precisione: i collari virtual fencing (Nofence®) e le marche auricolari (SenseHub beef, SCR engineers).

In dettaglio, per valutare l'attività di pascolamento e localizzarla nelle aree definite, sono state estratte dai collari virtual fencing le posizioni GPS di ciascun animale registrate in specifici intervalli temporali. Questi sono stati scelti sulla base delle indicazioni ottenute dalle marche auricolari, strumenti capaci di stabilire il tipo di attività che l'animale svolge in un determinato momento (es. riposo, ruminazione, pascolamento). In questo caso specifico sono state quindi estratte le posizioni degli animali durante l'attività di pascolamento.

Le indicazioni ottenute da satellite e dagli strumenti di allevamento di precisione sono state poi confrontate come visibile nella figura seguente:

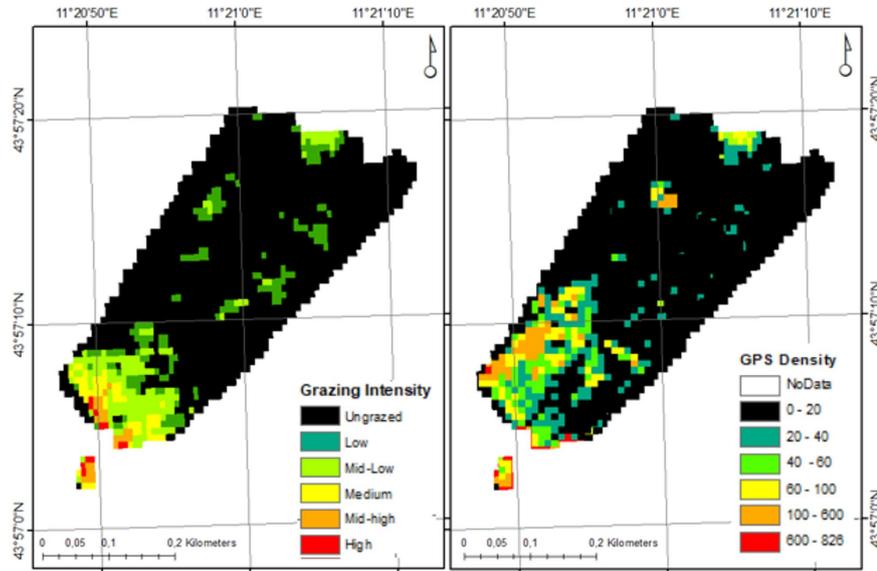


Fig. 31. Intensità di pascolamento osservata tramite immagini satellitari (Sentinel-2) con relative soglie di intensità (sinistra); posizione degli animali registrate dai collari virtual fencing nel periodo di tempo considerato "pascolamento" dalle marche auricolari (destra).

I risultati della sperimentazione hanno confermato la possibilità di individuare l'intensità di pascolamento attraverso specifiche soglie, a partire da indici di vegetazione ricavati da immagini satellitari. Ciò è stato confermato dai dati relativi alle posizioni registrate per ciascun animale in fase di "pascolamento". L'utilizzo della piattaforma GEE per processare e confrontare i dati, infine, si è dimostrato utile ed efficiente.

Trasferibilità dell'innovazione

L'elevata probabilità di trasferire con successo il sistema innovativo integrato sviluppato con il progetto VISTOCK è legata al fatto che questo risponde a reali esigenze di innovazione da parte del comparto zootecnico ricadente nel territorio del GAL START e, parallelamente, alle attività di divulgazione e formazione messe in campo durante il progetto stesso. La creazione di una attiva cooperazione tra gli attori della filiera, e tra questi e il mondo della ricerca, ha permesso di aumentare le ricadute operative del progetto e la trasferibilità del sistema e delle metodologie implementate alle altre realtà aziendali del territorio toscano ma anche nazionale. Numerosi sono stati i contatti da parte di allevatori del nord e sud Italia interessati a sperimentare il modello VISTOCK nei loro contesti aziendali (non solo bovini da carne ma anche da latte).

Il Sistema VISTOCK risponde infatti, come descritto nei paragrafi precedenti, alla necessità di una gestione razionale e sostenibile del pascolamento di bovini da carne calibrando le tecniche di allevamento alla reale produzione della risorsa foraggera in un'ottica di salvaguardia ambientale, di tutela e miglioramento del benessere animale e all'aumento della produttività aziendale nel suo complesso. La messa a punto del Sistema VISTOCK, con la definizione di protocolli di applicazione derivanti dalla sperimentazione del progetto, ne permette infatti la

replicabilità e la diffusione in altre realtà aziendali. Inoltre la sperimentazione ha visto l'applicazione e l'integrazione di diversi strumenti innovativi che possono trovare un efficace utilizzo sia in sinergia, sia applicati separatamente. Va tenuto presente inoltre che le aziende coinvolte nel progetto VISTOCK sono state le prime in Italia ad utilizzare collari Virtual Fencing per la gestione degli animali al pascolo. Pertanto, lo sviluppo del sistema integrato ha permesso di dare grande visibilità al comparto zootecnico del Mugello, non solo in ambito nazionale ma anche internazionale.



Fig. 32. Incontro con allevatori toscani presso l'Azienda Valdastra per illustrare le attività del progetto VISTOCK (14 Luglio 2022)



Fig. 33. Visita da parte dei tecnici ERSA (Regione Friuli) dell'Azienda Valdastra (26 Ottobre 2021)

Per facilitare il trasferimento e la diffusione delle conoscenze e degli strumenti innovativi sviluppati sono state organizzate attività di divulgazione e comunicazione che hanno permesso di condividere i risultati, le metodologie, i protocolli di applicazione e le criticità riscontrate con il mondo produttivo. Sono stati organizzati workshop, convegni scientifici e seminari divulgativi rivolti a tutti i soggetti interessati, agli allevatori locali, gli stakeholders e le comunità locali.

Sito web: <https://vistock.toscanallevatori.it/>

Pagina Facebook: <https://www.facebook.com/vistockAra>

Video di progetto: <https://www.youtube.com/watch?v=rIE4lm60e4Y>

Infosheet: <https://vistock.toscanallevatori.it/>

Evento Lancio del progetto (19 Novembre 2020):

<https://vistock.toscanallevatori.it/news/relazioni-dagri-dream/>

Convegno Finale Fiera Agricola del Mugello (Borgo San Lorenzo 23 Settembre 2022):

<https://vistock.toscanallevatori.it/>

Pubblicazioni su riviste tecniche e divulgative

- Rivista "**Quale formaggio**": <http://www.qualeformaggio.it/resistenza-casearia/18457-agro-zootecnia-4-0-nel-mugello-luniversita-di-firenze-studia-i-pascoli-controllati-virtualmente/>
- **UNIFI magazine**: <https://www.unifimagazine.it/pascoli-virtuali-agro-zootecnia-4-0/>
- Rivista **RUMINATIA**: <https://www.ruminantia.it/pascoli-virtuali-per-una-agro-zootecnia-4-0/>
- Quotidiano **La Nazione**: <https://vistock.toscanallevatori.it/news/sit-dolor/>
- Rivista "**Allevatori Top**"
- Rivista "**I Georgofili**": <http://www.georgofili.it/sezioni/l-accademina-per-il-post-covid-altri-contributi/51>
- Rivista "**Tech Economy 2030**": <https://www.techeconomy2030.it/2020/11/30/zootecnia-4-0-vistock-universita-di-firenze-al-lavoro-sul-pascolo-virtuale/>

Articoli, abstract e poster scientifici

- Argenti, G., Dibari, C., Moriondo, M., Staglianò, N., Bellini, E., Bozzi, R., *et al.* (2020). VISTOCK Project: an Integrated System for Precision Grazing Management by Virtual Fencing. XLIX National congress of the Italian Society for Agronomy, "Sustainable management of cropping systems".
- Aquilani C.; Confessore A.; Bozzi R.; Sirtori F.; Pugliese C. (2022) - Review: Precision Livestock Farming technologies in pasture-based livestock systems. *Animal*- Volume 16, Issue 1. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100429>.
- Bellini E., Moriondo M., Dibari C., Bindi M., Staglianò N., Cremonese E., Filippa F., Galvagno M., Argenti G. (2022) VISTOCK: A simplified model for simulating grassland systems. *European Journal of Agronomy* (in stampa).
- Bellini E., Argenti G., Dibari C., Stendardi L., Staglianò N., Confessore A., Nannucci L., Aquilani C., Moriondo M. (2022). Use of Grasshopper® for pasture biomass maps at high spatial resolution. 51st National congress of the Italian Society for Agronomy, "Agriculture and food availability in 2050".
- Confessore A.; Aquilani C.; Nannucci L.; Fabbri M. C.; Dibari C.; Argenti G.; Pugliese C. (2022) Application of Virtual Fencing for the management of Limousin cows at pasture. *Livestock Science*. Vol.263, p.105037. DOI: 10.1016/j.livsci.2022.105037.
- Confessore C., Aquilani C., Nannucci L., Bellini E., Dibari C., Argenti G., Staglianò N., Moriondo M., Semenzato P., Nicoloso S., Pugliese C. (2021). Application of Virtual Fencing for the management of Limousine cows at pasture during spring-summer season: preliminary results. *Proceedings of 24th ASPA Congress*.
- Confessore A., Aquilani C., Nannucci L., Bellini E., Argenti A., Staglianò N., Moriondo M., Dibari C., Semenzato P., Nicoloso S., Pugliese C. (2021). Application of Virtual Fencing for the management of Limousin cows at pasture during spring-summer season: preliminary results. *Proceedings of EAAP-FAO/CIHEAM Joint Meeting, June 7th-9th 2021*.

- Edoardo Bellini, Giovanni Argenti, Marco Moriondo, Nicolina Staglianò, Carolina Pugliese, Andrea Confessore, Chiara Aquilani, Lapo Nannucci, Riccardo Bozzi, Camilla Dibari. (2021) Use of Sentinel-2 images for biomass assessment in extensive pastures in the Apennines (Central Italy). Atti del convegno *EGF 2021. New Insights into Grassland Science and Practice*, T. Astor I. Dzene, pp. 80-82, ISBN:978-3-00-068789-1
- Laura Stendardi, Chiara Aquilani, Giovanni Argenti, Edoardo Bellini, Marco Bindi, Riccardo Bozzi,, Andrea Confessore, Camilla Dibari, Marco Moriondo, Lapo Nannucci, Gloria Padovan, Carolina Pugliese, Nicolina Staglianò. Grazing intensity detection by integrating diverse innovative technologies: an application in the appennines. *Atti del convegno AIAM*, Cagliari 15-17 Giugno 2022. <http://amsacta.unibo.it/6936/>
- Laura Stendardi, Chiara Aquilani, Giovanni Argenti, Edoardo Bellini, Andrea Confessore, Marco Moriondo, Matilde Pisi, Carolina Pugliese, Nicolina Staglianò, Camilla Dibari. Exploitation of the GEE platform to Apennine grasslands monitoring. Poster scientifico convegno AISSA under 40 , Bolzano 14-15 Luglio 2022. https://www.aissaunder40.com/_files/ugd/250472_9e281fcbef1f4311b526f54735091355.pdf

Considerazioni conclusive

Il progetto VISTOCK ha permesso di testare, nell'ambito delle tecniche agropastorali, un modello aziendale innovativo e multi-obiettivo, finalizzato al miglioramento dell'efficienza gestionale in termini di produttività animale e produzione foraggera. Il modello che il progetto VISTOCK propone potrà, una volta messo a punto e ulteriormente validato, essere un efficace strumento a supporto di processi decisionali e di adozione di tecniche innovative proprie della zootecnia di precisione anche in sistemi estensivi e semi-estensivi. Il progetto VISTOCK, nonostante i problemi derivanti dall'alto livello di innovazione, ha permesso di sperimentare per la prima volta in Italia la tecnologia dei recinti virtuali (Virtual Fencing). Questa tecnologia, applicata al pascolo delle vacche nutrici, segna una tappa decisiva nell'allevamento estensivo verso tecniche più razionali ed efficienti.

Bibliografia

Bellini E., Moriondo M., Dibari C., Bindi M., Staglianò N., Cremonese E., Filippa F., Galvagno M., Argenti G. (2022) VISTOCK: A simplified model for simulating grassland systems. *European Journal of Agronomy* (in stampa).

Bendig J., Yu K., Aasen H., Bolten A., Bennertz S., Broscheit J., Gnyp M.L., Bareth G. (2015). Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2015, 39, 79–87.

Filippa, G., Cremonese, E., Migliavacca, M., Galvagno, M., Forkel, M., Wingate, L., Tomelleri, E., Morra di Cella, U., Richardson, A.D. (2016). Phenopix: A R package for image-based vegetation phenology. *Agric. For. Meteorol.* 220, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.01.006>.

Huete A.R. (1988) A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sens. Environ.* 25, 295–309.

McSweeney D., Coughlan N.E., Cuthbert R.N., Halton P., Ivanov S. (2019). Micro-sonic sensor technology enables enhanced grass height measurement by a Rising Plate Meter. *Information Processing in Agriculture* 6, 279–284.

Migliavacca, M., Galvagno, M., Cremonese, E., Rossini, M., Meroni, M., Sonnentag, O., Cogliati, S., Manca, G., Diotri, F., Busetto, L., et al. (2011). Using digital repeat photography and eddy covariance data to model grassland phenology and photosynthetic CO₂ uptake. *Agricultural and Forest Meteorology* 151, 1325–1337.

Tucker C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.* 8, 127–150.

Aaser, M.F., Staahltoft, S.K., Korsgaard, A.H., Trige-Esbensen, A., Alstrup, A.K.O., Sonne, C., Pertoldi, C., Bruhn, D., Frikke, J., Linder, A.C., 2022. Is Virtual Fencing an Effective Way of Enclosing Cattle? Personality, Herd Behaviour and Welfare. *Animals* 12. <https://doi.org/10.3390/ani12070842>

Anderson, D.M., Estell, R.E., Holechek, J.L., Ivey, S., Smith, G.B., 2014. Virtual herding for flexible livestock management - A review. *Rangeland Journal*. <https://doi.org/10.1071/RJ13092>

Aquilani, C., Confessore, A., Bozzi, R., Sirtori, F., Pugliese, C., 2022. Review: Precision Livestock Farming technologies in pasture-based livestock systems. *Animal*. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100429>

Boyd, C.S., O'Connor, R., Ranches, J., Bohnert, D.W., Bates, J.D., Johnson, D.D., Davies, K.W., Parker, T., Doherty, K.E., 2022. Virtual Fencing Effectively Excludes Cattle from Burned Sagebrush Steppe. *Rangeland Ecology and Management* 81, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2022.01.001>

Campbell, D.L.M., Haynes, S.J., Lea, J.M., Farrer, W.J., Lee, C., 2019a. Temporary exclusion of cattle from a Riparian zone using virtual fencing technology. *Animals* 9. <https://doi.org/10.3390/ani9010005>

Campbell, D.L.M., Lea, J.M., Farrer, W.J., Haynes, S.J., Lee, C., 2017a. Tech-savvy beef cattle? How heifers respond to moving virtual fence lines. *Animals* 7, 1–12. <https://doi.org/10.3390/ani7090072>

Campbell, D.L.M., Lea, J.M., Keshavarzi, H., Lee, C., 2019b. Virtual Fencing Is Comparable to Electric Tape Fencing for Cattle Behavior and Welfare. *Frontiers in Veterinary Science* 6. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00445>

Colusso, P.I., Clark, C.E.F., Lomax, S., 2020. Should dairy cattle be trained to a virtual fence system as individuals or in groups? *Animals* 10, 1–19. <https://doi.org/10.3390/ani10101767>

Heimbürge, S., Kanitz, E., Otten, W., 2019. The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. *General and Comparative Endocrinology*. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.09.016>

Lee, C., Campbell, D.L.M., 2021. A Multi-Disciplinary Approach to Assess the Welfare Impacts of a New Virtual Fencing Technology. *Frontiers in Veterinary Science* 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.637709>

Ringraziamenti

Si ringrazia la IL GAR START Mugello, sottomisura 16.2 "Sostegno a progetti pilota e allo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie" PSR 2014-2020 Regione Toscana per il finanziamento che ha permesso la realizzazione del progetto e le Aziende Agricole AGRICOMES e VALDASTRA per il loro supporto e la preziosa disponibilità.

