



UNIONE EUROPEA  
Fondo Europeo Agricolo  
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

## TIPO DI OPERAZIONE

### 16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura

**DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 2144 DEL 10/12/2018**

FOCUS AREA  3A  5E

## RELAZIONE TECNICA FINALE

**DOMANDA DI SOSTEGNO 5112648**

**DOMANDA DI PAGAMENTO 5705564**

Titolo Piano	Forest Drone: monitoraggio delle aree forestali soggette a danneggiamenti da fauna selvatica ungulati nobili
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	<b>Consorzio Futuro in Ricerca (CFR) – Via G. Saragat, 1 Corpo B – 44122 Ferrara (FE)</b>

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	<b>30</b>
Data inizio attività	<b>25/06/2020</b>
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	<b>23/12/2023</b>

Relazione relativa al periodo di attività dal	25/06/2020	Al 23/12/2023
Data rilascio relazione	22/02/2024	

Autore della relazione	Consorzio Futuro in Ricerca		
telefono		email	cfr@unife.it

## Sommario

<b>1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO</b>	<b>3</b>
<b>1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO</b>	<b>3</b>
<b>2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2.1 ATTIVITÀ E RISULTATI</b>	<b>3</b>
<b>2.2 PERSONALE</b>	<b>4</b>
<b>2.3 TRASFERTE</b>	<b>4</b>
<b>2.4 MATERIALE CONSUMABILE</b>	<b>4</b>
<b>2.5 SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE</b>	<b>5</b>
<b>2.6 MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI</b>	<b>5</b>
<b>2.7 ATTIVITÀ DI FORMAZIONE</b>	<b>5</b>
<b>2.8 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI</b>	<b>6</b>
<b>3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ</b>	<b>6</b>
<b>4 - ALTRE INFORMAZIONI</b>	<b>6</b>
<b>5 - CONSIDERAZIONI FINALI</b>	<b>7</b>
<b>6 - RELAZIONE TECNICA</b>	<b>7</b>

### **1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano**

*Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano.*

Le attività si sono concluse con la chiusura formale del piano. Con riferimento a quanto previsto in sede progettuale, sono stati svolte le azioni descritte nel prosieguo.

A seguito di un intenso lavoro di documentazione svolto sulla base della bibliografia nazionale e internazionale disponibile sul tema, è stata messa a punto e condivisa la metodologia di svolgimento delle fasi della sperimentazione, attribuendo i tempi e i compiti a tutti i componenti del GOI. La sperimentazione sul campo è iniziata con una serie di sopralluoghi effettuati per meglio comprendere le caratteristiche dei singoli test sites e mettere a punto le modalità di rilievo. Successivamente sono stati eseguiti da parte delle imprese forestali i tagli boschivi, mettendo a nudo i ceppi. Sono stati quindi eseguiti diversi voli fotogrammetrici con un drone dotato di fotocamera digitale, provvedendo anche all'acquisizione di informazioni sul terreno riguardanti le caratteristiche geometriche dei polloni. I dati sono stati oggetto di elaborazione e analisi geometrica allo scopo di verificare la rispondenza del metodo utilizzato allo scopo della ricerca. Tale rispondenza risiede nella possibilità di evidenziare e quantificare le variazioni dimensionali nel tempo delle ceppaie successivamente al taglio boschivo. E ciò allo scopo di rilevare eventuali anomalie della crescita dei ricacci dovute all'azione di brucamento degli ungulati. I risultati ottenuti pur essendo soddisfacenti, hanno messo in evidenza alcune criticità del metodo. Di tali criticità si è tenuto conto nel predisporre una prima proposta di linee guida per l'impiego dei droni nel monitoraggio delle ceppaie. Nello stabilire le linee guida ci si è posti l'obiettivo di proporre una tecnica di monitoraggio "alla portata" delle singole aziende sia dal punto di vista tecnologico che economico.

CFR ed il partner Confagricoltura Bologna Srl si sono occupati del coordinamento e della realizzazione delle attività di divulgazione, dalla realizzazione e relativo aggiornamento periodico del sito web di progetto e della progettazione/realizzazione di materiale divulgativo.

Un discorso a parte merita la partecipazione ad eventi, curata dai medesimi beneficiari, in quanto va posto in evidenza come l'insorgere della pandemia abbia influito pesantemente sulla possibilità di prendere parte a manifestazioni di settore, soprattutto durante le prime due annualità di progetto. Il GOI Forestdrone ha, tuttavia, partecipato ad eventi - prevalentemente in territorio nazionale, che verranno dettagliati nel seguito – in corrispondenza dei quali è stato possibile presentare il progetto ed i risultati raggiunti in corso d'opera.

L'azione dedicata alla Formazione, si è articolata in due corsi comprensivi di lezioni teoriche ed esercitazioni pratiche sul campo, della durata di 23 e 21 ore rispettivamente. Da rilevare il fatto che al piano originariamente presentato era stata abbinata la proposta n. 5113978 che prevedeva la realizzazione di un viaggio di istruzione in Finlandia, iniziativa che si è rivelata non realizzabile a causa delle forti limitazioni imposte dalla pandemia COVID-19 e al successivo conflitto bellico in Ucraina che ha determinato un incremento dei costi collegati, non sostenibile da parte dei potenziali partecipanti. La mancata realizzazione di tale proposta è stata compensata dallo svolgimento del secondo corso sopra citato, variazione notificata alla Regione Emilia Romagna con comunicazione integrativa nel corso del mese di settembre 2023, ed approvata dalla medesima con Determinazione n. 21451 del 16/10/2023.

## 1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
Azione	CFR con Confagricoltura Bologna Srl	Esercizio della cooperazione	1	1	30	42
Azione 1	Confagricoltura Bologna Srl (con CFR)	Studi necessari alla realizzazione del piano	1	3	6	16
Azione 2	CFR con Confagricoltura Bologna Srl, Az. Agr. Arsella di Pelagalli, Az. Obiettivo Verde di Lucchini Davide, Az. Agr. Arsella di Comellini Luca	Realizzazione del piano	1	3	30	42
Azione	CFR con Confagricoltura Bologna Srl	Divulgazione e Comunicazione	16	1	30	42
Azione	Dinamica	Formazione consulenza	16 28	17 40	18 30	18 41

## 2 - Descrizione per singola azione

### 2.1 Attività e risultati

Azione	Esercizio della Cooperazione
Unità aziendale responsabile	Consorzio Futuro in Ricerca (con il supporto di Confagricoltura Bologna Srl)
Descrizione delle attività	<p><i>Nell'ambito dell'Esercizio della Cooperazione, CFR ha assunto il completo coordinamento tanto delle attività tecniche previste dal Piano, quanto di quelle amministrative.</i></p> <p>Nello specifico, CFR si è occupato di coordinare in fase iniziale l'inquadramento metodologico attraverso una condivisione delle specifiche modalità di svolgimento delle fasi dell'intero processo sperimentale, attribuendo in modo definitivo i tempi e i compiti a tutti i componenti del GOI, con cui ha mantenuto in continuo i rapporti, monitorando l'andamento delle diverse fasi di lavoro e stabilendo momenti di confronto tra i partners attraverso incontri, prevalentemente in remoto, soprattutto in corrispondenza dell'emergenza pandemica che ha fortemente condizionato le modalità ed i tempi di implementazione, tanto da spingere il raggruppamento a chiedere formalmente una proroga della durata di 12 mesi nel corso del mese di Maggio 2022.</p> <p>Da evidenziare tre momenti di incontro in particolare hanno scandito il corso del progetto:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Kick off meeting, svoltosi in data 16/09/2020 presso la sede di Confagricoltura a Bologna, in cui il partenariato si è ufficialmente riunito per un confronto relativo alle attività di avvio</li><li>- Mid term meeting svoltosi in data 26/10/2021 in modalità remota a causa delle restrizioni agli spostamenti causate dal Covid: è stato fatto il punto delle attività in capo ai partner con evidenza delle criticità poste dalle limitazioni causate dall'evento pandemico sia per quanto riguarda le fasi più tecniche sia per quanto riguarda la parte formativa in programmazione;</li><li>- Meeting Finale, che si è tenuto in data 19/12/2023 presso la sede di Confagricoltura a Bologna, in cui sono stati presentati i risultati ottenuti nel corso del progetto ed è stata occasione per un confronto con il raggruppamento del GOI "Selvicoltura e preservazione dei Suoli Boschivi: strategie per il sequestro del carbonio – SuoBo", finanziato a valere sul medesimo Bando, circa le potenziali sinergie e prospettive di sviluppo future.</li></ul> <p>Parimenti, CFR si è occupato della gestione amministrativa del progetto, fornendo indicazioni al partenariato in merito alle scadenze e agli oneri in carico a ciascun membro del GO, con particolare riferimento alla predisposizione della rendicontazione tecnica e finanziaria e modulistica da compilare e caricare a sistema SIAG.</p> <p>Per quanto riguarda il coordinamento delle attività tecniche, CFR si è avvalso della collaborazione del partner Confagricoltura Bologna Srl che ha supportato le imprese forestali durante lo svolgimento delle attività collegate all'Azione 3. Nello specifico, Confagricoltura ha provveduto a fornire le necessarie prescrizioni utili a CFR e alle imprese forestali per l'esecuzione delle operazioni di rilevamento sia da drone sia sul terreno, con tecniche tradizionali. L'acquisizione, il trattamento e</p>

	<p>la validazione di tali i tali dati sono stati ottimizzati in virtù della collaborazione tra CFR e Confagricoltura Bologna. In particolare, CFR si è occupato di progettare il metodo di acquisizione dei dati, impiegando droni e sensori per le operazioni di rilevamento in campagna, nonché di elaborare il dato geometrico ed eventualmente quello multispettrale in collaborazione con Confagricoltura Bologna, soprattutto per l'interpretazione dei risultati.</p> <p>Da ultimo, CFR e Confagricoltura si sono occupati della predisposizione della relazione finale.</p> <p>CFR, in aggiunta, ha mantenuto i contatti con la Direzione generale agricoltura, caccia e pesca - Area Innovazione, formazione e consulenza- Settore Competitività delle imprese e sviluppo dell'innovazione della Regione Emilia Romagna, garantendo un flusso comunicativo chiaro e trasparente nei confronti del partenariato.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi dell'Esercizio della Cooperazione sono stati raggiunti, sebbene in un lasso di tempo più ampio rispetto a quello preventivato in sede di candidatura, a causa delle criticità imposte dalla pandemia che hanno prodotto il rallentamento nello svolgimento delle attività progettuali per l'anno 2020 e per parte dell'anno 2021, dato il perdurare della situazione emergenziale. Anche le tempistiche legate alla comunicazione di finanziabilità del progetto, pervenuta in data 30/06/2020, hanno generato un ritardo nell'avvio delle attività determinando, in particolare, l'impossibilità di eseguire, secondo la scansione originariamente definita nel Piano, i monitoraggi relativi ai danni sulla rinnovazione agamica dopo le utilizzazioni forestali nelle particelle selezionate come test sites nella stagione primaverile. Poiché, per ottenere risultati significativi in relazione alla velocità di crescita dei polloni a partire dalle operazioni di taglio, il rilievo delle ceppaie mediante APR e il confronto dei risultati con quelli dati da tecniche tradizionali al suolo deve essere ripetuto per almeno 3 annate forestali a distanza di 12 mesi l'uno dall'altro ed è stato possibile eseguire il primo rilievo da APR solo nel mese di maggio 2021, al fine di rispettare il programma originale delle operazioni sperimentali è stato necessario richiedere una proroga di 12 mesi per poter ripetere i rilievi, oltre che nel 2022, anche nel 2023.</p>

Azione 1	Studi necessari alla realizzazione del Piano (di mercato, di fattibilità, piani aziendali, ecc)
Unità aziendale responsabile	Confagricoltura Bologna Srl con il supporto di CFR
Descrizione delle attività	Considerata l'importante impatto degli ungulati nobili su aree forestali post utilizzazione in particolare sul territorio della provincia di Bologna oggetto di indagine, al fine della predisposizione del piano, dal punto di vista forestale si è proceduto ad identificare, attraverso sopralluoghi congiunti con le imprese forestali e supportati dalle cartografie tematiche prelevate dal sistema informativo territoriale della Regione Emilia Romagna, i soprassuoli e le aree boschive con tipicità e forme di governo differenti, specie forestali prevalenti differenziate, presenza di fauna selvatica e forma di gestione venatoria differenziata (ATC/SIC) al fine di apprendere l'impatto sia di tipo ambientale che di tipo economico nonché gli eventuali metodi di valutazione e prevenzione ottimale degli operatori qualificati
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	<p>Gli obiettivi che erano stati previsti nel piano originario sono stati completamente perseguiti seppur in tempistiche più lunghe di quelle indicate. Purtroppo Si sono verificati alcuni ritardi da una parte sia nelle verifiche tecniche sia nell'esecuzione dei lavori forestali a causa del perdurare dell'emergenza sanitaria che ha limitato, come già ribadito in altre sezioni, gli spostamenti verso le aziende.</p> <p>L'attività condotta ha consentito di valutare l'effetto della pressione faunistica</p>

evidenziate	(ungulati nobili) post-pratiche selvicolturali: I partners avranno dunque strumenti ulteriori per riconsiderare la gestione forestale collegata alle loro aree forestali sia nella metodologia di taglio ma soprattutto nell' allestimento del materiale legnoso al fine della prevenzione delle ceppaia
-------------	--

Azione 2	AZIONI SPECIFICHE LEGATE ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO
Unità aziendale responsabile	Consorzio Futuro in Ricerca - con il supporto di Confagricoltura Bologna Srl, Az. Agr. Arsella di Pelagalli, Az. Obiettivo Verde di Lucchini Davide, Az.Agr. Arsella di Comellini Luca
Descrizione delle attività	<p>Nell'ambito dell'Azione 2 si proceduto preliminarmente a delineare l'inquadramento metodologico delle attività del piano ed alla condivisione delle specifiche modalità di svolgimento delle fasi dell'intero processo sperimentale, stabilendo tempi e compiti attribuiti a tutti i componenti del GOI.</p> <p>Successivamente si è proceduto alla definizione delle tecniche convenzionali e alla individuazione delle problematiche riguardanti il loro impiego allo scopo di definire le tecniche sottoposte alla valutazione, sia di tipo convenzionale, sia di tipo innovativo, nonché di individuare i fattori sui quali si basa la valutazione.</p> <p>La successiva sperimentazione in campagna delle tecniche innovative basate sui droni e di quelle convenzionali ha costituito la vera e propria fase sperimentale del progetto. CFR ha effettuato una serie di rilevamenti dei test sites da APR, la relativa elaborazione dei dati e la validazione a terra dei risultati. Il partner Confagricoltura Bologna Srl si è occupato della verifica e della pianificazione delle modalità di gestione forestale delle particelle per ogni impresa oggetto di studio.</p> <p>Le particelle forestali individuate tra quelle di proprietà o in conduzione alle imprese forestali agricole hanno caratteristiche forestali simili, ma tipologie di pressione da ungulato nobile diversa.</p> <p>Focus dell'Azione 2 è stato il monitoraggio dei danni sulla rinnovazione agamica dopo le utilizzazioni forestali nel periodo di durata del progetto ed in modo particolare, essendo il momento più delicato per la rinnovazione, dopo le operazioni colturali. Le operazioni forestali sono state precedute da regolari domande di comunicazione di taglio presentate presso l'ente competente. CFR si è occupato della progettazione del metodo finalizzato all'acquisizione dei dati, impiegando i droni e i sensori a disposizione per le operazioni di rilevamento in campagna, occupandosi, successivamente, della elaborazione del dato geometrico in collaborazione con Confagricoltura, soprattutto per l'interpretazione e la validazione dei risultati.</p> <p>Le fasi salienti dell'Azione 2 possono essere riepilogate come segue:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sopralluoghi sui test sites con acquisizione di fotografie e filmati.</li> <li>- Progetto della modalità di rilievo per ciascun test site.</li> <li>- Esecuzione di rilievi aerofotogrammetrici da APR (Aeromobile a pilotaggio remoto) integrati con rilievi GNSS (Global Navigation Satellite System) nei test sites e in luoghi con caratteristiche analoghe ai test sites.</li> <li>- Elaborazione delle immagini digitali acquisite da APR mediante il software AGISOFT METASHAPE. Realizzazione delle nuvole di punti e dei modelli 3d delle ceppaie.</li> <li>- Analisi dei modelli digitali delle ceppaie e confronto tra rilievi successivi</li> <li>- Esame critico dei risultati ottenuti e discussione</li> </ul>

<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>L'analisi dei risultati ottenuti nei rilievi aerofotogrammetrici da APR era finalizzata a valutare l'attitudine del metodo applicato in questo studio a evidenziare i danni arrecati dagli ungulati alle ceppaie. Tali danni si manifestano attraverso la modifica dell'altezza dei polloni oggetto di brucamento. Si è potuto dimostrare che il metodo è efficace nei primi mesi successivi al taglio boschivo, finché i ricacci sono di piccole dimensioni e il terreno non è invaso da nuova vegetazione. Si è invece constatato che dopo un anno dal taglio è molto difficile misurare per via aerofotogrammetrica l'altezza dei polloni senza commettere notevoli errori. Ciò a causa della crescita della vegetazione presente attorno alle ceppaie che non consente più di riconoscere i polloni da altre forme di vegetazione.</p>
--	---

<p>Azione</p>	<p>Divulgazione</p>
<p>Unità aziendale responsabile</p>	<p>Consorzio Futuro in Ricerca (con il supporto di Confagricoltura Bologna Srl)</p>
<p>Descrizione delle attività</p>	<p>L'Azione Divulgazione è stata coordinata dal Consorzio Futuro in Ricerca, con il supporto di Confagricoltura Bologna Srl.</p> <p>In prima battuta si è proceduto alla progettazione ed alla realizzazione di un sito web di progetto (<a href="https://www.forestdrone.it/">https://www.forestdrone.it/</a>), nonché all'elaborazione dei contenuti che sono stati aggiornati in corso d'opera.</p> <p>In parallelo è stato prodotto materiale di comunicazione relativo al progetto Forestdrone (brochure, vela – scaricabili dal sito) da utilizzare in occasione di manifestazioni di settore.</p> <p>Come anticipato in premessa, la pandemia ha fortemente limitato la partecipazione ad eventi quali fiere e convegni specialistici e l'organizzazione di tavoli tecnici di confronto; nonostante ciò, potendo contare su spazi espositivi messi a disposizione da Confagricoltura, è stato possibile presenziare come GOI Forestdrone a diverse manifestazioni – essenzialmente in ambito nazionale – dai momenti iniziali del progetto, sino alle fasi di maggiore maturità del progetto, in cui è stato possibile esporre i risultati raggiunti in itinere. Nello specifico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Boster NE (Cansiglio (BL), edizioni 2020 e 2021)</li> <li>- Boster NO (Oulx (TO), edizioni 2021 e 2022)</li> <li>- Agriumbria (PG, edizione 2022)</li> <li>- Progetto Bosco – Progetto Fuoco (VR, edizione 2022)</li> <li>- Forlener (Erba (CO), edizione 2023)</li> <li>- Forester (Paluzza (UD), edizione 2023)</li> <li>- Agrialp (Bolzano, edizione 2023)</li> </ul> <p>L'evento finale del progetto Forestdrone (Bologna, 19/12/2023), dal titolo "Monitoraggio del sequestro del carbonio nei suoli delle aree forestali nell'Appennino Emiliano-Romagnolo: i progetti PSR SuoBo e Forest Drone" è stato organizzato in sinergia con il GOI coinvolto nel progetto PSR 2014-2020 "SuoBo - Selvicoltura e preservazione dei Suoli Boschivi: strategie per il sequestro del carbonio"; in quella sede, oltre a presentare i risultati finali di Forestdrone ai beneficiari di progetto, è stato possibile realizzare un confronto tra i partenariati su tematiche comuni, aprendo uno scenario su possibili collaborazioni future.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità</p>	<p>Gli obiettivi previsti dall'Azione Divulgazione sono stati raggiunti, nonostante il perdurare della pandemia abbia spostato in avanti i termini di realizzazione, dilatando le tempistiche inizialmente previste.</p> <p>La presentazione dei risultati del progetto Forestdrone ha suscitato interesse</p>

evidenziate	nella compagine dei tecnici forestali a livello nazionale, oltre che negli stakeholders presenti durante le occasioni di presentazione del progetto, in particolare per utenti provenienti da aree appenniniche e/o da imprese boschive specializzate nel taglio di latifoglie.
-------------	---

Azione	Formazione
Unità aziendale responsabile	DINAMICA soc cons a r.l. – Via Bigari 3 – 40128 Bologna (BO)
Descrizione delle attività	<p>L'attività formativa realizzata, inerente due distinti percorsi formativi, è stata organizzata da Dinamica Soc. Cons a r.l sede operativa di Bologna.</p> <p>Più in dettaglio sono stati organizzati due corsi.</p> <p>Il primo (titolo: I MEZZI AEREI A PILOTAGGIO REMOTO PER IL MONITORAGGIO DELLE AREE FORESTALI DOPO UTILIZZAZIONI BOSCHIVE) della durata di 23 ore, è stato articolato in due moduli di 10 ore (Tecniche di gestione forestale sostenibile) e 13 ore (Applicazioni del drone in ambito forestale) con l'obiettivo di introdurre negli operatori la tecnica di utilizzo dei droni analizzandone le potenzialità e fornendone gli strumenti conoscitivi ed operativi necessari.</p> <p>Il corso ha inteso inoltre formare gli operatori anche sulle tematiche della sicurezza per la predisposizione del cantiere forestale e delle tecniche di abbattimento ed esbosco allo scopo di indirizzare le imprese alla gestione forestale sostenibile, finalizzata anche alla riduzione dell'impatto dei danni da fauna selvatica nelle aree boschive sia dal punto di vista ambientale che economico.</p> <p>Il secondo (titolo: TECNICHE DIGITALI PER IL MONITORAGGIO DA REMOTO DELLE CEPPAIE E PER LA VALUTAZIONE DELLA STABILITA' DEI VERSANTI BOSCHIVI, TECNICHE DI CONSOLIDAMENTO DELLE AREE DANNEGGIATE) della durata di 21 ore è stato articolato in due moduli di 11 ore (TECNICHE DIGITALI PER LO STUDIO DELL'IMPATTO DEGLI UNGULATI SELVATICI SUL BOSCO: I DRONI ULTRALEGGERI) e 10 ore (TECNICHE DIGITALI PER LA VALUTAZIONE DELLA STABILITA' DEI VERSANTI E METODI DI CONSOLIDAMENTO DELLE AREE DANNEGGIATE) con l'obiettivo di acquisire le moderne tecniche di digitalizzazione del settore forestale (valutazione dell'impatto degli ungulati sulle ceppaie, applicazioni di cartografia, utilizzo dei droni per il rilievo di dati e la valutazione di stabilità dei versanti boschivi, foto georiferite, condivisione dei dati raccolti in campo) e di analizzare gli aspetti applicativi di opere di consolidamento di versanti (modalità di realizzazione e manutenzione degli ambienti forestali).</p> <p>I percorsi formativi si sono svolti alternando diverse metodologie didattiche prevedendo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lezioni in aula basate sulla trasmissione di concetti, informazioni e schemi interpretativi per acquisire conoscenze teoriche e/o pratiche anche in contesto laboratoriale.</li> <li>2) Analisi casi pratici che consentono di contestualizzare e approfondire le capacità e le conoscenze acquisite durante il percorso formativo attraverso la partecipazione attiva dell'utente con analisi di casi e questioni inerenti alla propria realtà aziendale.</li> <li>3) Lezioni in campo che consentono di integrare e approfondire le capacità e le conoscenze acquisite durante il percorso formativo attraverso l'osservazione diretta di esperienze aziendali/operative.</li> </ol>

	<p><b>MATERIALI DIDATTICI</b>  E' stato messo disposizione il materiale didattico, che ha supportato le principali tematiche trattate nell'intero percorso formativo predisposto dai docenti previsti.</p> <p>A ciascun partecipante, alla fine del corso è stato somministrato un questionario di gradimento per la valutazione della qualità complessiva del corso, l'interesse ed eventuali suggerimenti e/o osservazioni.</p> <p>Al termine dei percorsi sono state somministrate due distinte verifiche finale di apprendimento atte a verificare l'acquisizione da parte dei singoli utenti di conoscenze/capacità in relazione all'oggetto della formazione (test di valutazione teorico svoltosi sotto controllo pubblico su piattaforma on line).</p> <p>Al piano originariamente presentato era stata abbinata la seguente proposta:  Proposta 5113978 - ESPERIENZE A CONFRONTO CON I SISTEMI DI GESTIONE FORESTALE FINLANDESI DELL'AREA DEL NORD SAVO-approvata  Si è reso necessario sostituire il viaggio previsto, irrealizzabile causa pandemia e conflitto bellico in Russia, e sostituirlo con la seconda proposta formativa indicata.</p>
Attività ancora da realizzare	

## 2.2 Personale

*Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.*

### AZIONE – ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Project Manager	Coordinamento del GOI – definizione inquadramento metodologico	456	€ 12.312,00
	Pilota di Droni	Supporto alla definizione dell'inquadramento metodologico e delle modalità di esecuzione delle fasi sperimentali	6	€ 168,36
	Coordinatore scientifico	Coordinamento scientifico - definizione dell'inquadramento metodologico e delle modalità di esecuzione delle fasi sperimentali	94	€ 2.538,00
			Totale:	€ 15.018,36

### AZIONE 1 – STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO (DI MERCATO, DI FATTIBILITÀ, PIANI AZIENDALI, ECC)

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Pilota di Droni	Analisi delle aree forestali oggetto di studio e analisi delle imprese in funzione delle caratteristiche	10	€ 280,60
	Coordinatore scientifico	Analisi della pressione faunistica nelle aree oggetto di studio; rilevazione di metodi di	94	€ 2.538,00

		prevenzione da utilizzare in relazione al nuovo regolamento Forestale della regione Emilia Romagna del 2018; individuazione dei punti di attenzione, delle criticità e dei rischi collegati; – definizione di milestones e punti di controllo (costante monitoraggio in itinere)		
			Totale:	€ 2.818,60

#### AZIONE 2 – AZIONI SPECIFICHE LEGATE ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Pilota di Droni	Inquadramento metodologico delle attività del piano; definizione delle tecniche convenzionali e individuazione delle problematiche riguardanti il loro impiego; Sperimentazione in campagna delle tecniche innovative basate sui droni e di quelle convenzionali ed elaborazione dati	183	€ 5.134,89
	Operatore forestale	Sopralluoghi per l'esecuzione di campionamenti ed interventi forestali .	507	€ 9.886,50
	Operatore forestale	Sopralluoghi per l'esecuzione di campionamenti ed interventi forestali .	507	€ 9.886,50
	Operatore forestale	Sopralluoghi per l'esecuzione di campionamenti ed interventi forestali .	506	€ 9.867,00
	Coordinatore scientifico	Inquadramento metodologico delle attività del piano; definizione delle tecniche convenzionali e individuazione delle problematiche riguardanti il loro impiego; sopralluoghi e monitoraggi periodici	863	€ 23.301,00
			Totale:	€ 58.075,98

#### AZIONE – DIVULGAZIONE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Project Manager	Coordinamento dell'azione di Divulgazione; predisposizione sito web di progetto, aggiornamento in itinere, progettazione e realizzazione di materiale di comunicazione; organizzazione della partecipazione ad eventi di divulgazione	707	€ 19.089,00
	Pilota di Droni	Supporto nella definizione della struttura e dei contenuti preliminari del sito web	15	€ 420,90
	Coordinatore scientifico	Supporto nell'elaborazione di contenuti da inserire nel sito web di progetto; partecipazione ad eventi di divulgazione	69	€ 1.863,00
			Totale:	€ 21.372,90

#### AZIONE – FORMAZIONE

Il costo totale delle attività di formazione svolte dal partner DINAMICA S.c.a.r.l corrisponde ad euro 16.911,08 - attività finanziata al 90%

## 2.3 Trasferte

Cognome e nome	Descrizione	Costo
N/A		
		Totale:

## 2.4 Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
N/A		
		Totale:

## 2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
N/A		
		Totale:

## 2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

*Descrivere i prototipi realizzati e i materiali direttamente imputabili nella loro realizzazione*





### 3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

<b>Criticità tecnico-scientifiche</b>	<p>Per misurare le variazioni dimensionali del singolo pollone è necessario effettuare più rilievi geometrici ripetuti nel tempo. Dal confronto tra i modelli 3d ottenuti nei vari rilievi si dovrebbero ottenere i dati sulla crescita dell'elemento e su eventuali anomalie. In questa ricerca come tecnica di misura si è sperimentata la fotogrammetria digitale da APR. Le criticità che sono emerse sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- La quota di volo ottimale per avere una buona risoluzione della nube di punti sarebbe sui 25-30 metri. Purtroppo è quasi impossibile tenere questa quota a causa dei dislivelli del terreno e dell'altezza delle matricine presenti nella ceppaia. Una quota per volare in sicurezza è valutata in 45-50 metri. Ciò comporta una minore densità della nuvola di punti fotogrammetrica.</li><li>- È difficile identificare lo stesso pollone nel tempo. Per risolvere il problema sarebbe necessario eseguire il rilievo GNSS di un opportuno numero di punti fotogrammetrici di appoggio per ogni campagna di misure. In questo modo il pollone in esame sarebbe individuato mediante le sue coordinate cartografiche. Il rilievo GNSS è dispendioso in termini di tempo e richiede una professionalità di cui è difficile che disponga l'impresa forestale.</li><li>- Un'altra criticità è dovuta alla crescita della vegetazione nel terreno circostante i ceppi. Dopo il primo anno successivo al taglio può darsi che il terreno sia completamente o parzialmente coperto da una nuova vegetazione. Questo rende notevolmente difficoltoso valutare la variazione morfologica del pollone sulla base di immagini fotografiche acquisite dall'APR.</li></ul>
<b>Criticità gestionali</b> (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	<p>Le tempistiche legate alla comunicazione di finanziabilità del progetto, pervenuta in data 30/06/2020, hanno generato un ritardo nell'avvio delle attività rispetto a quanto preventivato, determinando, in particolare, l'impossibilità di eseguire, secondo le tempistiche originariamente definite nel Piano, i monitoraggi relativi ai danni sulla rinnovazione agamica dopo le utilizzazioni forestali nelle particelle selezionate come test sites nella stagione primaverile. Poiché, per ottenere risultati significativi in relazione alla velocità di crescita dei polloni a partire dalle operazioni di taglio, il rilievo delle ceppaie mediante APR e il confronto dei risultati con quelli dati da tecniche tradizionali al suolo deve essere ripetuto per almeno 3 annate forestali a distanza di 12 mesi l'uno dall'altro ed è stato possibile eseguire il primo rilievo da APR solo nel mese di maggio 2021 e, al fine di rispettare il programma originale delle operazioni sperimentali è risultato necessario poter ripetere i rilievi, oltre che nel 2022, anche nel 2023.</p> <p>Inoltre, le misure restrittive adottate a seguito del verificarsi della pandemia da COVID-19, introdotte dal Decreto Legge del 17 marzo 2020, n. 18 e modifiche successive, che hanno prodotto il rallentamento nello svolgimento delle attività progettuali per l'anno 2020 e per parte dell'anno 2021, dato il perdurare della situazione emergenziale e la ridotta operatività dello staff di progetto sottoposto al regime di isolamento e quarantena, hanno spinto il partenariato a chiedere una proroga della durata progettuale per un periodo pari di 12 mesi, richiesta approvata con Atto n. 9699 del 20/05/2022.</p>
<b>Criticità finanziarie</b>	N/A

## 4 - Altre informazioni

*Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti*

## 5 - Considerazioni finali

*Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare*

Dalle prove sperimentali condotte in questo progetto e dagli scambi di opinioni avuti con operatori del settore forestale in occasione degli eventi formativi, si possono trarre alcune considerazioni conclusive sulla efficacia e operatività del metodo di monitoraggio proposto.

Il progetto è basato sull'impiego di un APR della classe del DJIMavic mini 2 (peso inferiore a 250 gr). Il velivolo presenta il vantaggio di essere economico, facile da pilotare e di non richiedere alcuna abilitazione al pilotaggio. Di conseguenza può essere utilizzato in tutta autonomia anche da una piccola impresa forestale.

Il progetto ha messo in evidenza che questo APR ha risposto con efficacia ad una prima esigenza: verificare e documentare la presenza di danni arrecati dagli ungulati. Questo risultato è facilmente ottenibile con una video-ispezione delle ceppaie ripetuta nel tempo mediante voli a bassa quota, acquisizione di immagini e di filmati. Il maggiore vantaggio rispetto al tradizionale sopralluogo risiede nel risparmio di tempo e nella documentazione del danno.

Più difficile si è dimostrata la quantificazione puntuale dei danni subiti dai singoli polloni per i motivi esposti nel settore dedicato alle criticità.

Si sottolinea infine l'importanza della formazione con particolare riferimento alle esercitazioni pratiche sul campo e in aula, indispensabili per apprendere tutte le fasi del processo.

## 6 - Relazione tecnica

Vedasi "Allegato – Relazione Tecnica"

22/02/2024

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

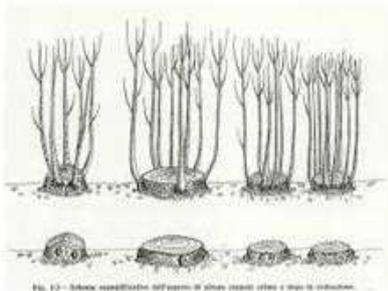
.....



I MEZZI AEREI A PILOTAGGIO REMOTO PER IL MONITORAGGIO DELLE AREE FORESTALI DOPO UTILIZZAZIONI BOSCHIVE

# Il Progetto «FOREST DRONE»

Monitoraggio delle aree forestali soggette a danneggiamenti da fauna selvatica ungulati nobili



**ALLEGATO**

**RELAZIONE TECNICA**

## 1. Introduzione

Il cambiamento climatico è una sfida senza precedenti, con importanti ripercussioni sullo stato degli ecosistemi forestali in cui l'incidenza della pressione faunistica sulle aree boschive necessita di un monitoraggio al fine di una pianificazione di gestione forestale sostenibile. In questo contesto, l'obiettivo principale del progetto è la messa a punto di tecniche innovative al fine della prevenzione dei danni della fauna selvatica sulle aree forestali e di conseguenza un miglioramento della sostanza organica e carbonio nel suolo. In tale ottica, considerando la tipologia forestale dell'Appennino della Regione Emilia Romagna e il tipo di selvicoltura applicata relativa a taglio ceduo con rilascio di matricine, risulta particolarmente utile sperimentare il monitoraggio tramite l'impiego della tecnica fotogrammetrica da APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto, chiamato comunemente "drone") dell'impatto degli ungulati nobili sulla vitalità delle ceppaie oggetto di taglio e relativi metodi di prevenzione per favorire la rinnovazione agamica e naturale. L'acquisizione del dato si attua attraverso particolari sensori RGB e multispettrali montati sul drone. Dalle immagini fornite dai sensori, si ottengono informazioni georeferenziate riguardanti tanto gli aspetti geometrici dei ceppi quanto lo stato anche elaborando opportunamente le frequenze interessanti indici vegetativi (es. Normalized Difference vegetation Index NDVI).

### Il contesto: il ceduo e sue articolazioni



Il bosco ceduo o di origine agamica è un bosco la cui coltivazione si basa sulla capacità tipica delle latifoglie di produrre nuovi fusti polloni dalla ceppaia tagliata. Il "governo a ceduo" prevede il taglio dei fusti dai 20 ai 40 anni in funzione delle specie e rispetto ai boschi ad alto fusto e affida la rinnovazione al riscoppio spontaneo delle ceppaie. Dalle utilizzazioni si ricava principalmente legna da ardere (biomasse ad uso energetico) e, per certe specie particolarmente importanti nella nostra

regione come il castagno, paleria e legname da lavoro. Il bosco ceduo offre anche prodotti non legnosi come funghi, tartufi ecc. e svolge importantissime funzioni come la protezione idrogeologica, lo stoccaggio del carbonio e la fruizione turistica (si veda PFR Emilia Romagna)

Per quanto riguarda la ricerca scientifica sull'impiego dei Droni nella cosiddetta agricoltura di precisione si è sviluppata in diverse tematiche con risultati di notevole interesse (Candiago et al. 2015, Liebisch et al., 2015). Anche nel settore forestale le applicazioni dei SAPR sono numerose ( Freshlife project): dal rilievo della densità delle colture arboree alla quantificazione della biomassa legnosa, dal monitoraggio all'identificazione e mappatura di stress vegetativi ecc. Gli studi hanno evidenziato che l'impiego dei droni offre numerosi vantaggi, tra cui elevata risoluzione spaziale e temporale del rilievo, impiego di sensori RGB, multispettrali e Lidar, elevata precisione di posizionamento, il tutto a costi notevolmente limitati. In realtà già da tempo nell'agricoltura di precisione viene impiegato il telerilevamento da satellite per l'analisi dello stato di salute delle colture o delle condizioni dei terreni agrari. Tuttavia vi sono alcune limitazioni: costo elevato, limitato livello di dettaglio raggiungibile, possibili interferenze dell'atmosfera e della copertura nuvolosa, non immediata disponibilità del dato, dipendendo quest'ultimo dal tempo di ritorno del satellite sul sito. Invece il ricorso ai SAPR può efficacemente superare queste problematiche.

Per quanto riguarda il tema specifico del progetto, una recente ricerca internazionale (Puliti et al, 2018) ha evidenziato la possibilità di individuare e mappare tramite SAPR la radice e il marciume sui ceppi e misurare con elevata precisione il diametro del ceppo dell'albero. Inoltre un interessante studio sull'impatto della fauna selvatica sul bosco ceduo (Dall'acqua 2017) ha messo in evidenza che l'altezza raggiunta dai polloni brucati può essere un importante indicatore della pressione sul ceduo degli ungulati nobili. Trattandosi quindi di un dato geometrico abbiamo pensato di focalizzare l'attività sperimentale sulla misura ripetuta nel tempo dell'altezza dei polloni nei test sites selezionati per questo progetto. Inoltre la tecnologia che si vuole testare è basata sull'uso di un drone economico e super leggero tale da rendere autonoma anche una piccola azienda nelle operazioni di sorveglianza e monitoraggio dei propri poderi. Questo obiettivo è stato anche alla base della parte didattica nei due corsi tenuti, in cui la parte sperimentale è stata improntata all'uso di mezzi semplici ed economici. Quindi autonomia, senza la necessità di ricorrere a servizi esterni, è uno dei principali obiettivi dello studio.

Bianchi L et al. - Forest@ 11: 116-124



Fig. 1 - Ceppaia di cerro ripetutamente brucata in un ceduo della Val di Bisenzio.

Fig. 2 - Effetti della brucatura del cervo in un ceduo matricinato di cerro della Val di Bisenzio a tre anni dal taglio delle ceppaie.



## Bibliografia essenziale

- Torreggiani L., *Esperienze di applicazione dei droni in campo forestale in Italia (e non solo)*, Compagnia delle Foreste, [https://www.compagniadelleforeste.it/filevari/2018/Droni\\_e\\_foreste-programma.pdf](https://www.compagniadelleforeste.it/filevari/2018/Droni_e_foreste-programma.pdf)
- Torresan C. et al., (2017) *Forestry applications of UAV's in Europe: a review*, *International Journal of Remote Sensing*, 38:8-10, 2427-2447
- Bettella et al., (2018), *ASITA*, *Applicazione di tecniche di telerilevamento per la caratterizzazione delle foreste di protezione: il caso di studio del Monte Pore*
- Barzagli et al, (2018), *L'Italia forestale e montana* 73 (4-5) 169-194, *L'utilizzo del telerilevamento a supporto della gestione forestale sostenibile: primi risultati del progetto Fresh Life Demonstrating Remote Sensing Integrazione in Sustainable Forest Management*
- Puliti et al, *TREE STUMP DETECTION, SEGMENTATION, CLASSIFICATION AND MEASUREMENT USING UNMANNED AERIAL VEHICLE*, 2018 *Forests*, MDPI
- Sathishkumar S. et al, *POST LOGGING ESTIMATION OF LOBLOLLY PLANE STUMP SIZE, AREA AND POPULATION USING IMAGERY FROM A SMALL AERIAL SYSTEM*, 2017, *Drones* MDPI
- Hospice A. et al., *ACQUISITION FOR ESTIMATING INDIVIDUAL TREES METRICS: CLOSER IS BETTER*, 2020, *Forests*, MDPI
- Yanchao z. et al., *FOREST GROWTH MONITORING BASED ON TREE CANOPY 3D RECONSTRUCTION USING UAV AERIAL PHOTOGRAMMETRY*, 2019, *Forests*, MDPI
- Jaskierniak d. et al., *Estimating tree stand sapwood area in spatially heterogeneous southeastern Australian forests*, 2016, *Journal of Plant Ecology*, volume 9, number 3.
- Wallace L. et al., *DEVELOPMENT OF A UAV-LIDAR SYSTEM WITH APPLICATION TO FOREST INVENTORY*, 2012, *Remote Sensing* 2012,4, 1519-1543.

- Frey J. Et al., *UAV PHOTOGRAMMETRY OF FORESTS AS A VULNERABLE PROCESS. A SENSITIVITY ANALYSIS FOR STRUCTURE FROM MOTIN RGB-IMAGE PIPEINE*, 2018, *remote sensing, MDPI*
- Vittorio Enrico Dall'Acqua, *L'altezza raggiunta dai polloni brucati è un indicatore di pressione sul ceduo: Il caso dei querceti misti dell'Appennino Bolognese*, 2017, *Tesi di laurea*
- Bianchi L, Bartoli L, Paci M, Pozzi D, 2014. *Impatto degli ungulati selvatici sui boschi cedui della Val di Bisenzio (Prato)*. *Forest@ 11*: 116-124 [online 2014-06-09] URL: <http://www.sisef.it/forest@/contents/?id=efor1259-011>

### 1.1 Inquadramento generale

I danni al bosco spesso sfuggono anche ai censimenti statistici sia per il fatto che determinati ambienti sono collocati in proprietà pubblica, sia per il peso economico delle attività forestali, sicuramente meno incisivo rispetto alla generalità delle attività agricole. Inoltre un'alta incidenza delle aree boscate ricade in zone protette dove la fauna selvatica gode di un particolare regime di tutela.

Il problema dei danni è particolarmente accentuato nelle aree protette che, oltre a fungere da aree di diffusione della fauna, rappresentano aree di rifugio in cui durante la stagione venatoria, soprattutto per quanto riguarda il cinghiale, si verificano massicci spostamenti dalle zone in cui la caccia avviene con braccate cui partecipano numerose persone con cani da seguita.

Questi animali, a caccia chiusa, ritornano nelle aree esterne alle zone protette in cui l'agricoltura è maggiormente praticata, in coincidenza con i momenti di massima produzione agricola, ampliando così il danno.

Uno studio condotto sul contenuto del ruminato di 84 cervi, abbattuti nel periodo invernale, ha confermato una spiccata selettività in questo particolare periodo dell'anno. La dieta varia inoltre con il sesso del cervo, tanto è vero che le femmine prediligono le specie erbacee, mentre i maschi le latifoglie (Amato et al., 2007). Alcuni studi condotti nella zona di Camaldoli e Badia Prataglia hanno sottolineato una forte selettività nell'alimentazione degli ungulati, soprattutto in inverno, con gravi danni a carico dell'abete bianco (Gualazzi, 2004), tanto da richiedere necessariamente il ricorso a costose protezioni individuali, valide in presenza di caprioli, oppure a costosissime recinzioni con reti metalliche in presenza di cervi.

Bisogna aggiungere che la diffusione del cervo in determinate foreste ha vanificato la protezione delle piante con shelter trees, tanto è vero che il cervo riesce a brucare le parti epigee delle piante protette e, inoltre, ha imparato a ribaltare queste protezioni nate, come si è detto, contro i danni da capriolo, daino, muflone e da roditori.

Una recente linea di ricerca sta affrontando l'impiego di prodotti repellenti di origine biologica da irrorare sulla vegetazione forestale per tutelare dal morso del bestiame la vegetazione forestale nella fase giovanile, in cui risulta più vulnerabile (Bartolozzi, 2013). Nonostante si apprezzino alcuni interessanti risultati, nel senso che la vegetazione trattata con repellenti è meno appetita dalla fauna erbivora, pertanto i danni risultano più limitati rispetto alla vegetazione non trattata, si deve osservare che si tratta di interventi che hanno ragione di essere soltanto per fronteggiare

situazioni di emergenza. È impensabile un loro uso su larga scala, se non altro per ragioni economiche.

Nello specifico, all'interno dei boschi il cinghiale, provoca danni meccanici alle giovani piante, dovuti ai suoi movimenti e danni da strofinamento (grattatoi) che finiscono per creare ferite permanenti nella parte basale delle piante e anche la morte di singole piante arboree. Inoltre nei giovani rimboschimenti è possibile assistere allo scalzamento delle piantine conseguenti al grufolamento, tipico di questa specie.

Danni da calpestio con conseguenze negative per la struttura del suolo e per danni alle giovani piante e da strofinamento di singole piante, sono dovuti oltre che al cinghiale, anche al daino, al capriolo, al cervo che in questo modo si liberano dai parassiti che si attaccano sulla pelle, oppure puliscono il trofeo, oppure marciano i propri territori. Si tratta di singole piante danneggiate che possono comportare o meno la morte dell'individuo ma che, in generale, valutati complessivamente, non compromettono la sopravvivenza del bosco.

I maggiori danni a carico del bosco sono dovuti al brucamento dei germogli e degli apici vegetativi per esigenze alimentari. Il prelievo di parti più o meno importanti delle giovani piantine può comprometterne interi popolamenti forestali oppure può portare a una loro drastica trasformazione (riduzione della biodiversità), in relazione al carico di ungulati e alla disponibilità della risorsa alimentare. Si è osservato infatti che in presenza di aree interessate dalla rinnovazione aventi modeste superfici i danni possono essere anche gravissimi fino a compromettere del tutto la sopravvivenza del bosco.

Al contrario, se le superfici boscate in fase di rinnovazione aumentano, essendo la maggior parte degli ungulati legati a determinati territori, i danni diminuiscono in termini relativi in quanto si distribuiscono su un territorio più vasto. La maggiore disponibilità di risorse trofiche comporta però l'aumento delle popolazioni di animali quindi, in prospettiva i danni, in mancanza di politiche di contenimento, sono destinati a crescere.

L'azione di predazione del seme, comune a tutti gli ungulati selvatici, rappresenta un altro danno al bosco soprattutto nella fase di rinnovazione in quanto diminuisce fino ad annullare del tutto le possibilità di perpetuazione del bosco. Il danno è tanto più grave quanto più numerose sono le popolazioni di ungulati e più distanziate sono le annate di abbondanza di seme (pascione). Naturalmente se l'obiettivo della coltivazione è la raccolta del seme per motivi commerciali (vedi i castagneti da frutto), la predazione dell'oggetto della coltivazione rappresenta di per sé un danno. In questi casi, se le popolazioni di ungulati assumono determinate consistenze, si rendono obbligatorie costose recinzioni con reti rinforzate, da interrare per una profondità di 30-40 cm se tra gli ungulati c'è anche il cinghiale.

Altri danni da scortecciamento su piante già affermate e preferibilmente per determinate specie, sono dovuti soprattutto ai maschi di cervo che in primavera necessitano di sostanze minerali, contenuti nelle cortecce delle piante, indispensabili per la ricostituzione dei palchi.

Dal punto di vista alimentare si stima che, per quanto variabile in funzione della stagione, del sesso e del peso, un capriolo abbia bisogno in media di circa 0,6 kg di sostanza secca al giorno, mentre un cervo necessiti di almeno 2 kg di sostanza secca al giorno (Perco e Perco, 1979; Perco, 1986). Si tratta di quantitativi che, in assoluto, potrebbero consentire al bosco di supportare anche densità elevate di questi ungulati. Purtroppo nella realtà così non è in quanto detta fauna si concentra in

determinate zone in cui le risorse alimentari sono maggiormente disponibili e anche perché la selettività porta alla rarefazione, fino alla scomparsa, delle specie maggiormente appetite.

Una corretta gestione della foresta non può prescindere da una corretta gestione della fauna che insiste su di essa. Se vi sono evidenti squilibri a favore della foresta vanno create le condizioni per la presenza e il benessere della fauna selvatica (dal divieto di caccia, al miglioramento dei pascoli negli spazi aperti, a coltivazioni a perdere etc.). Allo stesso modo, se lo squilibrio è a favore della fauna selvatica, si dovrà procedere a ridimensionare le popolazioni selvatiche onde evitare danni non sopportabili al bosco, all'ambiente e alle coltivazioni che vengono praticate all'interno e marginalmente ai comprensori forestali.

Durante il progetto per il continuo censimento della ricrescita della rinnovazione si è utilizzato un modello predisposto da UNIFI per evidenziare dal punto di vista economico il danno arrecato.

“UN MODELLO INTEGRATO PER IL CALCOLO STANDARDIZZATO DEL DANNO ECONOMICO DA UNGULATI SELVATICI NEI SOPRASSUOLI FORESTALI” - anno 2013

ROBERTO FRATINI - ENRICO MARONE - ROBERTO POLIDORI (\*) FRANCESCO RICCIOLI - LUCA ZAMMARCHI

Si è verificata l'utilizzo di una serie di valori di danno stabiliti a priori né di uno strumento per agevolare stime particolari dei danni, bensì di un sistema integrato di informazioni di origine diversa che riesce a coniugare le opposte esigenze di standardizzazione e personalizzazione, pur mantenendo la speditezza richiesta.

Tabella - Elenco delle scelte utente permesse dal Programma.

Variabile	Incide su ...	Casi considerati	Tipo di scelta
<i>Ceduo</i>			
Specie forestale	entità danno	n.2: Castagno / Quercia spp.	da elenco
Zona faunistica	specie faunistica	n.3: Cervo / Capriolo / Daino	da elenco
Specie faunistica	entità danno	n.4: da Zona faunist. / Cervo / Capriolo / Daino	da elenco
Distanza media dalla strada	costi esbosco	variabile	libera
Pendenza media	classe costi taglio ed esbosco	n.3: basso / medio / alto	da elenco
Difficoltà condizioni di lavoro	classe costi taglio ed esbosco	n.3: bassa / media / alta	da elenco
Superficie del bosco	incidenza costi fissi	n.3: <1ha / 2-10ha / >10ha	da elenco
Superficie danneggiata	entità danno	variabile	da elenco
Classe fertilità	volume ripresa --> ricavi	n.3: bassa / media / alta	da elenco
Turno normale	volume ripresa --> ricavi	variabile	libera
Livello prezzi	ricavi	n.3: basso / medio / alto	da elenco
Livello danno	entità danno	n.3: basso / medio / alto	da elenco
Tipo danno: durata	entità danno	n.2: permanente / transitorio	alternativa
Tipo danno: transitorie	fasi entità danno	n.4: 0 - 3 fasi	da elenco

Strategia	valore danno	n.2: stesso turno / stessa ripresa	alternativa
<i>Fustaia</i>			
Specie forestale	rapidità accrescimento	n.2: Abete bianco / altre spp.	da elenco
Zona faunistica	specie faun. --> durata protez.	n.3: Cervo / Capriolo / Daino	da elenco
Specie faunistica	durata protezione	n.4: da zona faunist. / Cervo / Capriolo / Daino	da elenco
Superficie tagliata	costo protezione	variabile	libera
Forma appezzamento	costo protezione	n.6: circolare / ... / molto irregolare	da elenco
Densità nuovo impianto	entità danno	variabile	libera
Condizioni operative	costi	n.3: facili / medie / difficili	da elenco
% Piantine danneggiate	entità danno	variabile	libera, con limiti
Tipo di danno	costi	n.2: ripristino fallanze / intervento preventivo	alternativa
Tipo preventivo	intervento costi	n.3: shelter / recinzione / dissuasori	da elenco
<i>Castagneto da frutto</i>			
Tipo castagneto	ricavi	n.2: da marroni / da castagne	alternativa
Classe fertilità	specie faunistica	n.3: bassa / media / alta	da elenco
Condizioni di raccolta	entità danno	n.3: facili / medie / difficili	da elenco
Produzione attesa	ricavi	variabile	libera, con limiti
% Produzione persa	entità danno	variabile	libera, con limiti
Livello prezzi prodotto	ricavi	n.3: basso / medio / alto	da elenco

Dopo 2 anni dalle utilizzazioni forestali è emerso che nelle aree con pressione faunistica elevata - vedi area di Grizzana Morandi e Pianoro - su ceduo semplice matricinato l'utilizzo di metodi di prevenzione (rete/filo elettrico) e utilizzo della ramaglia posizionata sulle ceppaie riduce il danno di circa un 40 -45 % che però è compensato dalla abbondante manodopera che necessita per mantenere efficiente il sistema di prevenzione e/o il tempo necessario per sistemazione del materiale di risulta.

La versatilità dell'utilizzo di un programma di calcolo ed il rigore teorico del modello su cui si basa (valori/casi/tipi di scelta) potrebbero consentire l'adozione di un protocollo di stima dei danni forestali da ungulati selvatici da diffondere tra i soggetti interessati, sia pubblici che privati. Ciò permetterebbe di fornire in modo coordinato e univoco una serie di informazioni capaci di completare e consolidare i dati contenuti negli archivi del sistema potenziandone gradualmente l'efficacia, con evidenti vantaggi sia per la precisione della standardizzazione della stima dei danni e della garanzia di equità degli indennizzi conseguenti, che per l'ampliamento delle conoscenze complessive dell'impatto fisico ed economico della fauna ungulata sui boschi del territorio.

## 2. Generalità sulle applicazioni dei droni in campo forestale: la "precision forestry"

Per quanto riguarda gli aspetti geomatici del progetto, la ricerca scientifica sull'impiego dei droni nella cosiddetta agricoltura di precisione si è sviluppata in diverse tematiche con risultati di notevole interesse. Anche nel settore forestale le applicazioni dei SAPR sono sempre più frequenti.

Gli studi hanno evidenziato che l'impiego dei droni offre numerosi vantaggi, tra cui elevata risoluzione spaziale e temporale del rilievo, impiego di sensori RGB, multispettrali e Lidar, elevata precisione di posizionamento, il tutto a costi notevolmente limitati. Volendo fare un rapido quadro delle principali utilizzazioni dei droni nell'agricoltura forestale, si possono citare i casi seguenti:

- Rilievo e mappatura della densità effettiva delle colture arboree, rilievo e mappatura di parametri quali/quantitativi delle biomasse agricole e forestali (i.e. stima rese colturali in pre-raccolta, vigore vegetativo, etc.);
- Selvicoltura: studi su viabilità e soluzioni di esbosco
- Arboricoltura da legno: studio dell'area di insidenza delle chiome negli impianti Policiclici
- Verde urbano: utilizzo dei droni nella VTA
- Fauna: monitoraggi faunistici tramite videocamere termiche
- Ambiente: monitoraggio habitat difficili da raggiungere (aree umide, pareti rocciose)
- Fitopatologia: lotta biologica a patogeni, controllo costante della situazione fitosanitaria
- identificazione e mappatura di stress vegetativi (idrici, nutrizionali, patologici);
- Selvicoltura: Controllo della vegetazione infestante e delle specie aliene invasive.
- Antincendio: mappe del rischio, supporto nelle operazioni di spegnimento
- Monitoraggio: post-incendio, post-schianti, dissesto idrogeologico
- rilievo e mappatura dei danni causati da eventi meteorologici (grandine, siccità);

Da notare che non si ha notizia di applicazione dei droni nella valutazione dei danni arrecati dagli ungulati alle ceppaie, il che conferisce al presente progetto un indiscutibile carattere di originalità.

### **3. Attività sperimentale**

Sono state individuate tre particelle forestali sulle quali eseguire tagli boschivi all'interno di aree parco, o sic natura 2000, particelle in ambiti territoriali di caccia ATCBO3, non delimitate da prevenzione artificiale, e in ultimo, particelle in area ATCBO3 con opportuna recinzione per ungulati nobili. L'obiettivo era quello di monitorare i danni sulla rinnovazione agamica dopo le utilizzazioni forestali, nel periodo di durata del progetto, ed in modo particolare, essendo il momento più delicato per la rinnovazione, dopo le operazioni colturali.

I test sites sono stati selezionati presso le seguenti imprese forestali:

- Azienda Agricola Barbamozza di Comellini Luca: si tratta di un'area forestale di mq 1500 collocata entro il Comune di Bologna in ATCBO2 zona SIC, sulle Colline di San Luca. Il bosco è degradato non governato, con specie prevalente di roverella ed acacia con turno di 15 - 40 anni. E' stata eseguita l'utilizzazione forestale rilasciando le matricine con adeguato diametro a mt 1,30 come previsto da regolamento forestale della Regione Emilia Romagna

Si è proceduto ad individuare le ceppaie oggetto di taglio al colletto per definire la ricrescita agamica relativa alla capacità pollonifera dei singoli esemplari

- Azienda Agricola Obiettivo Verde Di Lucchini Davide (Pianoro): si tratta di un' area forestale di mq 1500 collocata entro il Comune di Pinaoro in ATCBO2 zona SIC, caratterizzata da bosco ceduo semplice matricinato con specie prevalente di roverella con turno di 30- 40 anni. E' stata eseguita l'utilizzazione forestale rilasciando le matricine con adeguato diametro a mt 1,30 come previsto da regolamento forestale della regione Emilia Romagna

Si è proceduto ad individuare le ceppaie oggetto di taglio al colletto per definire la ricrescita agamica relativa alla capacità pollonifera dei singoli esemplari

- Az.Agr. Pelagalli Pierluigi (Vergato): è un'area forestale collocata entro il Comune di Grizzana Morandi in ATCBO3 in un'area di caccia libera attigua alla Rocchetta Mattei, caratterizzata da bosco ceduo semplice matricinato con specie prevalente di Carpino Nero e Cerro con turno di 30- 40 anni. E' stata eseguita l'utilizzazione forestale rilasciando le matricine con adeguato diametro a mt 1,30 come previsto da regolamento forestale della regione Emilia Romagna

Si è proceduto ad individuare le ceppaie oggetto di taglio al colletto per definire la ricrescita agamica relativa alla capacità pollonifera dei singoli esemplari

Dopo gli interventi di taglio è stata realizzata una recinzione con rete pastorale e/o filo elettrico per una superficie di mq 500.



LOCALIZZAZIONE DEI TRE TEST SITES

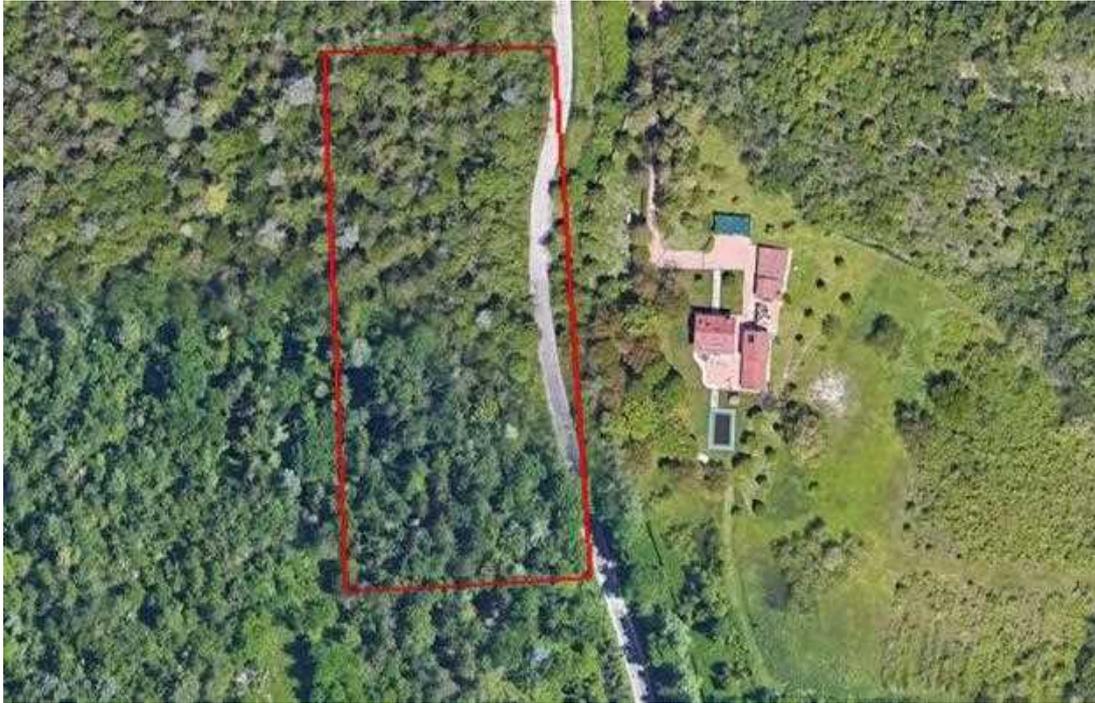


7

TEST SITE "OBIETTIVO VERDE"



TEST SITE "ARSELLA"



TEST SITE "BARBAMOZZA"

La sperimentazione sul campo è iniziata con una serie di sopralluoghi effettuati per meglio comprendere le caratteristiche dei singoli test sites e mettere a punto le modalità di rilievo. Sono stati quindi eseguiti diversi voli fotogrammetrici con un drone dotato di fotocamera digitale, provvedendo anche all'acquisizione di informazioni sul terreno riguardanti le caratteristiche geometriche dei polloni. Il piano era strettamente legato all'impiego del drone DJI mavic 2 di cui si è parlato nei precedenti capitoli. I dati sono stati oggetto di elaborazione e analisi geometrica allo scopo di verificare la rispondenza del metodo utilizzato allo scopo della ricerca. Tale rispondenza risiede nella possibilità di evidenziare e quantificare le variazioni dimensionali nel tempo delle ceppaie successivamente al taglio boschivo. E ciò allo scopo di rilevare eventuali anomalie della crescita dei ricacci dovute all'azione di brucamento degli ungulati. Si riportano in dettaglio le fasi della sperimentazione.

### **3.1 La strumentazione e il software**

Come già detto, per l'acquisizione delle immagini digitali si è utilizzato un drone DJIMavic mini2 di cui si riportano le caratteristiche.

# IL DRONE DJI MAVIC MINI 2



- **Fotocamera**
- **Sensore**
- 1/2,3" CMOS circa 6mm
- Pixel effettivi: 12MP
- **Obiettivo**
- FOV: 83°
- Formato 35 mm equivalente: 24 mm
- Apertura: f/2.8
- Distanza di ripresa: 1 m a ∞
- **ISO**
- Video:
  - 100 - 3200 (automatico)
  - 100 - 6400 (manuale)
- Foto:
  - 100 - 3200 (automatico)
  - 100 - 12800 (manuale)
- **Velocità otturatore**
- Otturatore elettronico: 4-1/8000 s
- **Dimensione massima dell'immagine**
- 4:3: 4000x3000
- 16:9: 4000x2250
- **Modalità fotografiche**
- Scatto singolo e intervallo. JPEG:
  - 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
- JPEG+RAW: 5/7/10/15/20/30/60 s
- Bracketing automatico dell'esposizione (AEB): 3 fotogrammi con esposizione variata a 2/3 EV Bias
- Panorama: Circolare, 180°, Grandangolo
- **Risoluzione video**
- 4K: 3840x2160 @ 24/25/30fps
- 2.7K: 2720x1530 @ 24/25/30/48/50/60fps
- FHD: 1920x1080 @ 24/25/30/48/50/60fps
- **Zoom**
- 4K: 2x
- 2.7K: 3x
- FHD: 4x
- **Formato foto**
- JPEG/DNG (RAW)
- **Formato video**
- MP4 (H.264/MPEG-4 AVC)

- ✓ **SPECIFICHE TECNICHE**
- ✓ **Peso al decollo**
- ✓ < 249 g
- ✓ **Dimensioni**
- ✓ Richiuso: 140x82x57 mm
- ✓ Aperto (con eliche): 245x290x55 mm
- ✓ **Massima velocità di salita**
- ✓ 5 m/s (Modalità S)
- ✓ 3 m/s (Modalità N)
- ✓ 2 m/s (Modalità C)
- ✓ **Massima velocità di discesa**
- ✓ 3.5 m/s (Modalità S)
- ✓ 3 m/s (Modalità N)
- ✓ 1.5 m/s (Modalità C)
- ✓ **Velocità massima (al livello del mare, in assenza di vento)**
- ✓ 16 m/s (Modalità S)
- ✓ 10 m/s (Modalità N)
- ✓ 6 m/s (Modalità C)
- ✓ **Autonomia di volo**
- ✓ 31 minuti (misurata in volo a 4,7 m/s, senza vento)
- ✓ **Resistenza alla velocità del vento**
- ✓ 8,5-10,5 m/s (scala S)
- ✓ **Massima velocità angolare (predefinita)\***
- ✓ 130°/s (modalità S)
- ✓ 60°/s (N Mode)
- ✓ 30°/s (C Mode)
- ✓ **Temperatura operativa**
- ✓ Tra 0 e 40 °C (tra 32° e 104°F)
- **Distanza massima di trasmissione (senza ostacoli né interferenze) [1]**
- 10 km (FCC)
- 6 km (CE)
- 6 km (SRRC)
- 6 km (MIC)
- **Distanza di trasmissione del segnale (FCC)**
- - Forte interferenza (ambiente urbano, campo visivo limitato, numerosi segnali di disturbo) ca. 1,5-3 km
- - Interferenza media (ambiente suburbano, campo visivo aperto, segnali di disturbo normali): ca. 3-6 km
- - Interferenza bassa (spazio aperto, campo visivo ampio, pochi segnali di disturbo): ca. 10 km
- **Capacità della batteria**
- 5200 mAh
- **Porte USB supportate**
- Lightning/Micro USB (Type-B) USB-C
- **Qualità di trasmissione delle immagini (Live View)**
- Radiocomando: 720p/30fps
- **Batteria di volo intelligente**
- **Capacità della batteria**
- 2250 mAh
- **Tensione**
- 7,7 V
- **Limite tensione di ricarica**
- 8,8 V
- **Tipo di batteria**
- LiPo 2S
- **Energia**
- 17,32 Wh
- **Peso**
- 86,2 g
- **Temperatura di ricarica**
- da 5° a 40°C (da 41° a 104°F)

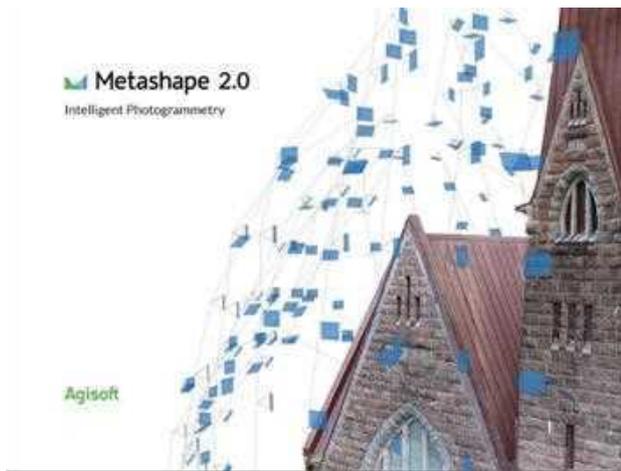
Per il rilievo dei PFA, punti fotografici di appoggio, è stato utilizzato un ricevitore GNSS Topcon GR5 in modalità NRTK mediante il collegamento alla rete di stazioni permanenti Netgeo.



Il GR-5 dispone del chip GNSS Vanguard multi-costellazione 226 canali con tecnologia Universal Tracking. Questa tecnologia brevettata utilizza metodi flessibili e dinamici per selezionare automaticamente e tracciare qualsiasi segnale satellitare disponibile che consente agli utenti Topcon di ricevere il massimo numero di segnali e misure in qualsiasi momento. Il GR-5 non è solo in grado di ricevere segnali dalle costellazioni completamente operative GPS e GLONASS, ma ha anche la capacità di supportare tutti i segnali previsti dai sistemi in via di sviluppo come Galileo,

Beidou (BDS) e QZSS. Con le costellazioni satellitari attuali e future, la tecnologia Universal Tracking Channel ottimizza il tracciamento del segnale GNSS per garantire il massimo della geometria satellitare e la disponibilità.

Per l'elaborazione fotogrammetrica delle immagini acquisite da drone ci si è avvalsi del software Metashape 2.0 della ditta Agisoft. Di seguito una scheda informatica molto sintetica delle caratteristiche del Software.



Agisoft Metashape is a cutting-edge software solution, with its engine core driving photogrammetry to its ultimate limits, while the whole system is designed to deliver industry specific results relying on machine learning techniques for post-processing and analysis tasks. Runs on Windows, macOS and Linux Intelligent photogrammetry enhanced with LiDAR data processing The software allows to process images from RGB or multispectral cameras, including multi-camera systems, into the high-value spatial information in the form of photogrammetric point clouds, textured polygonal models, georeferenced

true orthomosaics and DSMs/DTMs. Images can be co-processed with LiDAR points to exploit advantages of both data sources. Further post-processing enables to eliminate shadows and texture artifacts from the models, calculate vegetation indices and extract information for farming equipment action maps, automatically classify dense point clouds, etc.

### 3.2 Metodo di rilievo

Sono state adottate due tecniche di rilievo. La prima, la più semplice e più veloce, consiste nell'eseguire direttamente sul posto il volo fotogrammetrico del drone, pilotandolo in modalità manuale. L'operatore controlla il mantenimento della quota rispetto al terreno e contemporaneamente acquisisce le immagini fotografiche. L'operatore deve garantire un buon ricoprimento longitudinale e trasversale delle foto e assicurarsi che venga rilevata l'intera zona oggetto di monitoraggio. Questo è possibile solo per aree di limitata estensione, non superiore a un ettaro. Le immagini vengono successivamente elaborate dal software Metashape, utilizzando le coordinate geodetiche associate ad ogni foto (latitudine, longitudine e quota ellissoidica in WGS 84). Tali coordinate, come ben noto, hanno un'incertezza dell'ordine di qualche metro. Pertanto il modello 3D del terreno presenta sia un errore nella posizione relativa dei punti sia nella posizione assoluta. Dato lo scopo del rilievo, il primo è del tutto trascurabile, mentre il secondo può comportare una certa difficoltà nel riconoscere la stessa pianta (pollone o ceppo) nei rilievi ripetuti nel tempo. Questa tecnica presenta il grande pregio della rapidità, tuttavia richiede una certa abilità da parte dell'operatore.

La seconda tecnica, di gran lunga più rigorosa, richiede il posizionamento e il rilievo preliminare mediante GNSS di target al suolo da utilizzare come punti fotografici di appoggio nell'orientamento assoluto del blocco fotogrammetrico. Il volo del drone è realizzato in modalità automatica, adottando un ricoprimento longitudinale del 80% e trasversale del 60%. Solitamente è

stata tenuta una quota di volo di 40-45 metri per evitare possibili impatti contro gli alberi più alti, tenuto conto delle forti variazioni di pendenza del terreno. Con questo metodo il modello 3d del terreno presenta notevole accuratezza sia in termini di posizionamento assoluto che relativo. La localizzazione del singolo pollone o ceppo è molto precisa. L'errore di posizione non supera infatti qualche centimetro. Questo consente di individuare in modo inequivocabile lo stesso pollone o ceppo nei rilievi ripetuti, potendone seguire l'evoluzione nel tempo. L'unico inconveniente risiede nel fatto che l'operatore deve disporre di un ricevitore GNSS di tipo geodetico. Inoltre il posizionamento e il rilievo dei target può richiedere parecchio tempo.



Test site Arsella: rilievo di un target e posizione dei PFA



## Vista del modello 3D con la posizione dei centri di presa e dei target (Test site Arsella)

L'elaborazione delle immagini con Metashape è sostanzialmente la stessa in entrambi i metodi, ed è basata sulla ben nota SFM (structure from motion). Si differenzia per l'allineamento delle immagini: nel primo caso avviene sulla base delle coordinate WGS84 dei centri di presa, nel secondo sulla base delle coordinate dei target al suolo. In entrambi i casi, quindi, il modello è inquadrato in WGS84, salvo la diversa precisione del procedimento. Le fasi successive del calcolo forniscono i seguenti risultati: nube di punti comprendente sia il terreno che le piante, il modello poligonale formato da mesh, il DTM (digital terrain model), l'ortofotografia del luogo e il modello "texturizzato" ottenuto dalle mesh con inserimento del colore.



Dettaglio della nuvola di punti e delle mesh



Il modello “texturizzato”

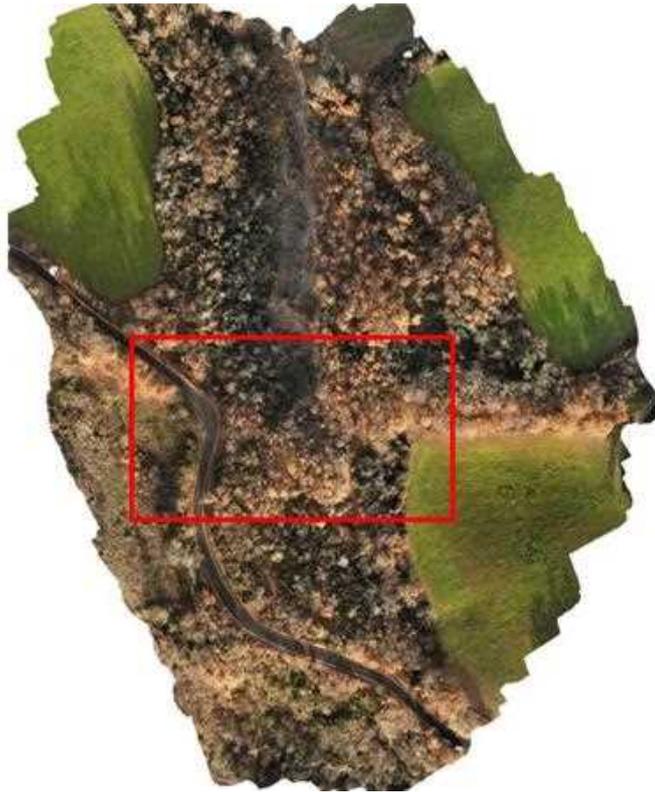


Il dtm e l’ortofotografia

### 3.3 Risultati dei rilievi fotogrammetrici

Le due tecniche di rilievo fotogrammetrico sono state impiegate in questo progetto per il monitoraggio delle ceppaie- presenti nei test sites. Lo scopo era quello di misurare, se possibile, le variazioni volumetriche dei polloni, con particolare riferimento all’altezza. Si riportano nel seguito i risultati più significativi ottenuti nella sperimentazione condotta tra il 2020 e il 2022.

#### 3.3.1 Applicazione della tecnica di rilievo senza PFA: il caso del test site Obiettivo verde



Ortofoto del bosco prima del taglio (autunno 2020). E' evidenziata la zona oggetto di studio

A seguito del taglio, avvenuto circa un anno prima è stato eseguito un nuovo volo nell'autunno del 2022, concentrando l'attenzione nella sotto zona evidenziata nell'ortofoto del 2020. E' stato utilizzato lo stesso drone, e, come già accennato, non sono stati utilizzati PFA.



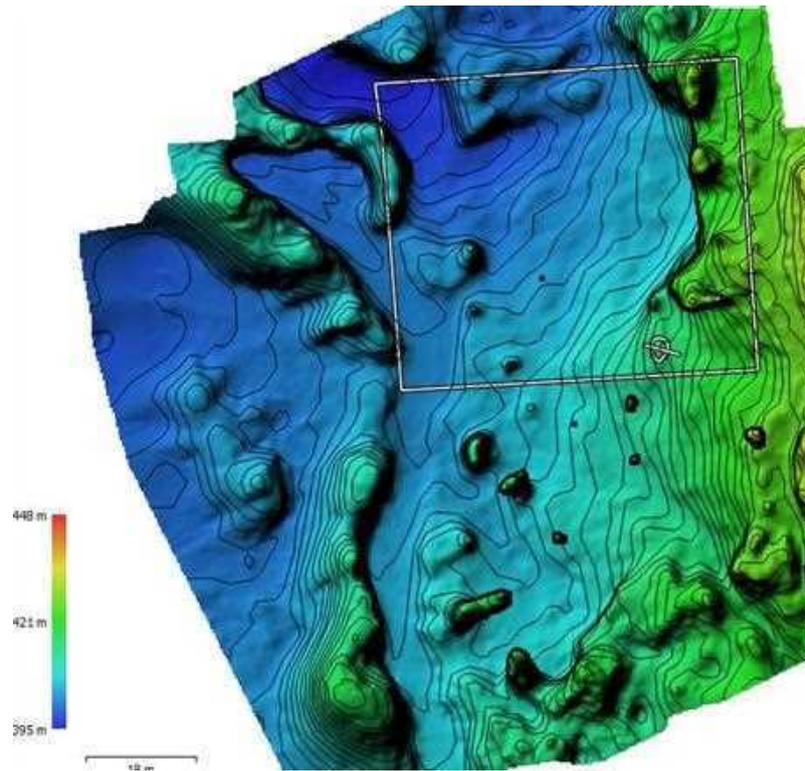
Il modello texturizzato del bosco e il piano di volo.



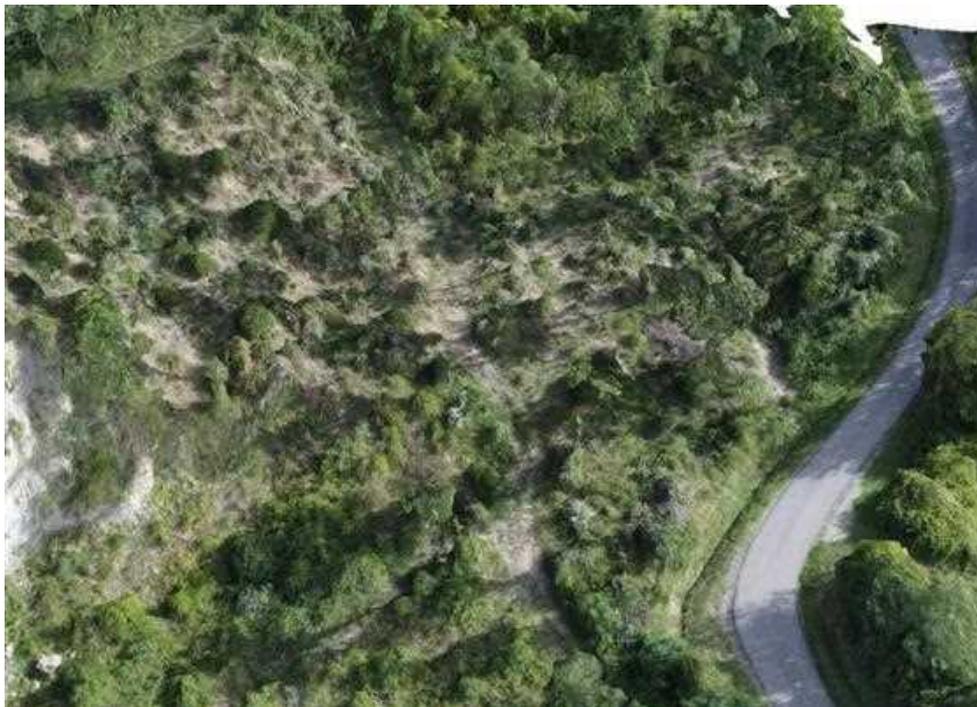
Esempio della qualità di una foto acquisita dal drone durante il volo



Ortofoto della zona oggetto di studio acquisita nell'autunno 2022 (dopo il taglio)



Digital Surface model che comprende anche le chiome degli alberi: le curve i livello hanno un'equidistanza di 1 metro.

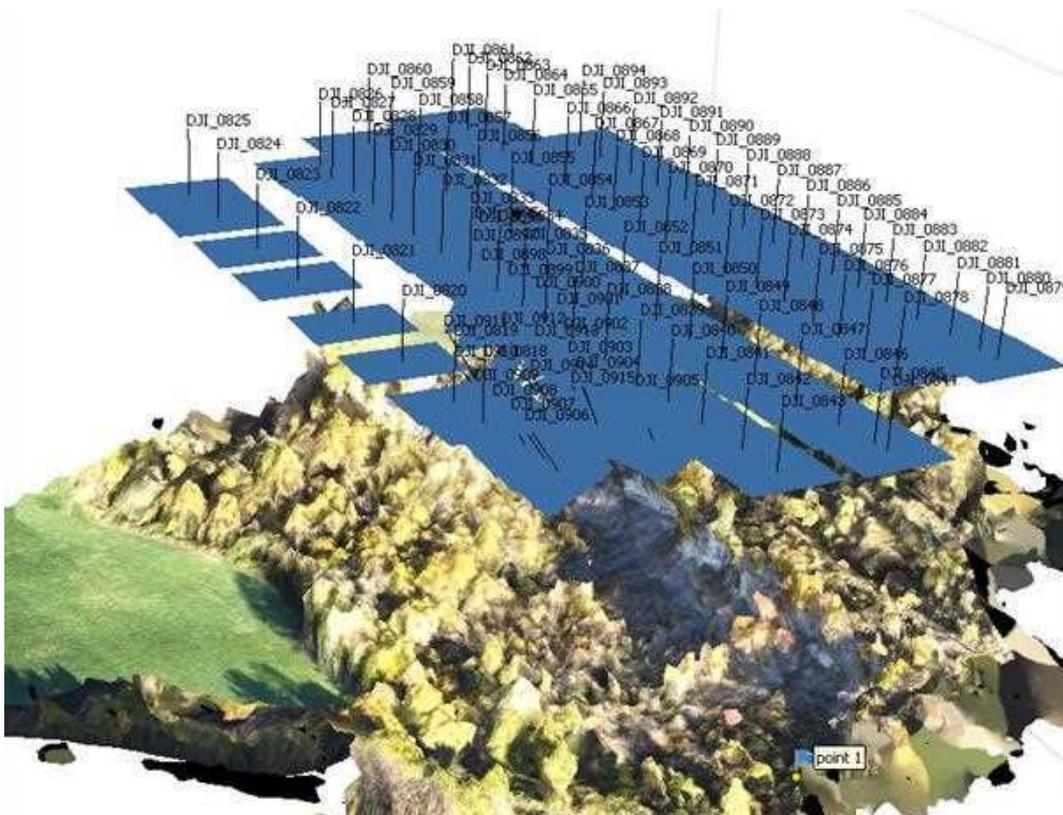


Stralcio del modello texturizzato del bosco



Particolare del modello

Nell'autunno del 2023 è stato eseguito un terzo volo, sempre in modalità manuale., restringendo ulteriormente la zona di indagine a una parte del bosco in cui si sperava di analizzare l'evoluzione dei polloni.

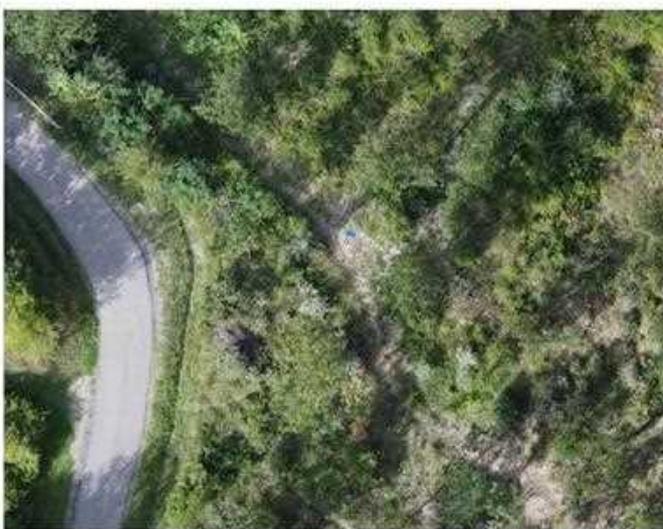


Piano di volo volo dell'autunno 23

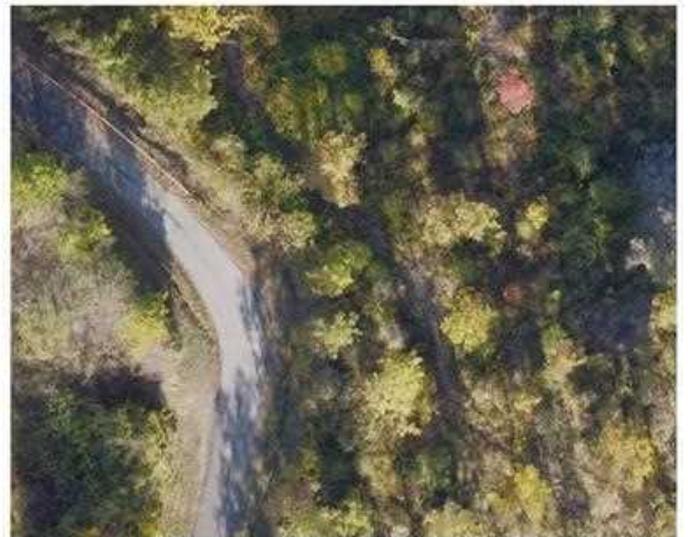


Ortofoto della zona rilevata e individuazione dell'area oggetto di indagine

Per svolgere un confronto tra i due modelli del bosco è stata presa in considerazione una sottozona in prossimità della strada, dove appariva in modo più evidente la possibilità di individuare i singoli polloni.



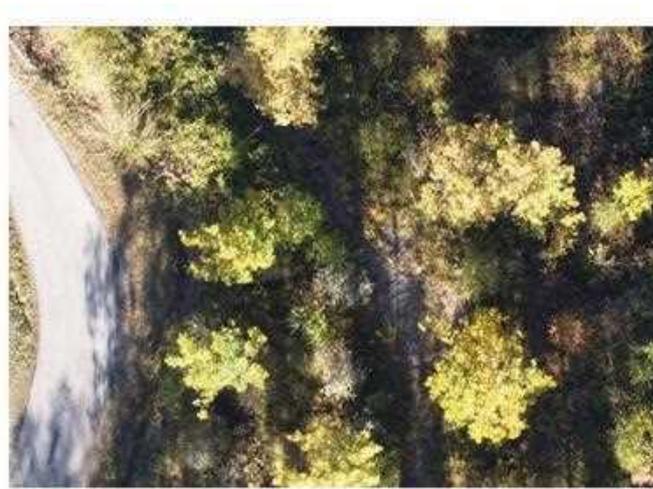
AUTUNNO 2022



AUTUNNO 2023



Autunno 2022



Autunno 2023

E' apparso subito chiaro che è molto difficile distinguere i singoli polloni in entrambe le epoche, dal momento che questi si confondono con la vegetazione bassa e con le chiome delle matricine. Con una certa difficoltà abbiamo individuato un pollone e ne abbiamo studiato la geometria. Per fare ciò abbiamo individuato il contorno del pollone nel 2022, ne abbiamo misurato volume e altezza. Lo stesso contorno è stato tracciato sull'immagine acquisita nel 2023, ripetendo le stesse misure.



albero 1 (polygon, 13 vertices)	
Coordinates	Profile
Base plane:	Best fit plane
Level (m):	
Volume above (m <sup>3</sup> ):	7.777
Volume below (m <sup>3</sup> ):	0.082979
Volume total (m <sup>3</sup> ):	7.694



Measure Shape	
albero 1 (Polygon, 13 vertices)	
Coordinates	Profile
Base plane:	Best fit plane
Level (m):	
Volume above (m <sup>3</sup> ):	9.523
Volume below (m <sup>3</sup> ):	0.471702
Volume total (m <sup>3</sup> ):	9.052

Le immagini e le tabelle mostrano la variazione di volume, in sensibile aumento nel 2023. Nel grafico sottostante si evidenzia invece la variazione di altezza, pari a poco meno di 1 metro.



Per quanto riguarda questo test, si può concludere che le condizioni del bosco non permettono uno studio puntuale dell'evoluzione dei polloni e quindi degli eventuali danni subiti dagli ungulati. Una delle poche misure possibili ha evidenziato una crescita regolare del pollone.

### 3.3.2 Applicazione della tecnica di rilievo con PFA e GNSS: il caso del test site Arsella.



Il bosco denominato "Arsella" prima dell'esecuzione del taglio.



Primavera 2021: immagini del bosco appena dopo il taglio degli alberi



Primavera 2021: immagini del bosco appena dopo il taglio degli alberi



Esempi delle condizioni dei ceppi subito dopo il taglio

Nella primavera del 2021, immediatamente dopo il taglio degli alberi, è stato eseguito un primo volo sul bosco. Di seguito i risultati della elaborazione con Metashape.



Piano di volo dell'aprile 2021 e alcuni dettagli delle immagini digitali

## DEM e ortofoto



A sinistra il modello digitale della superficie (chiome degli alberi comprese) e a destra l'ortofoto del bosco con la parte tagliata scontornata.



Ortofoto della zona oggetto di taglio con sovrapposte le curve di livello del terreno con equidistanza 1 metro.

Alcuni mesi dopo, nel mese di luglio dello stesso anno, è stato eseguito un secondo volo con le stesse modalità del primo, cioè con lo stesso drone e con punti fotografici di appoggio rilevati con GNSS.



luglio



MAGGIO



Ortofoto del bosco e immagini della situazione a terra



Situazione dei polloni in occasione del secondo volo

Abbiamo quindi proceduto con il confronto tra i due rilievi. Il confronto tra le due ortofoto non è particolarmente significativo, anche se evidenzia abbastanza bene la crescita delle piante, in particolare delle chiome delle matricine .

## Confronto globale



Primo rilievo (primavera 2021)



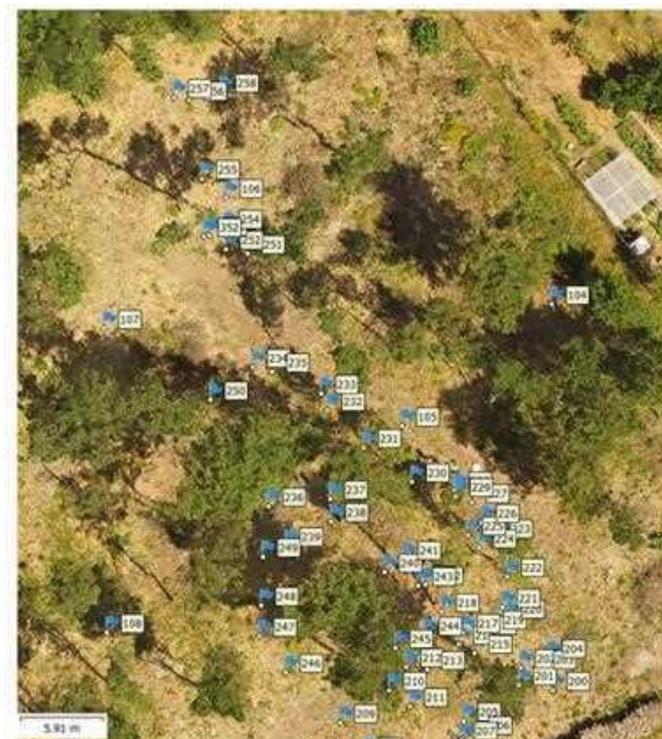
Secondo rilievo ( estate 2021)

Successivamente abbiamo attivato un procedimento per un rilievo di dettaglio sull'evoluzione della ceppaia. A questo scopo nell'estate del 2021, in occasione del secondo rilievo, abbiamo individuato alcune decine di ceppi, selezionandoli in base alle situazioni di crescita dei polloni.



Rilievo di un pollone e sua posizione sull'ortofoto.

Utilizzando un'asta centimetrata è stata misurata l'altezza di ogni singolo pollone e, contemporaneamente, ne è stata rilevata la posizione planimetrica mediante un ricevitore GNSS in modalità NRTK.



Posizione di tutti i ceppi rilevati con il GNSS

Utilizzando le coordinate dei polloni rilevate nell'estate, abbiamo identificato in modo molto preciso i corrispondenti ceppi rilevati in primavera.

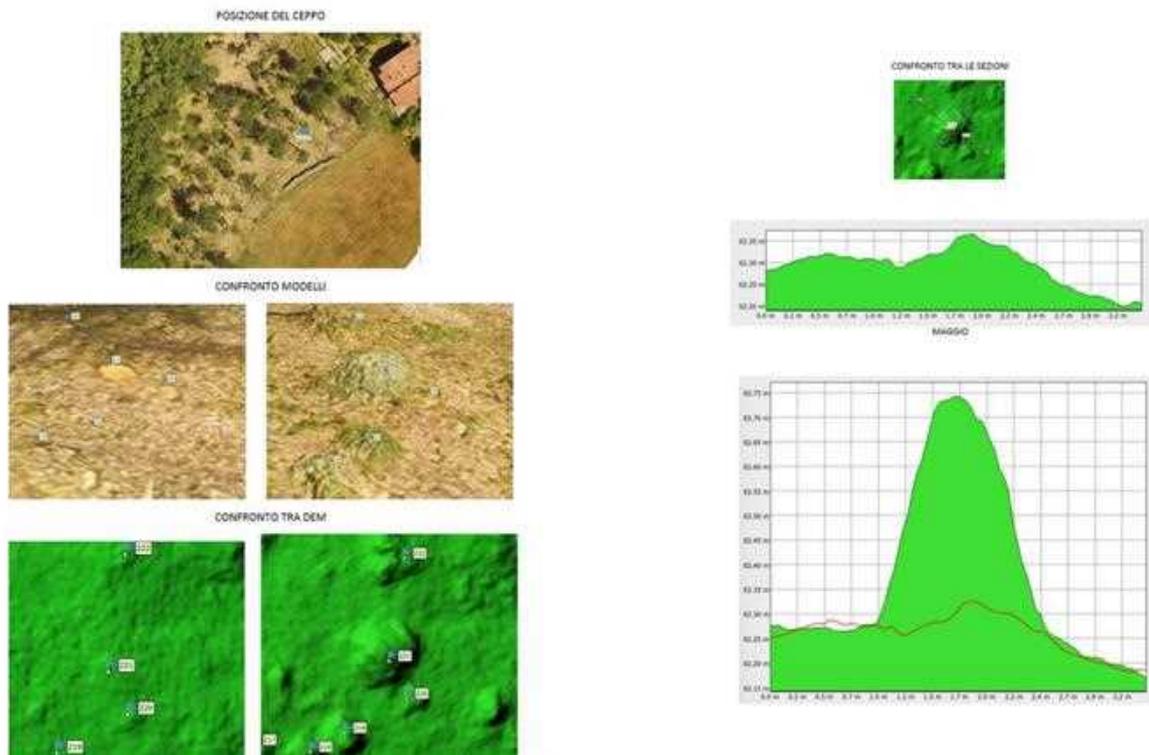


Confronto qualitativo tra la condizione dei ceppi/polloni in maggio e in luglio

Con questo metodo risulta molto semplice misurare la variazione in altezza dei polloni intercorsa tra i due rilievi. L'operazione è inoltre molto facilitata nel bosco in oggetto, dal momento che i singoli polloni sono ben individuabili rispetto al terreno circostante.



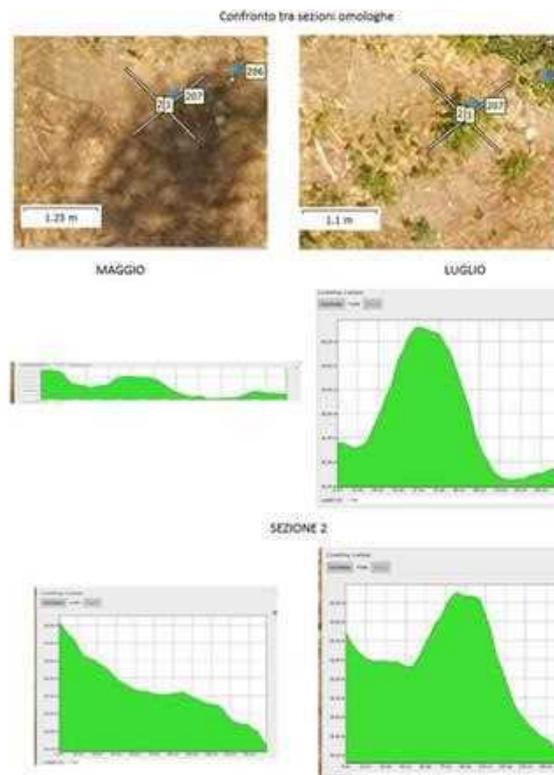
Rilievo del ceppo 221



Esempio del ceppo 221: in alto a sinistra la posizione del ceppo nel bosco, in basso a sinistra il modello 3d del ceppo nei due rilievi, a destra il confronto tra due sezioni dei modelli del ceppo. Appare in modo molto evidente la crescita del pollone.



Rilievo del ceppo 207



Ceppo 207: stessa procedura di analisi. In particolare si evidenzia come la misura diretta dell'altezza del pollone sia in buon accordo con l'altezza dello stesso dedotta dall'elaborazione fotogrammetrica. In questo caso sono state eseguite due sezioni ortogonali del modello

Se le condizioni del bosco sono particolarmente favorevoli, è possibile svolgere anche un'analisi non soltanto dell'altezza dei polloni, ma anche della loro forma, attraverso l'impiego del modello texturizzato ottenuto da metashape. In questo caso è indispensabile un volo a quota molto bassa.

Misura altezza polloni in condizioni ottimali:  
volo a bassissima quota



Modello fotogrammetrico



sezione

#### 4. Esame critico dei risultati e Conclusioni

Per misurare le variazioni dimensionali dei singoli polloni nel tempo e determinare, quindi, l'entità della pressione esercitata dagli ungulati, è necessario effettuare più rilievi ripetuti nel tempo. Dal confronto tra i modelli 3d ottenuti nei vari rilievi si ottengono i dati sulla crescita del singolo elemento e su eventuali anomalie. In questa ricerca come tecnica di misura si è sperimentata la fotogrammetria digitale da APR. Le criticità che sono emerse sono le seguenti:

- la quota di volo ottimale per avere una buona risoluzione della nube di punti sarebbe sui 25-30 metri. Purtroppo è quasi impossibile tenere questa quota a causa dei dislivelli del terreno e dell'altezza delle matricine presenti nella ceppaia. Una quota per volare in sicurezza è valutata in 45-50 metri. Ciò comporta una minore densità della nuvola di punti fotogrammetrica.
- è difficile identificare lo stesso pollone nel tempo. Per risolvere il problema sarebbe necessario eseguire il rilievo GNSS di un opportuno numero di punti fotogrammetrici di appoggio per ogni campagna di misure. In questo modo il pollone in esame sarebbe individuato mediante le sue coordinate cartografiche. Il rilievo GNSS è dispendioso in termini di tempo e richiede una professionalità di cui è difficile che disponga l'impresa forestale.
- un'altra criticità è dovuta alla crescita della vegetazione nel terreno circostante i ceppi. Dopo il primo anno successivo al taglio può darsi che il terreno sia completamente o parzialmente coperto da una nuova vegetazione. Questo rende notevolmente difficoltoso valutare la variazione morfologica del pollone sulla base di immagini fotografiche acquisite dall'APR.

Dalle prove sperimentali condotte in questo progetto e dagli scambi di opinioni avuti con operatori del settore forestale in occasione degli eventi formativi, si possono trarre alcune considerazioni conclusive sulla efficacia e operatività del metodo di monitoraggio proposto.

Il progetto è basato sull'impiego di un APR della classe del DJIMavic mini 2 (peso inferiore a 250 gr). Il velivolo presenta il vantaggio di essere economico, facile da pilotare e di non richiedere alcuna abilitazione al pilotaggio. Di conseguenza può essere utilizzato in tutta autonomia anche da una piccola impresa forestale.

Il progetto ha messo in evidenza che questo APR ha risposto con efficacia ad una prima esigenza: verificare e documentare la presenza di danni arrecati dagli ungulati. Questo risultato è facilmente ottenibile con una video-ispezione delle ceppaie ripetuta nel tempo mediante voli a bassa quota, acquisizione di immagini e di filmati. Il maggiore vantaggio rispetto al tradizionale sopralluogo risiede nel risparmio di tempo e nella documentazione del danno.

Più difficile si è dimostrata la quantificazione puntuale dei danni subiti dai singoli polloni per i motivi precedentemente esposti.

Si sottolinea infine l'importanza della formazione con particolare riferimento alle esercitazioni pratiche sul campo e in aula, indispensabili per apprendere tutte le fasi del processo.