



Relazione tecnico-scientifica

Azione D2

Azione D2: Valutazione delle azioni di ripristino dell'habitat 4030

Deliverables

Nome del Deliverable
Report di monitoraggio della caratterizzazione habitat situazione pre-intervento

Dott. Davide Ascoli

Dott.ssa Roberta Berretti

Dott. Luca Musio

Dott. Donato Morresi

Dott. Antonio Gabellini



2022

Sommario

Azione D2: Valutazione delle azioni di ripristino dell'habitat 4030.....	4
Introduzione	4
Caratterizzazione brughiere con indici a scala di popolamento.....	4
Sito Casacce – Trattamento C1.....	4
Sito Casacce – Trattamento C2.....	9
Sito Casacce – Trattamento C3.....	13
Sito Cocollo – Trattamento C1.....	17
Sito Cocollo – Trattamento C3.....	22
Sito Montrago – Trattamento C3.....	27
Sito Anciolina –Trattamento C1.....	31
Sito Anciolina –Trattamento C2.....	35
Aree Controllo	39
Confronto statistico fra i trattamenti.....	41
Obiettivi delle analisi	41
Metodi di analisi	41
Confronto fra trattamenti: ricostituzione erica, controllo specie arboree.....	42
Analisi multivariata.....	45
Risultati caratterizzazione brughiere con indici a scala di paesaggio.....	47
Caratterizzazione fitosociologica: rilievi 2022	50

Abstract - Deliverable Action D2

The deliverable illustrates the short-term results after the field monitoring in summer 2022 and remote sensing assessment regarding the ecological effect of the treatments (cutting and prescribed burning) on the habitat 4030 - European dry heaths. The set of indicators used for the analyzes are: species composition, land cover classes, average height of Erica, average height of trees, tree density and basal area with particular attention to Prunus species. Analyses at the landscape scale were carried out using satellite images (30 square meter resolution) to evaluate the changes in spectral indexes as a consequence of treatments applications.

The results partially confirmed the hypotheses of the GRANATHA project on treatment effects on Habitat 4030: Erica stumps are able to resprout and recover the dominance despite ageing; in the short term the treatments produce a reduction of tree invasion; there are some differences between prescribed burning and cutting treatments in terms of Erica biomass recovery and tree containment. Statistical tests have highlighted some significant differences between the treatments, in particular regarding the accumulation of coarse woody debris. A multivariate analysis shows strong competition between tree and shrub recovery. The analyzes of the landscape structure highlighted substantial differences in 2021 compared to 2017, with a strong reduction of the forest classes towards herbaceous and shrub ones, indicative of a transition in line with the project goals, i.e limiting tree encroachment to maintain the habitat 4030. The regeneration dynamics of shrubs is fast, consequently the herbaceous classes will evolve into shrub classes in few years restoring the dominance of heathland dominant species. The status of conservation of the habitat 4030 three to four years after treatment application appears in line with the Granatha projects goals.

Azione D2: Valutazione delle azioni di ripristino dell'habitat 4030

Introduzione

L'obiettivo di questa azione è quello di valutare l'efficacia degli interventi di riqualificazione e gestione delle brughiere, sia in termini produttivi (aumento della biomassa), sia ecologici, con il ripristino della funzionalità ecologica di questi ambienti. In particolare sono stati confrontati i risultati ottenuti dal monitoraggio di diversi indicatori monitorati sia in campo che da remoto all'interno delle aree sperimentali trattate con diverse tecniche di gestione: taglio (azioni C1 e C2) e fuoco prescritto (azione C3).

Caratterizzazione brughiere con indici a scala di popolamento

Nel presente Deliverable vengono riportati i dati relativi ai monitoraggi effettuati nei diversi siti di intervento, di seguito denominati Casacce, Montrago, Cocollo, Anciolina – Sezione 2 e divisi per tipo di trattamento (C1, C2, C3). Per alcune analisi di sintesi e di confronto si fa un dettaglio su alcuni siti di intervento specifici perché più bilanciati nella distribuzione delle diverse tipologie di trattamento (es. Casacce, Cocollo). Inoltre, alcune analisi di sintesi approfondiscono la diversificazione dei trattamenti all'interno delle azioni C1, C2 e C3 come è naturale avvenga in un progetto di lunga durata dove si testano anche soluzioni tecniche alternative. In particolare, nel confronto statistico di alcune variabili i trattamenti sono stati distinti in controllo, taglio meccanizzato, taglio manuale con rilascio di ramaglia a terra, taglio manuale con abbruciamento in catasta, e fuoco prescritto.

Di seguito vengono descritti i trattamenti accorpati nelle azioni C1-C2 vs. C3 in tutti i siti di intervento, mentre successivamente vengono fatte analisi statistiche di confronto distinguendo i sotto-trattamenti.

Sito Casacce – Trattamento C1

Per quanto riguarda il trattamento C1 nel sito Casacce, a fine estate del 2022 sono state monitorate 28 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di taglio nei seguenti anni: 2018 (6 aree), 2019 (21 aree), 2021 (1 aree) (Figura 1). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Figura 2). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica e il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) (Figura 2). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Figura 2).

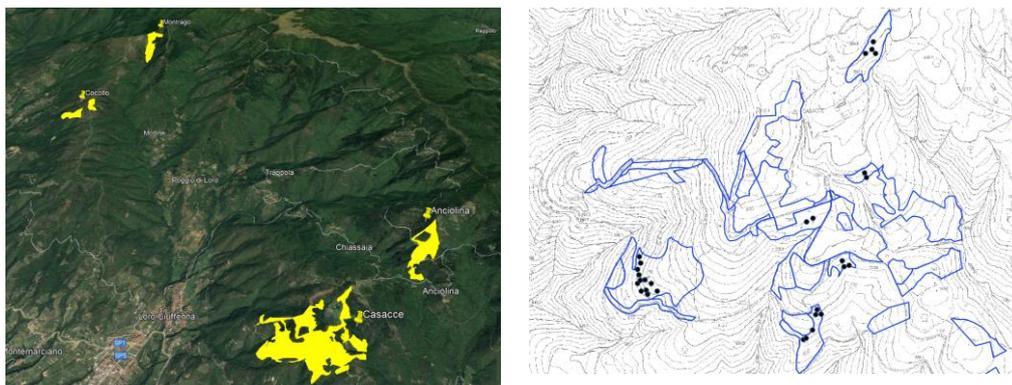


Figura 1: Localizzazione del sito Casacce e localizzazione aree di saggio nel trattamento C1.

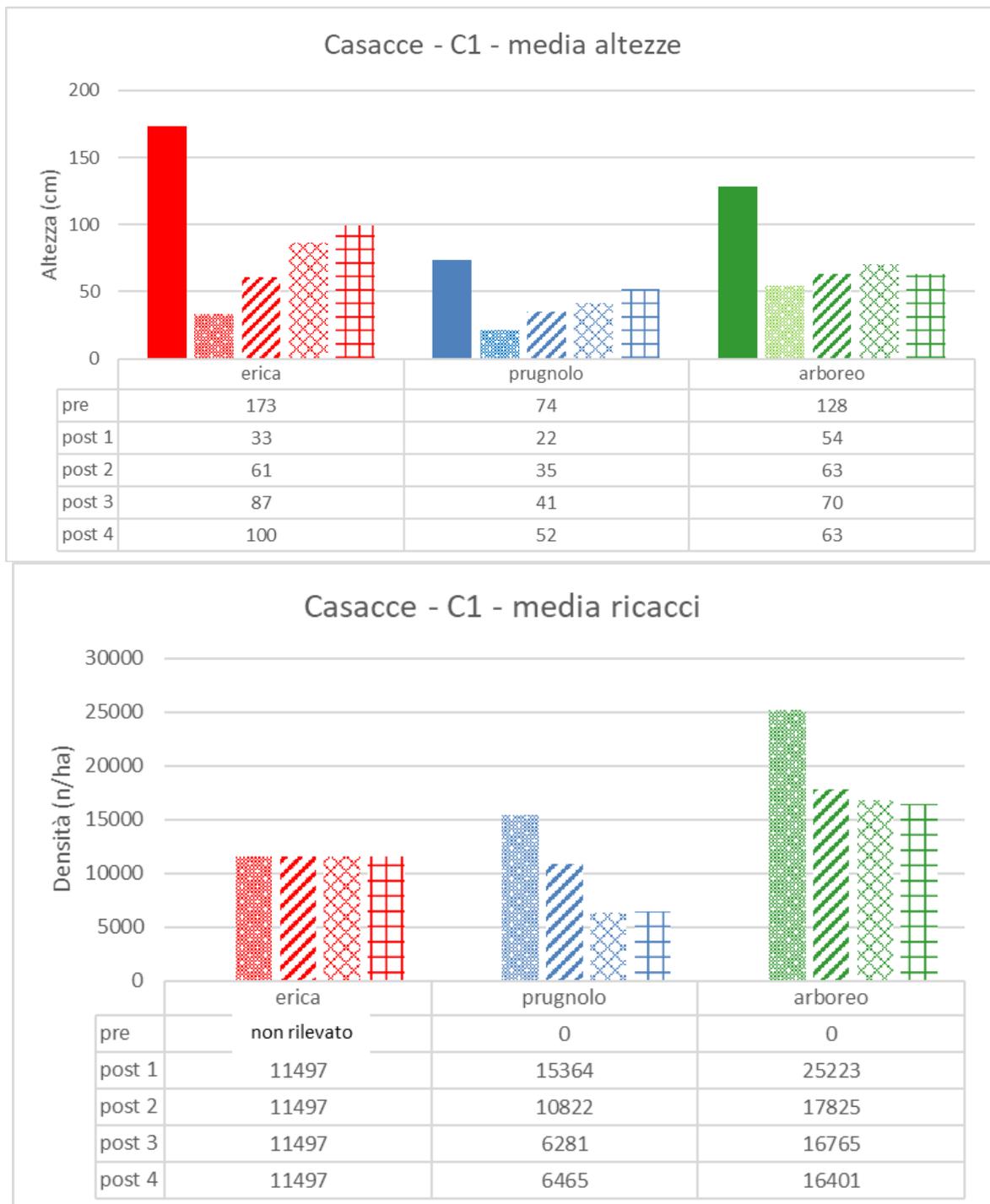


Figura 2: caratterizzazione della componente arbustiva all'interno della singola area di saggio (altezza media ricacci, densità ad ettaro dei ricacci, densità media dei ricacci per ceppaia) e della rinnovazione da seme (densità ad ettaro dei semenzali).

Nella Figura 3 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ulex, ginestra, alberi) prima (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2, T3, T4), mentre nella Figura 4 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e negli anni successivi l'intervento C1 nelle 28 aree delle Casacce.

Nella Tabella 1 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2, T3, T4).

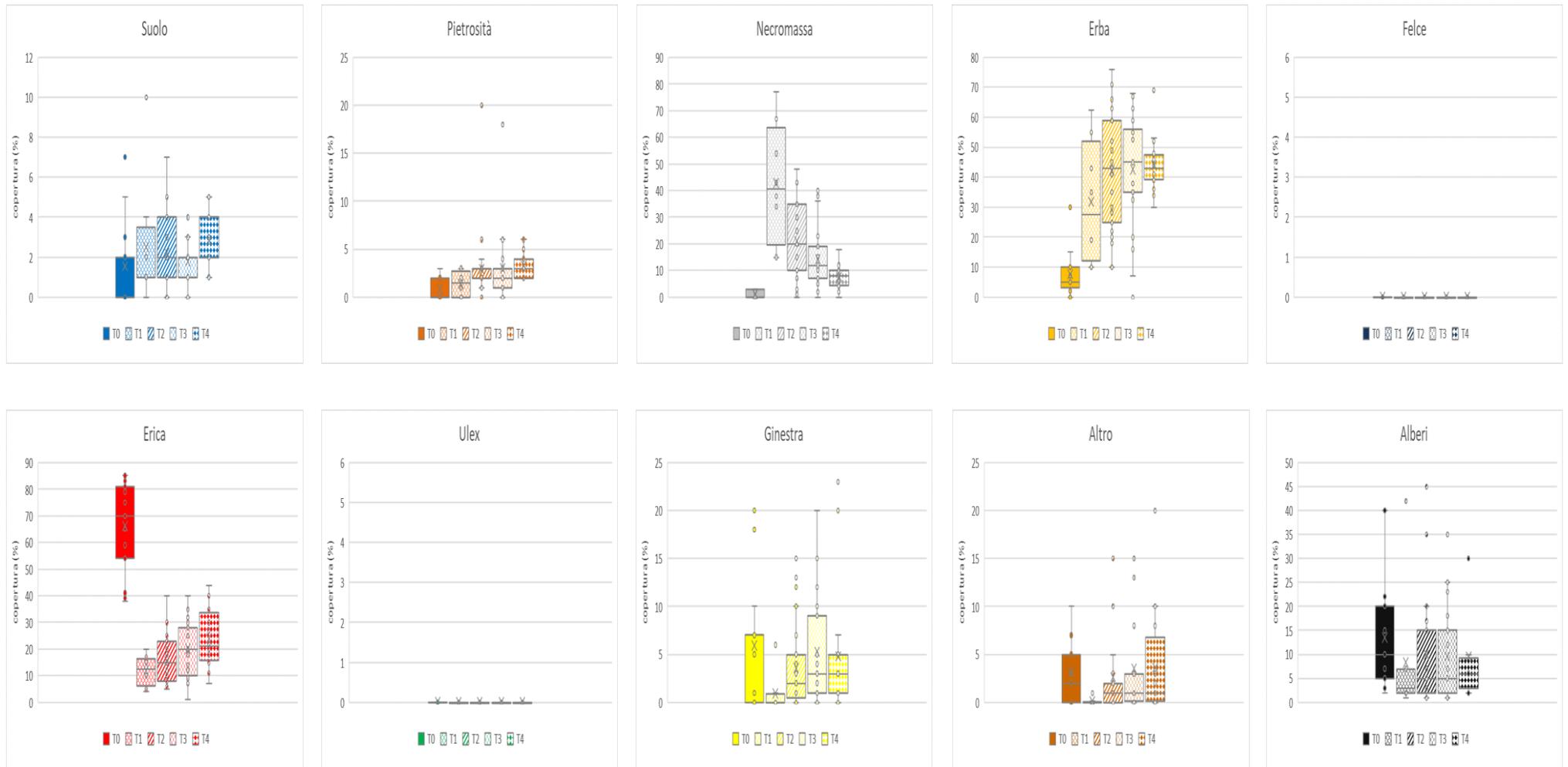


Figura 3: grafici box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre- e post intervento

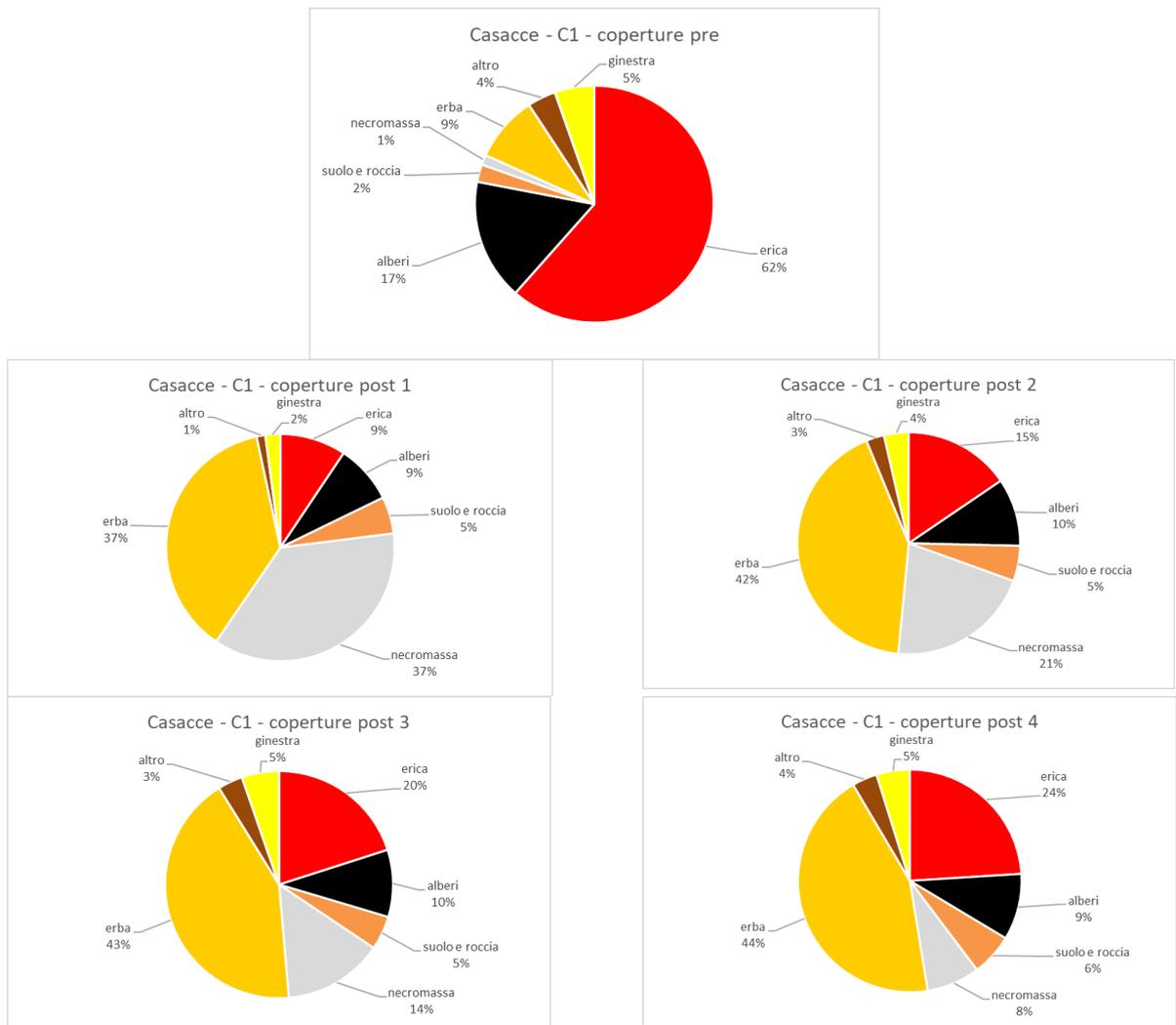


Figura 4: grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre - e post intervento

Tabella 1: valori di volume e fitomassa dell'erica pre e post intervento nelle aree di saggio con presenza di erica

ID area	Casacce C1									
	Volume erica (m ³ / 1 m ²)					Fitomassa erica (kg / 1 m ²)				
	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4
436	0,70	0,01	0,03	0,09		2,08	0,10	0,18	0,41	
493	1,15	0,01	0,03			3,06	0,09	0,20		
536	0,16	0,03	0,00			0,67	0,17	0,00		
590	0,48	0,02	0,06	0,08	0,12	1,55	0,14	0,31	0,39	0,52
603	1,11	0,01	0,03	0,01	0,10	2,98	0,05	0,17	0,06	0,45
630	0,52	0,01	0,02	0,06	0,07	1,64	0,05	0,16	0,31	0,34
713	0,75	0,01	0,07	0,10		2,19	0,10	0,36	0,46	
723	0,58	0,03	0,00			1,79	0,19	0,00		
724	0,62	0,01	0,04			1,88	0,08	0,23		
754	1,16	0,03	0,11	0,18		3,07	0,16	0,51	0,72	
763	0,72	0,03	0,13	0,19	0,24	2,12	0,20	0,58	0,76	0,89
812	1,04	0,01	0,04	0,07		2,81	0,08	0,21	0,34	
822	0,64	0,01	0,02	0,04	0,05	1,94	0,08	0,14	0,20	0,27
870	0,75	0,04	0,10	0,16	0,22	2,18	0,22	0,46	0,66	0,85
875	0,90	0,01	0,08	0,11	0,15	2,53	0,09	0,38	0,49	0,63
883	0,88	0,01	0,03	0,04		2,49	0,06	0,17	0,25	
922	0,75	0,01	0,06	0,08	0,15	2,18	0,07	0,30	0,38	0,63
923	1,15	0,05	0,12	0,20		3,04	0,26	0,53	0,80	
935	0,81	0,03	0,14	0,20		2,33	0,20	0,60	0,78	
1839	0,89	0,03	0,10	0,15	0,19	2,51	0,19	0,45	0,62	0,74
2891	0,73	0,01	0,04	0,10	0,15	2,15	0,06	0,20	0,47	0,64
4641	0,50	0,01				1,59	0,05			
4642	0,71	0,02	0,05	0,06	0,15	2,10	0,12	0,26	0,30	0,62
4643	0,54	0,01	0,05	0,09	0,12	1,69	0,09	0,27	0,43	0,54
4649	0,84	0,04	0,06	0,20	0,21	2,40	0,23	0,31	0,77	0,82
4720	0,58	0,05	0,08	0,17	0,22	1,80	0,25	0,39	0,69	0,84
4721	0,93	0,03	0,13	0,26	0,24	2,59	0,19	0,57	0,96	0,91
4722	0,45	0,05	0,07	0,15	0,21	1,48	0,27	0,37	0,62	0,82
media	0,75	0,02	0,06	0,12	0,16	2,17	0,14	0,31	0,52	0,66
minimo	0,16	0,01	0,00	0,01	0,05	0,67	0,05	0,00	0,06	0,27
massimo	1,16	0,05	0,14	0,26	0,24	3,07	0,27	0,60	0,96	0,91

Sito Casacce – Trattamento C2

Per quanto riguarda il trattamento C2 nel sito Casacce a fine estate del 2022 sono state monitorate 4 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di taglio nel 2019 (Figura 5). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Figura 6). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) (Figura 6). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Figura 6).

Nella Figura 7 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ulex, ginestra, alberi) prima (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2; T3, T4) mentre nella Figura 8 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e negli anni successivi l'intervento C2 nelle 4 aree delle Casacce.

Nella Tabella 2 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2, T3, T4).

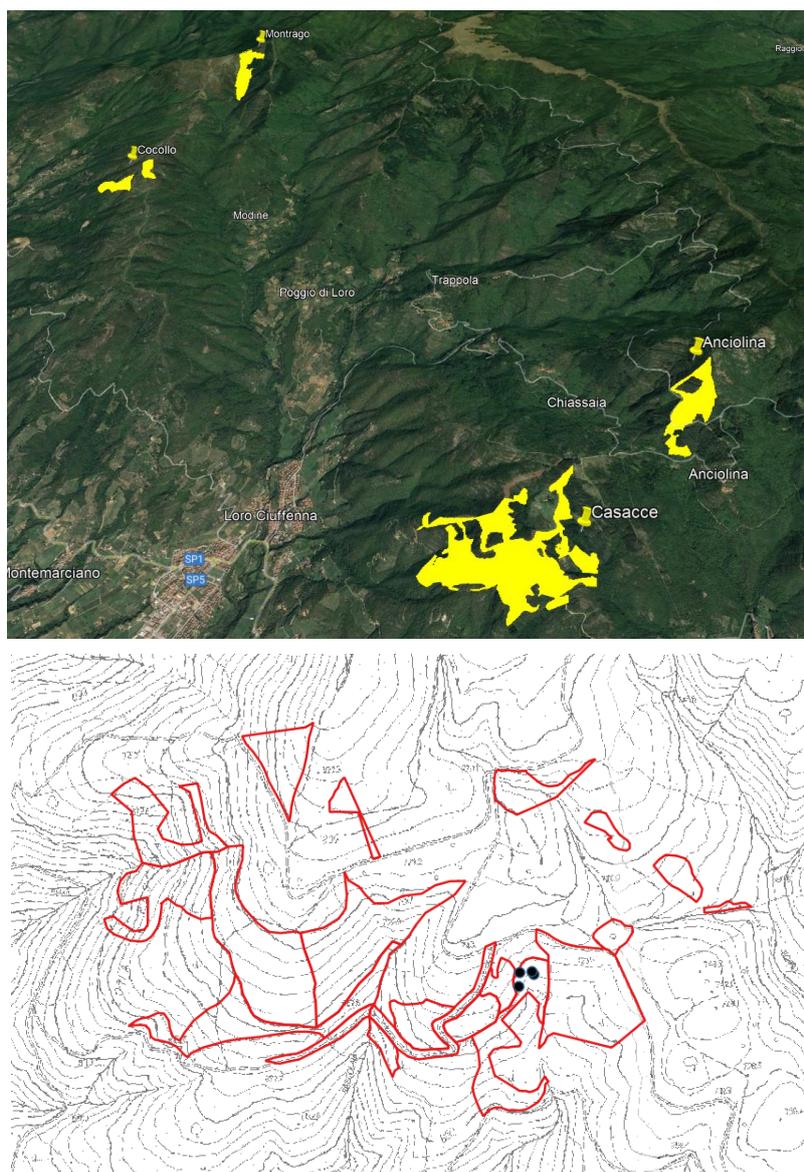


Figura 5: localizzazione sito Casacce e localizzazione aree di saggio nel trattamento C2

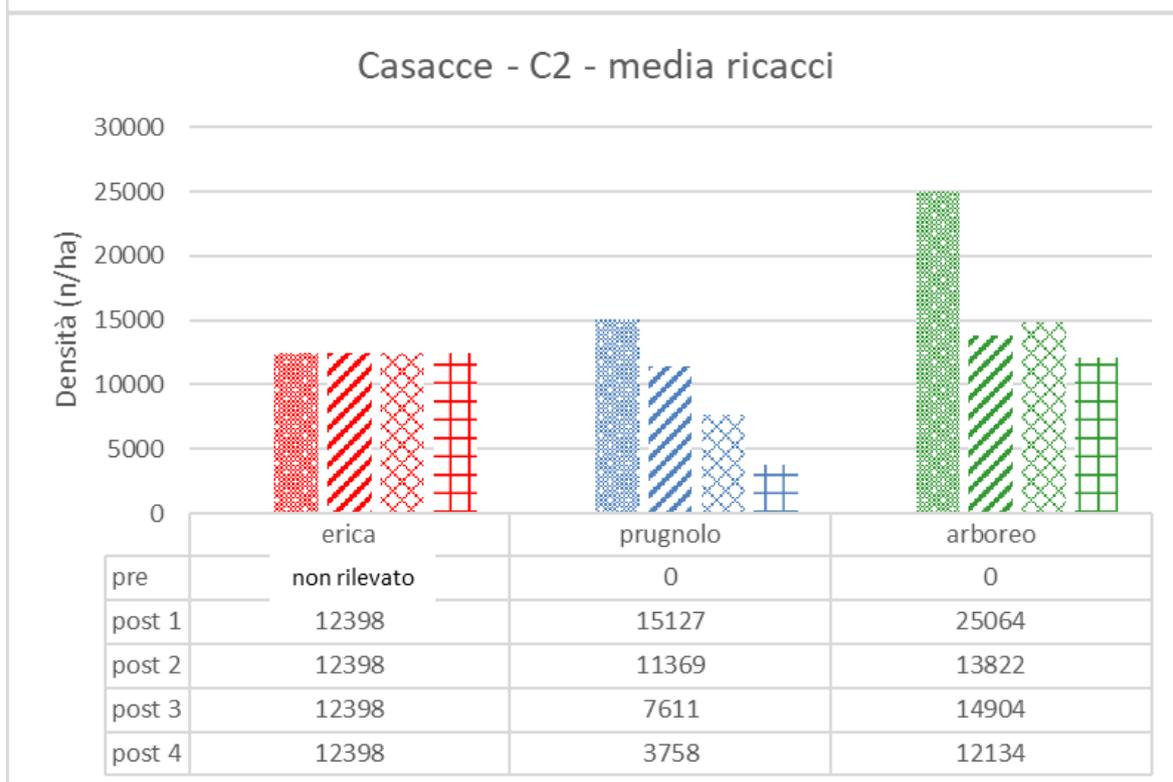
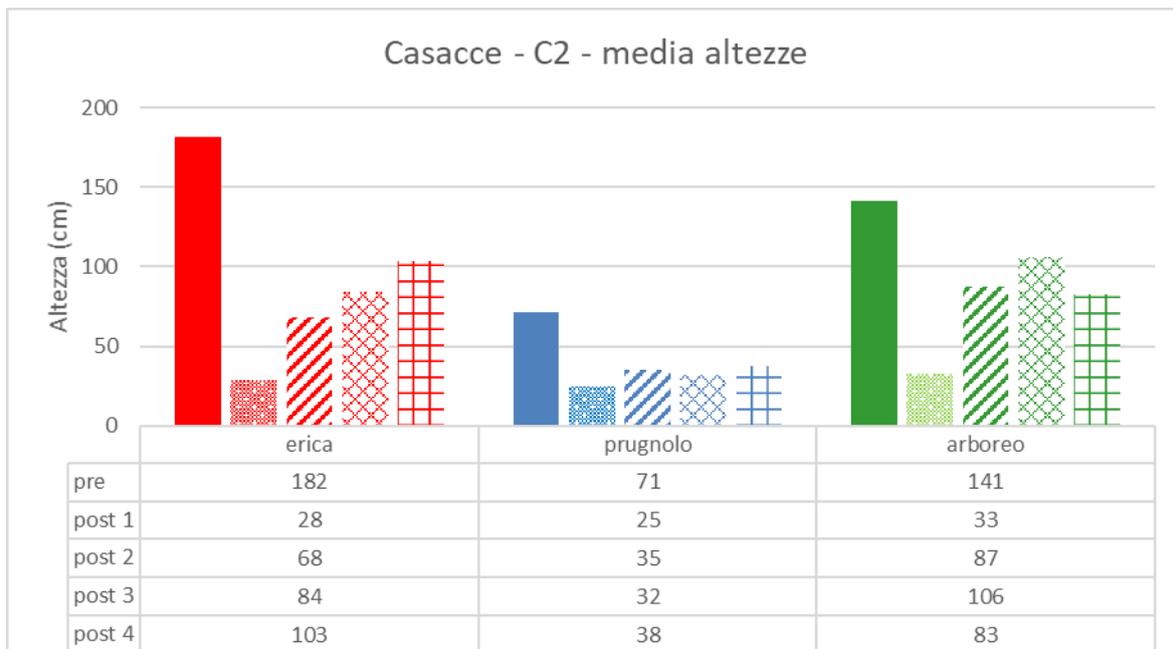


Figura 6: altezza media (sopra) e densità (sotto) della componente arbustiva “erica” e della componente arborea “prugnolo” e “arborea” (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre- e post-trattamento.

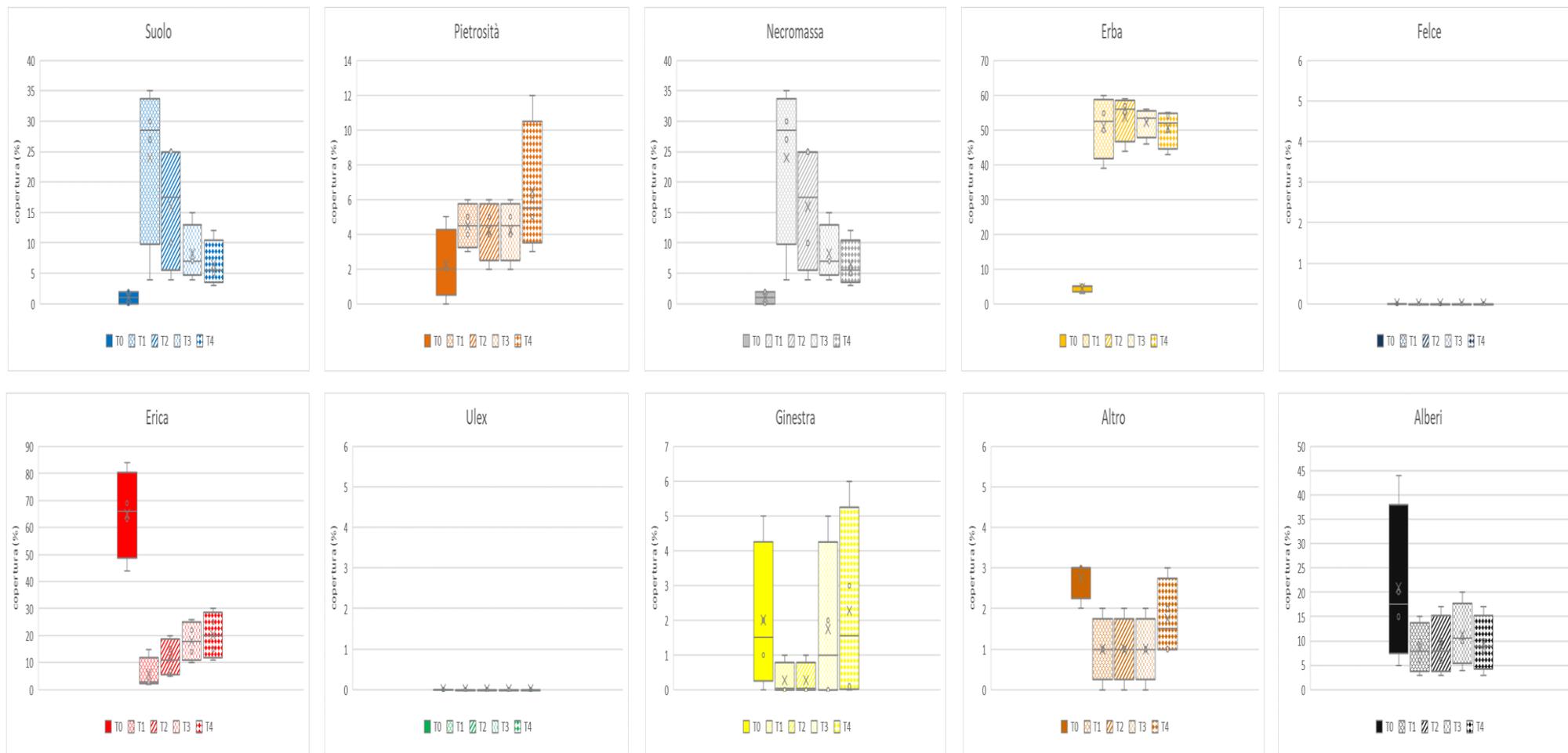


Figura 7: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre e post intervento

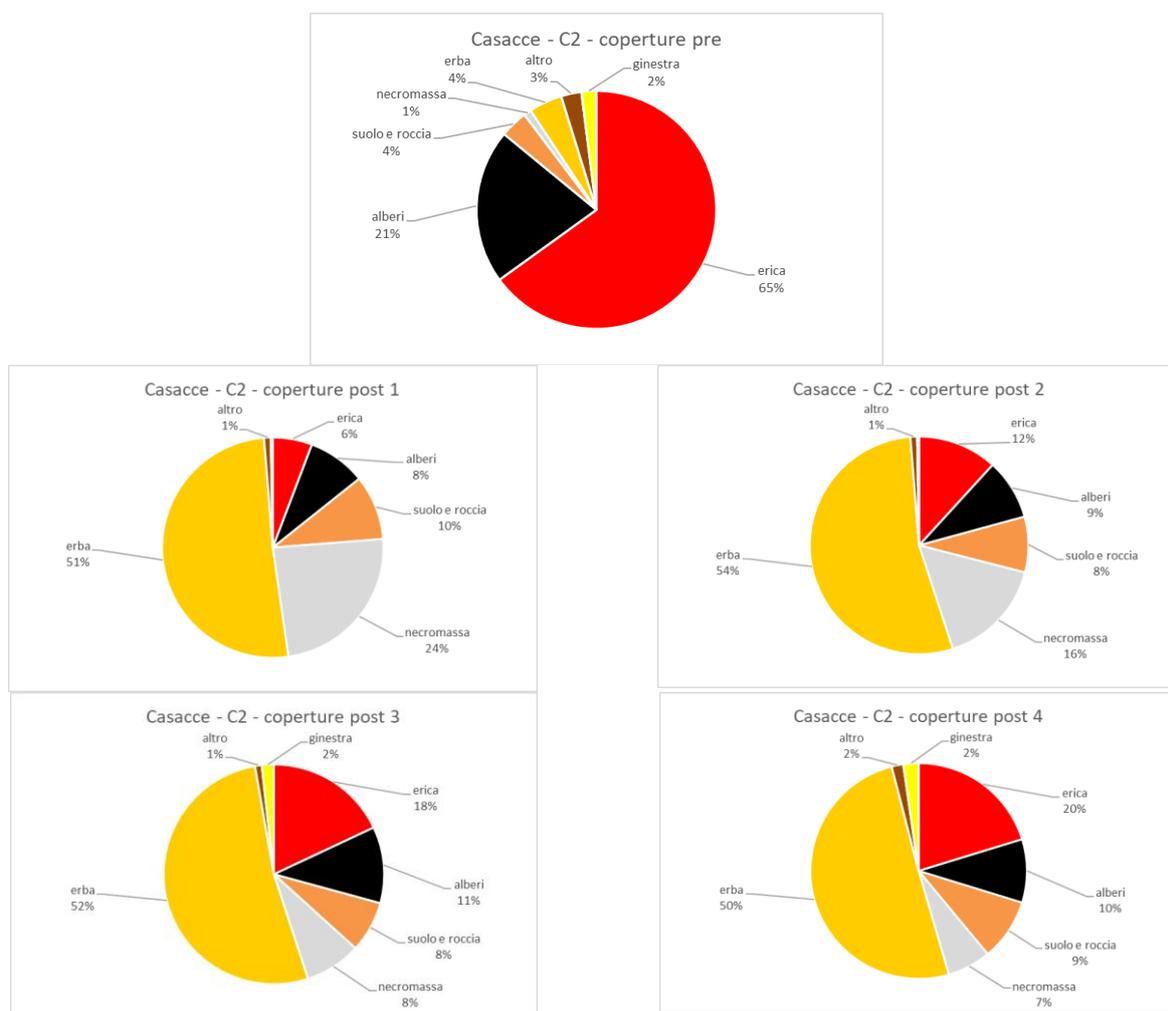


Figura 8: grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre e post intervento

Tabella 2: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio con presenza di erica

ID area	Casacce C2									
	Volume erica (m ³ / 1 m ²)					Fitomassa erica (kg / 1 m ²)				
	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4
429	0,78	0,00	0,07	0,14	0,21	2,26	0,04	0,33	0,59	0,81
759	1,08	0,04	0,11	0,13	0,19	2,91	0,22	0,50	0,57	0,76
774	0,83	0,01	0,03	0,08	0,11	2,37	0,05	0,19	0,39	0,50
793	0,59	0,00	0,02	0,06	0,08	1,82	0,04	0,14	0,33	0,37
media	0,82	0,01	0,06	0,10	0,15	2,34	0,09	0,29	0,47	0,61
minimo	0,59	0,00	0,02	0,06	0,08	1,82	0,04	0,14	0,33	0,37
massimo	1,08	0,04	0,11	0,14	0,21	2,91	0,22	0,50	0,59	0,81

Sito Casacce – Trattamento C3

Per quanto riguarda il trattamento C3 nel sito Casacce a fine estate del 2022 sono state monitorate 3 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di fuoco prescritto nel 2018 (Figura 9). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Figura 10). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) (Figura 10). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Figura 10).

Nella Figura 11 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ulex, ginestra, alberi) prima e dopo gli interventi mentre nella Figura 12 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e negli anni successivi l'intervento C3 nelle 3 aree delle Casacce.

Nella Tabella 3 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2, T3; T4).

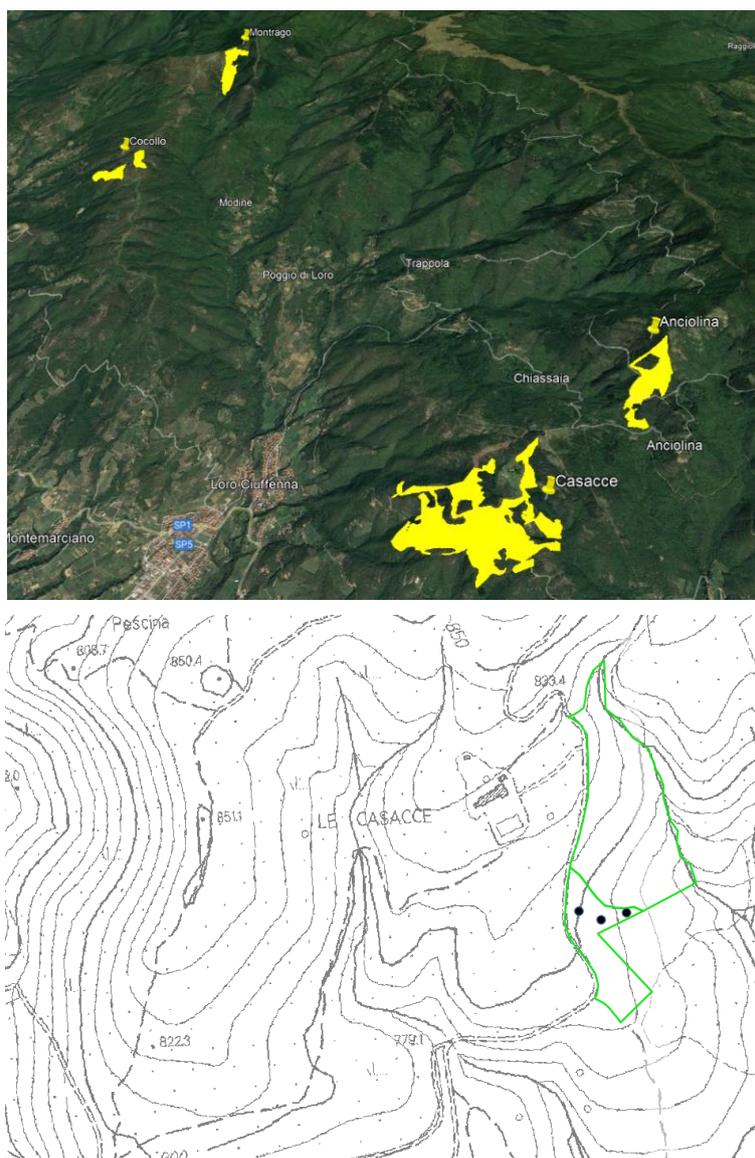


Figura 92: localizzazione sito Casacce e localizzazione aree di saggio nel trattamento C3.

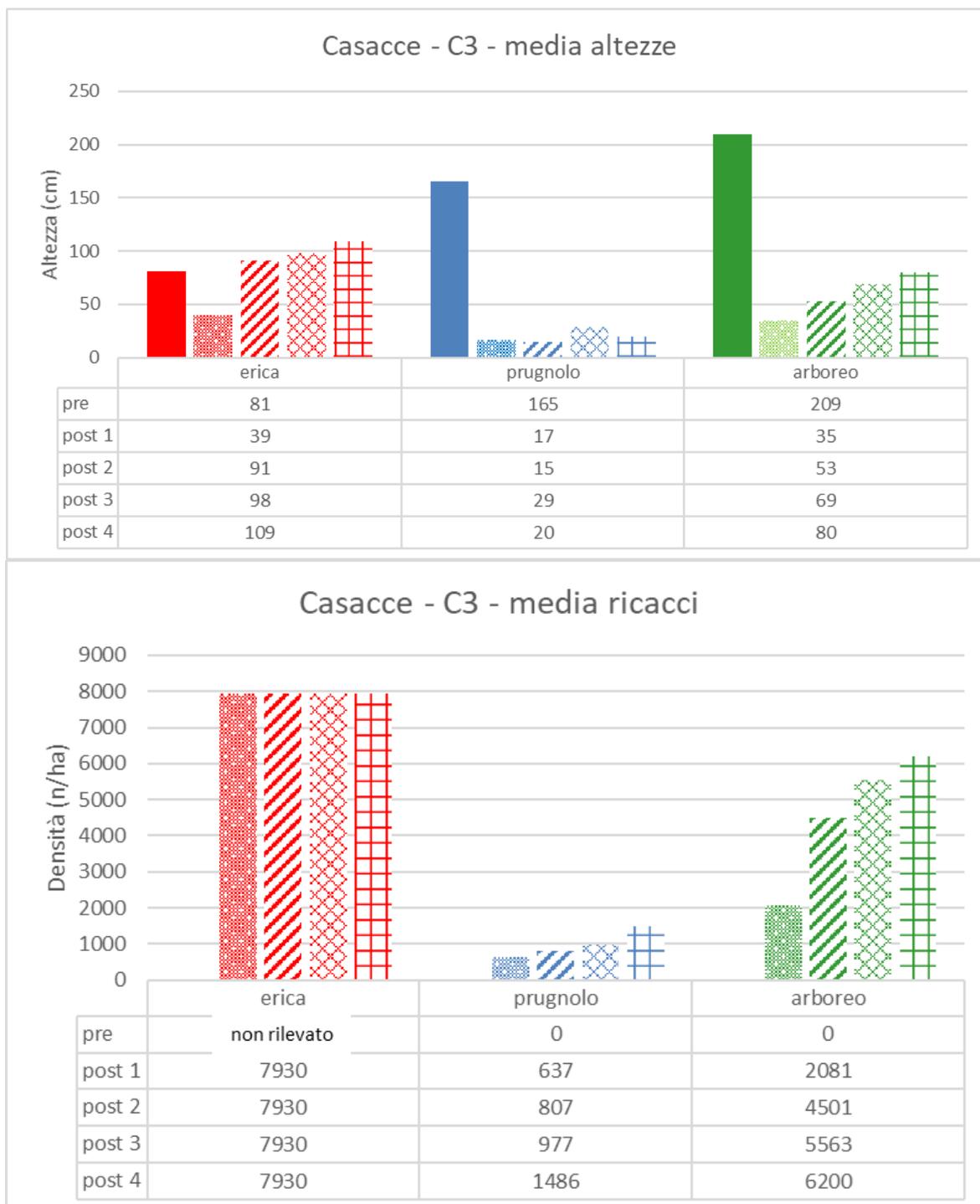


Figura 10: altezza media (sopra) e densità (sotto) della componente arbustiva “erica” e della componente arborea “prugnolo” e “arborea” (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre- e post-trattamento.

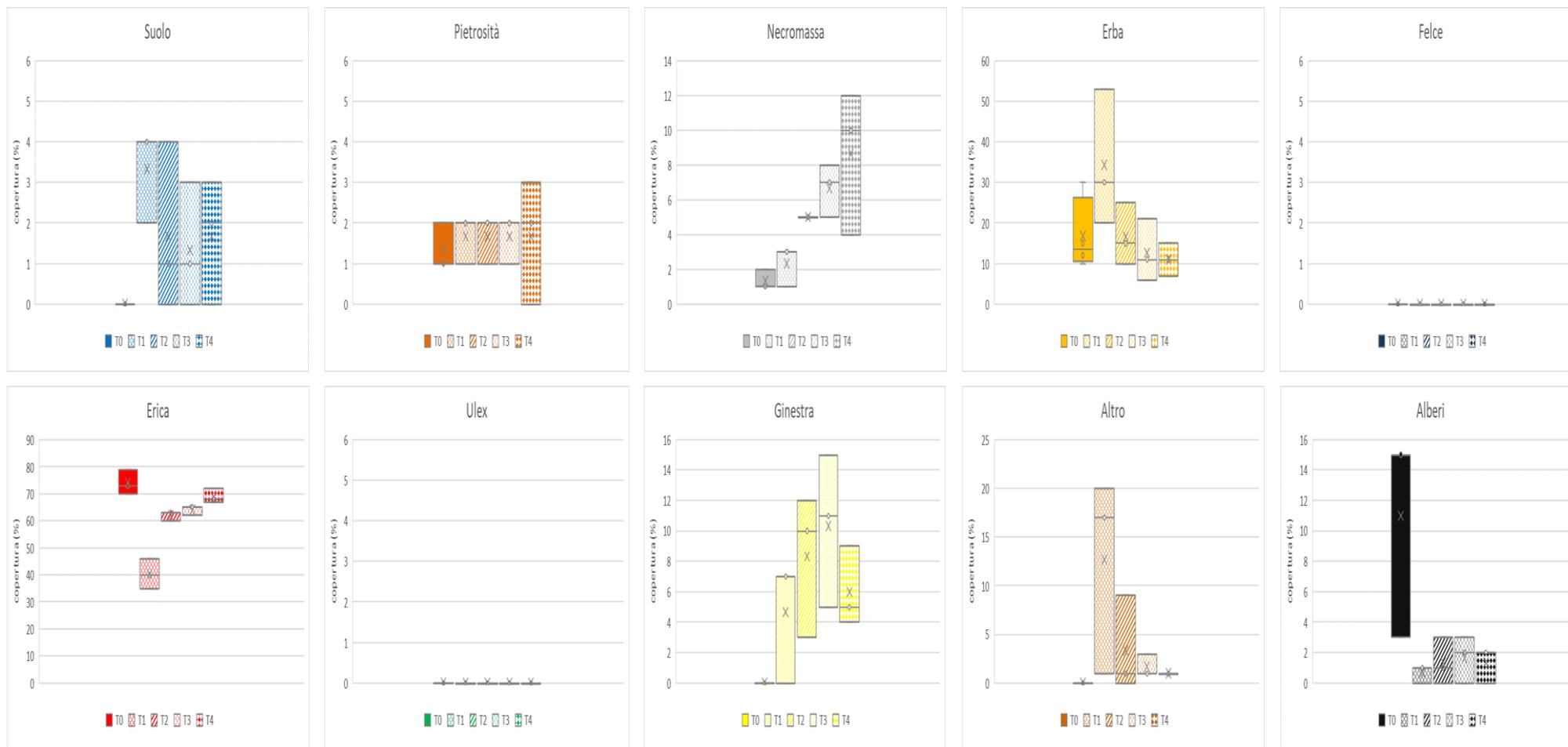


Figura 11: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre e post intervento

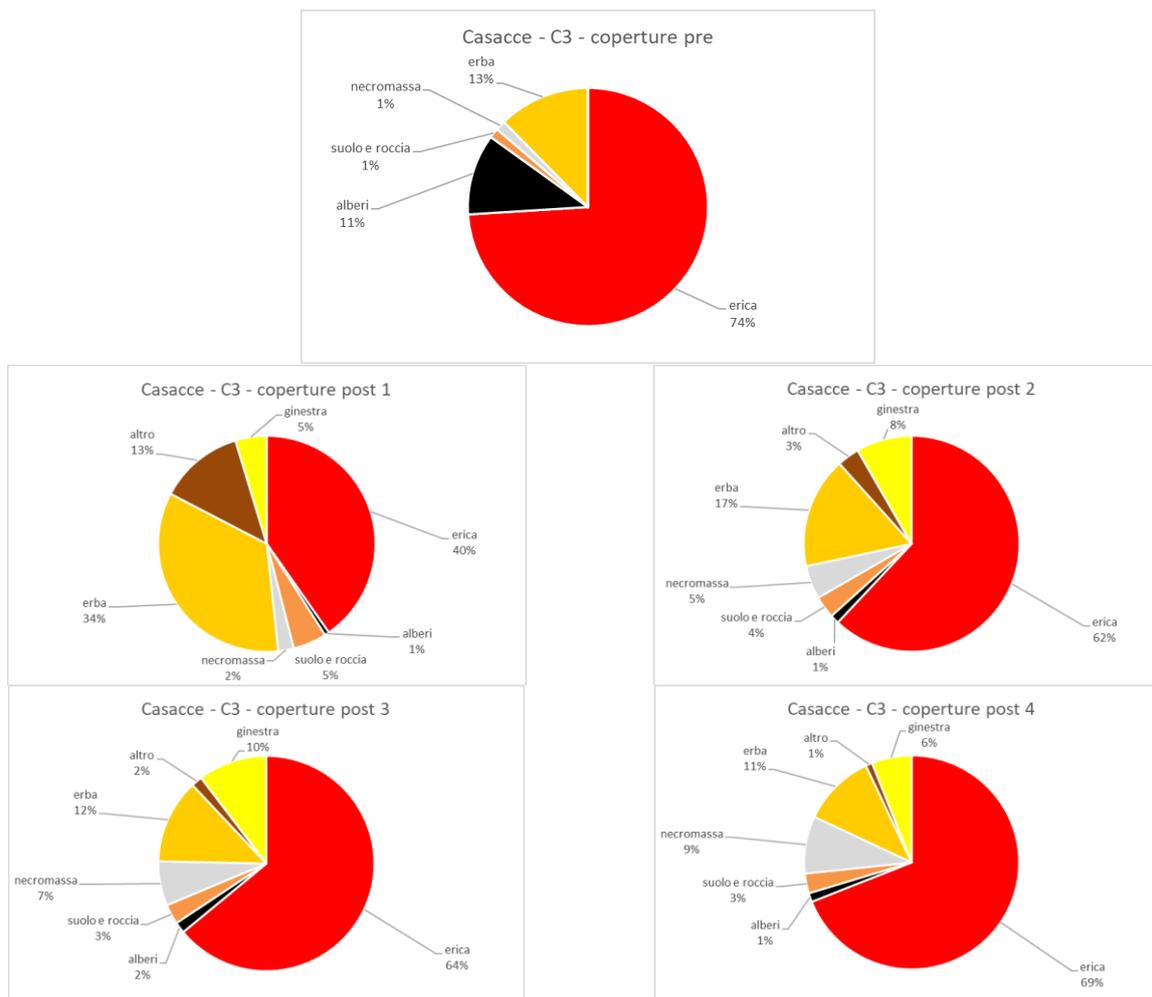


Figura 123: Copertura percentuale della componente arbustiva “erica” e della componente arborea “prugnolo” e “arborea” (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre- e post-trattamento

Tabella 3: valori di volume e fitomassa dell’erica nelle aree di saggio con presenza di erica

ID area	Casacce C3									
	Volume erica (m ³ / 1 m ²)					Fitomassa erica (kg / 1 m ²)				
	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4
1_NEW	0,52	0,09	0,37	0,38	0,45	1,65	0,44	1,26	1,29	1,48
2_NEW	0,29	0,13	0,42	0,46	0,63	1,04	0,57	1,40	1,50	1,91
3_NEW	0,46	0,11	0,39	0,47	0,49	1,50	0,49	1,32	1,52	1,57
media	0,42	0,11	0,40	0,44	0,52	1,39	0,50	1,33	1,44	1,65
minimo	0,29	0,09	0,37	0,38	0,45	1,04	0,44	1,26	1,29	1,48
massimo	0,52	0,13	0,42	0,47	0,63	1,65	0,57	1,40	1,52	1,91

Sito Cocollo – Trattamento C1

Per quanto riguarda il trattamento C1 nel sito Cocollo, a fine estate del 2022 sono state monitorate 18 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di taglio nel 2019 (14 aree) e nel 2020 (4 aree) (Figura 13). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Figura 14). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) (Figura 14). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Figura 14).

Nella Figura 15 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ulex, ginestra, alberi) prima (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2;T3,T4) mentre nella Figura 16 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e negli anni successivi l'intervento C1 nelle 10 aree del Cocollo.

Nella Tabella 4 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2,T3,T4).

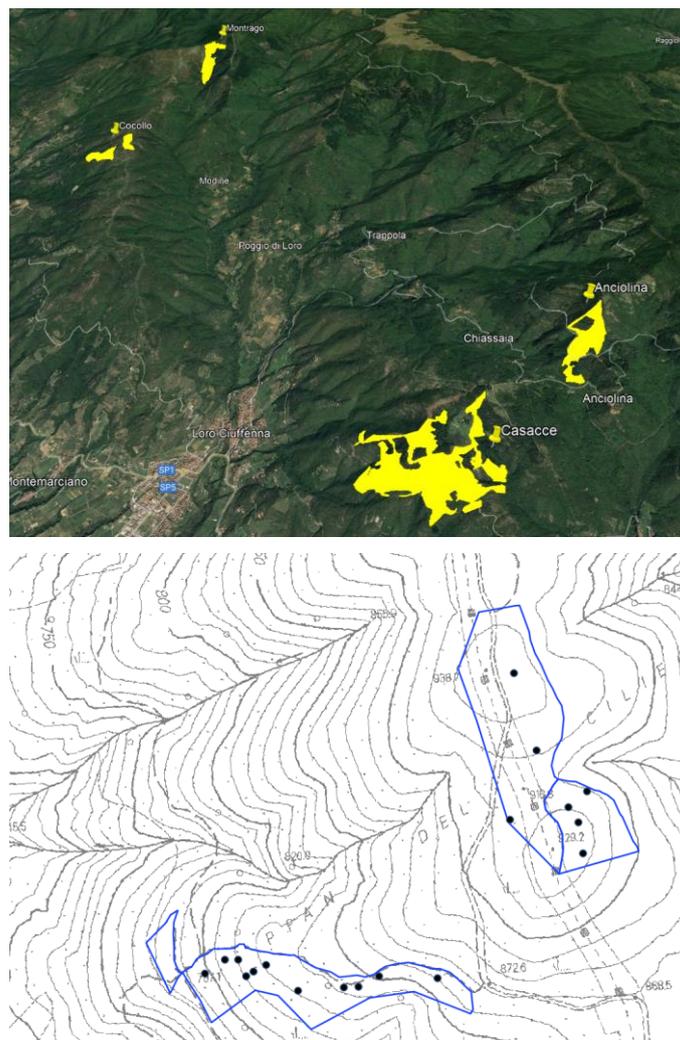


Figura 13: localizzazione sito Cocollo e localizzazione aree di saggio nel trattamento C1

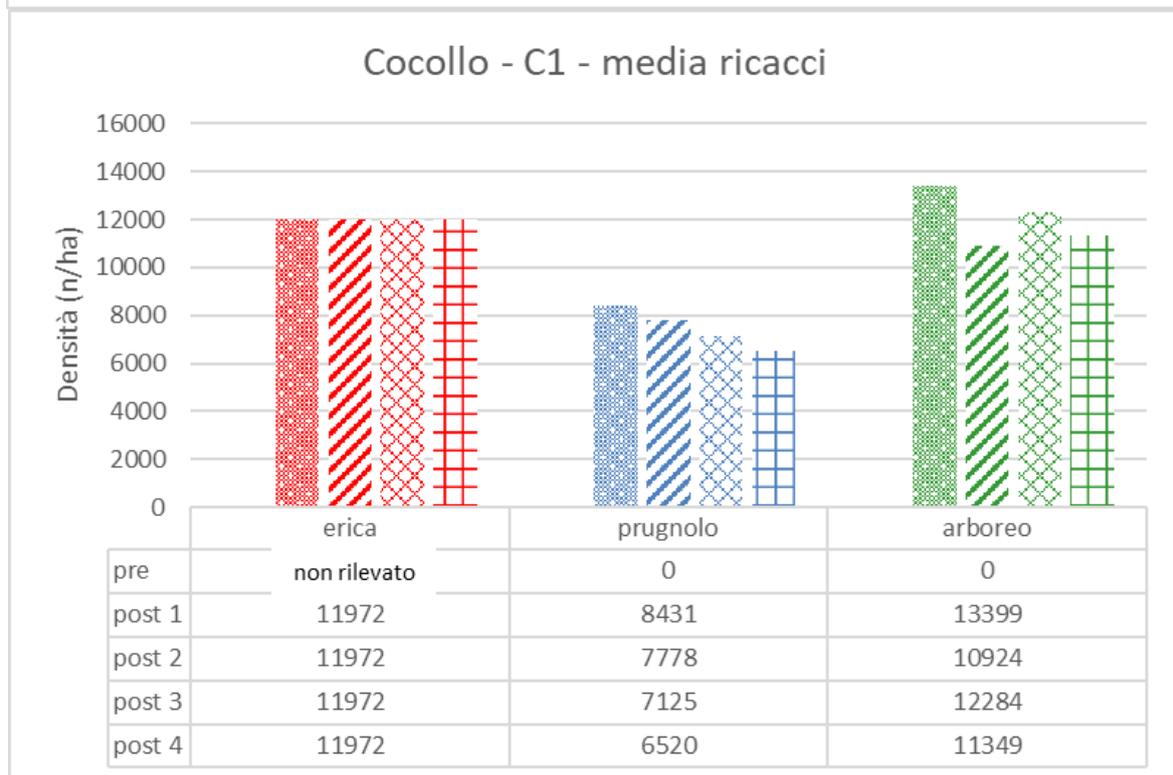
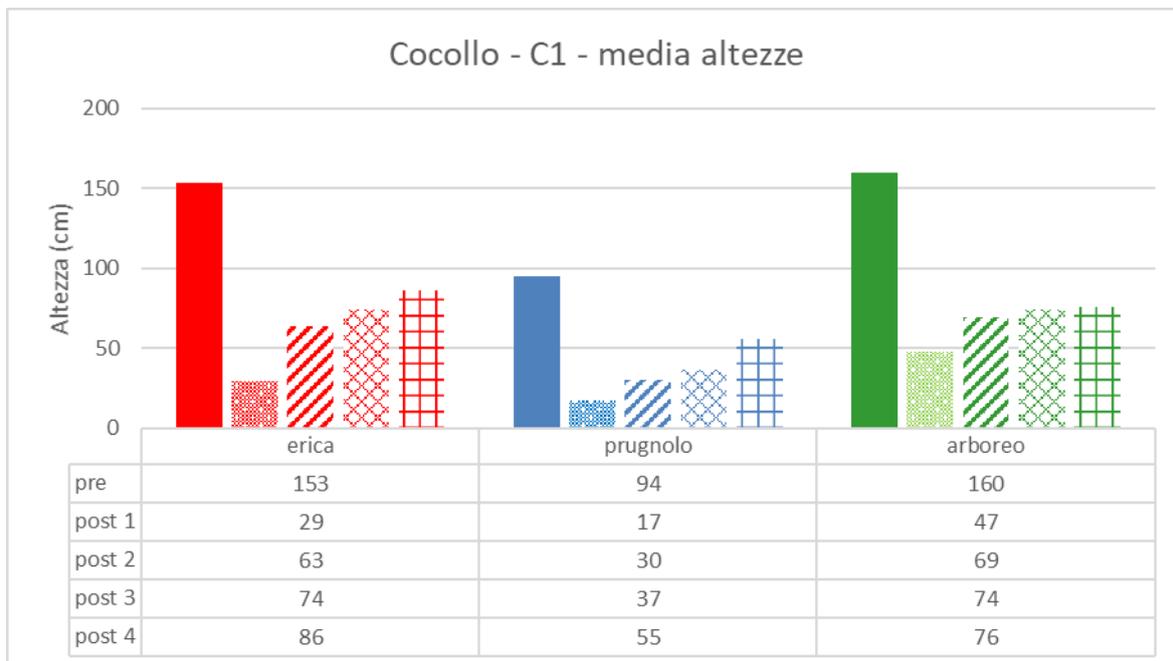


Figura 14: altezza media (sopra) e densità (sotto) della componente arbustiva “erica” e della componente arborea “prugnolo” e “arborea” (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre- e post-trattamento.

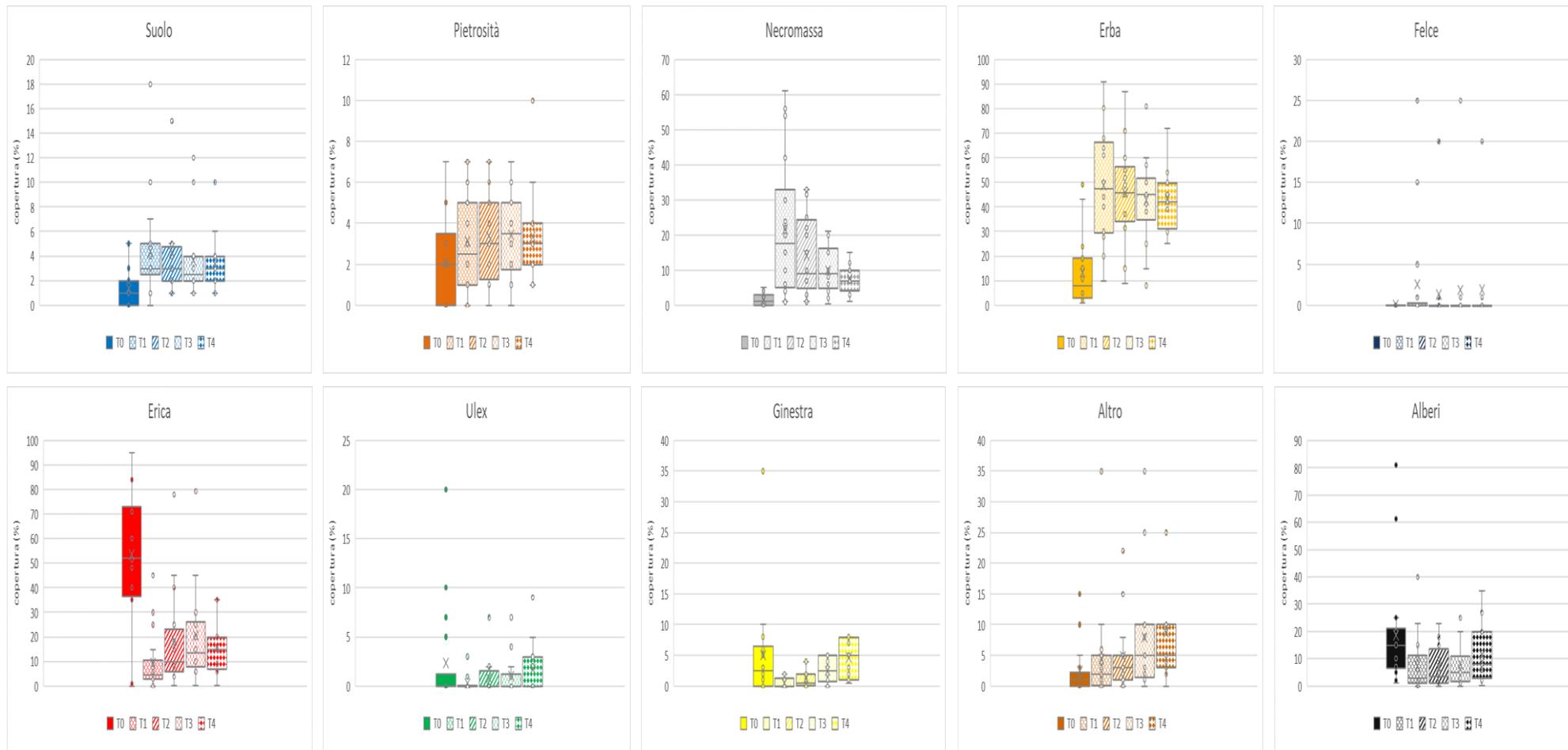


Figura 15: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre- e post-intervento

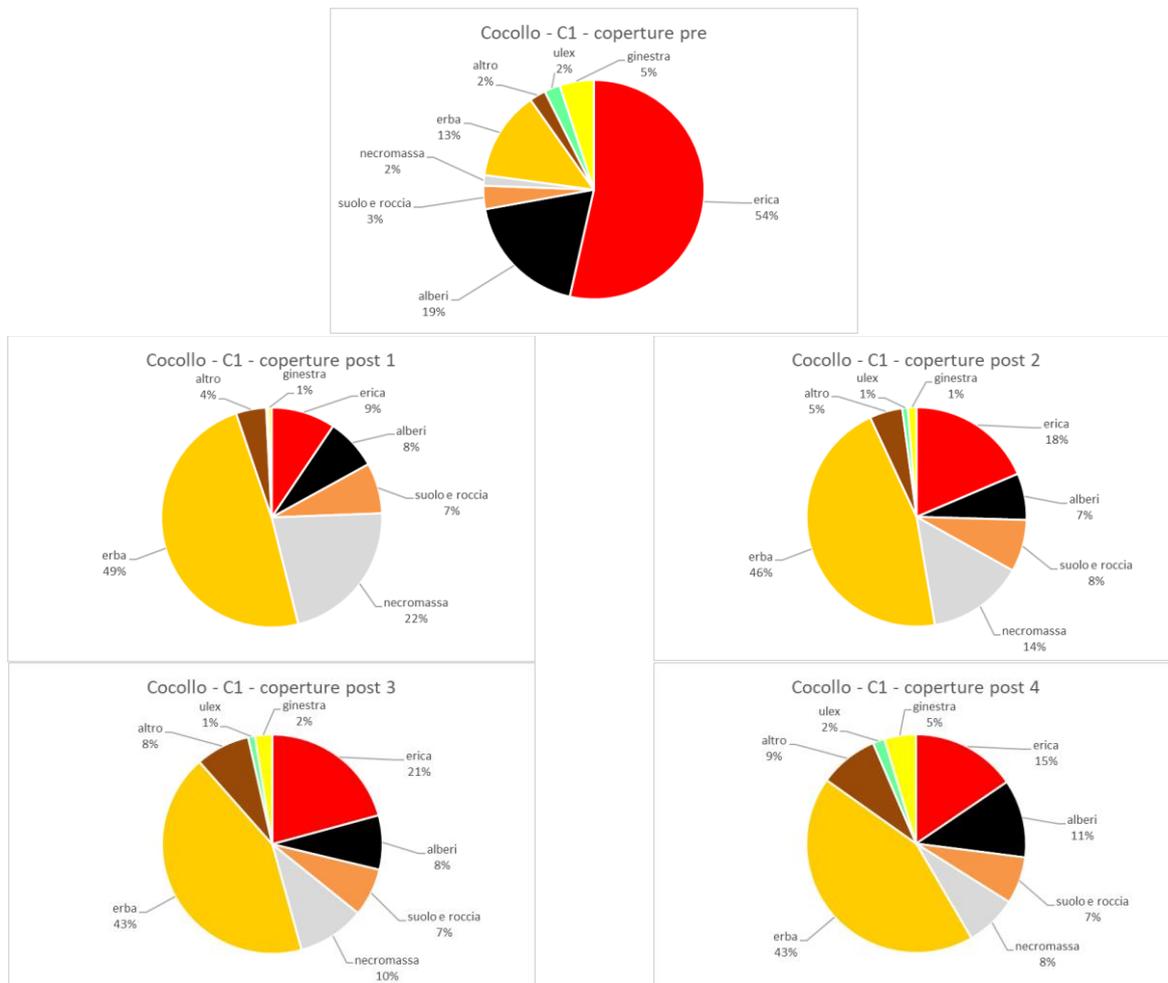


Figura 16: grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre- e post-intervento

Tabella 4: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio con presenza di erica

ID area	Cocollo C1									
	Volume erica (m ³ / 1 m ²)					Fitomassa erica (kg / 1 m ²)				
	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4
1835	0,50	0,02	0,06			1,61	0,12	0,30		
1886	0,29	0,03				1,06	0,17			
1893	0,71	0,05	0,16			2,09	0,29	0,65		
1897	0,61	0,06	0,13	0,17		1,86	0,30	0,56	0,68	
1898	0,00	0,00				0,00	0,00			
1900	0,80	0,10	0,28	0,35		2,30	0,44	1,01	1,21	
1_NEW	0,36	0,01	0,08	0,12	0,14	1,23	0,07	0,37	0,52	0,60
10_new	0,47	0,01	0,02	0,04	0,05	1,53	0,06	0,15	0,25	0,27
11_new	0,65	0,01	0,04	0,05	0,06	1,97	0,07	0,21	0,26	0,29
12_new	0,51	0,01	0,03	0,03	0,04	1,62	0,06	0,16	0,20	0,24
2_NEW	0,76	0,01	0,04	0,06	0,08	2,20	0,08	0,22	0,32	0,37
3_new	0,93	0,01	0,09	0,16	0,26	2,60	0,09	0,43	0,65	0,96
4_new	1,00	0,02	0,08	0,15	0,24	2,74	0,13	0,38	0,63	0,91
5_new	1,15	0,02	0,14	0,21		3,06	0,12	0,59	0,81	
6_new	1,19	0,00	0,02	0,05	0,04	3,12	0,02	0,13	0,29	0,24
7_new	0,52	0,01	0,04	0,07	0,09	1,64	0,05	0,21	0,36	0,43
9_C	0,42	0,00	0,03	0,04	0,06	1,40	0,04	0,16	0,22	0,30
9_new	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,01	0,00	0,01
media	0,60	0,02	0,08	0,11	0,10	1,78	0,12	0,35	0,46	0,42
minimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
massimo	1,19	0,10	0,28	0,35	0,26	3,12	0,44	1,01	1,21	0,96

Sito Cocollo – Trattamento C3

Per quanto riguarda il trattamento C3 nel sito Cocollo, a fine estate del 2022 sono state monitorate 18 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di fuoco prescritto nel 2019 (9 aree), 2021 (1 area) e 2022 (8 aree) (Figura 17). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Figura 18). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica e il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) (Figura 18). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Figura 18).

Nella Figura 19 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ulex, ginestra, alberi) prima (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2, T3, T4) mentre nella Figura 20 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e negli anni successivi l'intervento C3 nelle 18 aree del Cocollo.

Nella Tabella 5 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2, T3, T4).

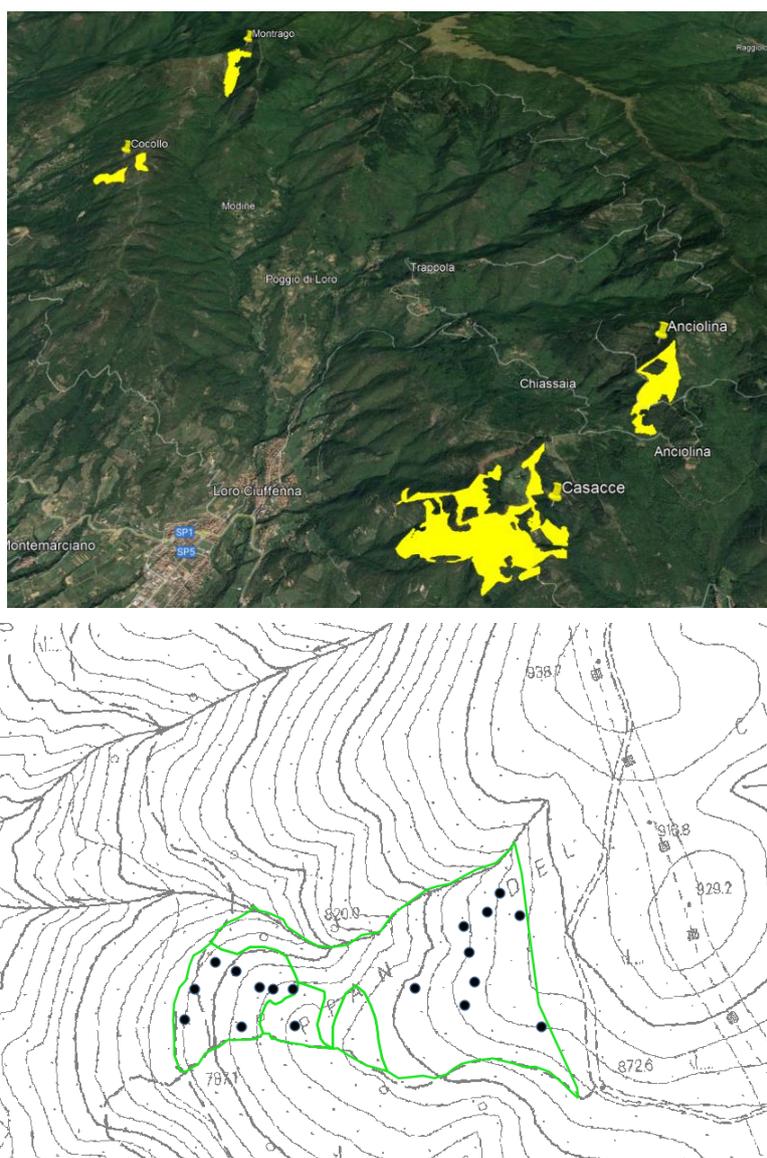


Figura 17: localizzazione sito Cocollo e localizzazione aree di saggio nel trattamento C3

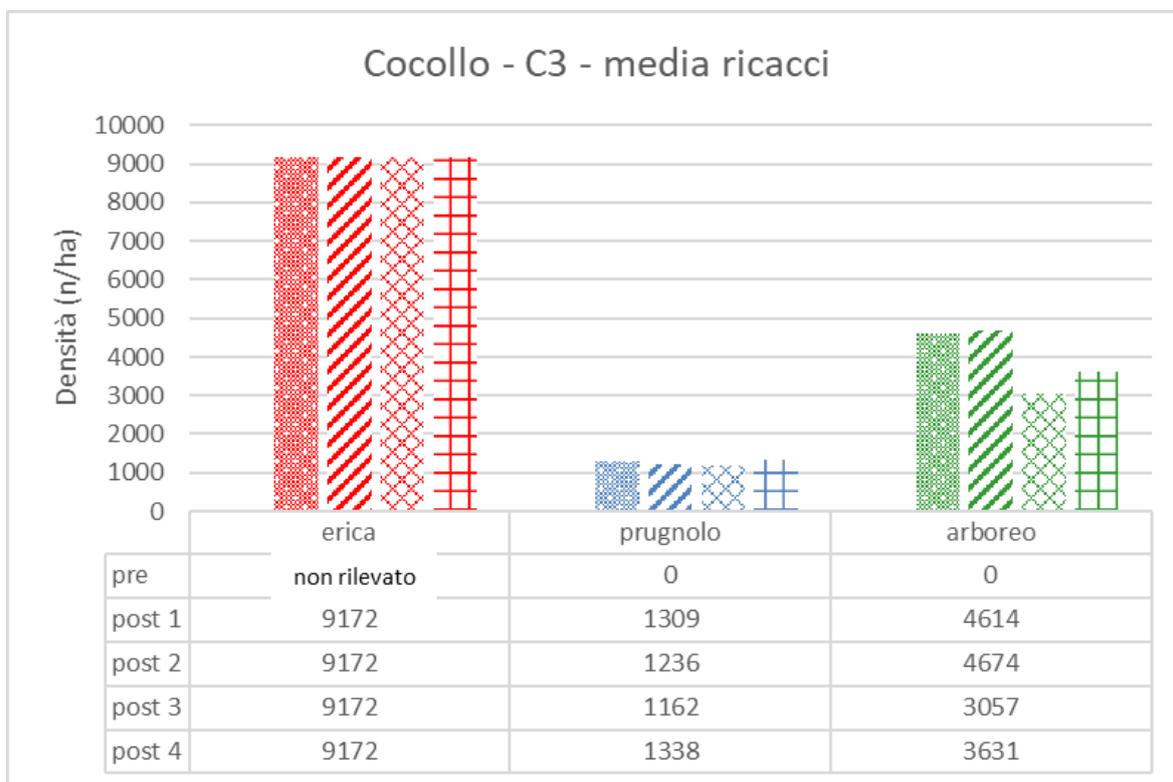
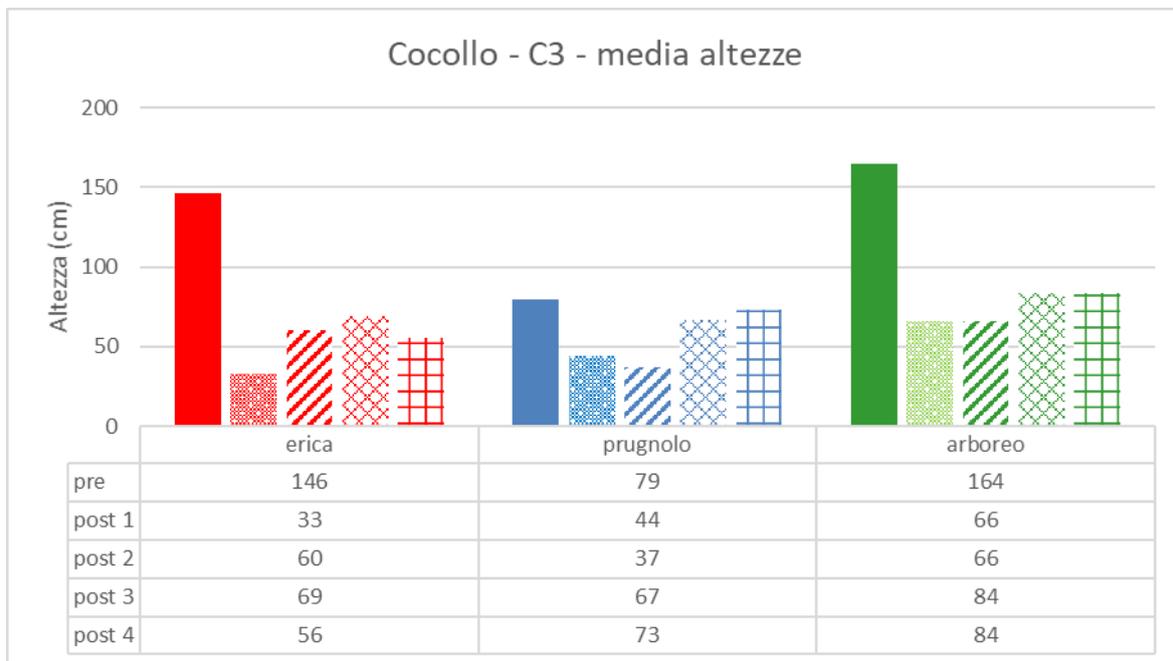


Figura 18: altezza media (sopra) e densità (sotto) della componente arbustiva “erica” e della componente arborea “prugnolo” e “arborea” (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre- e post-trattamento.

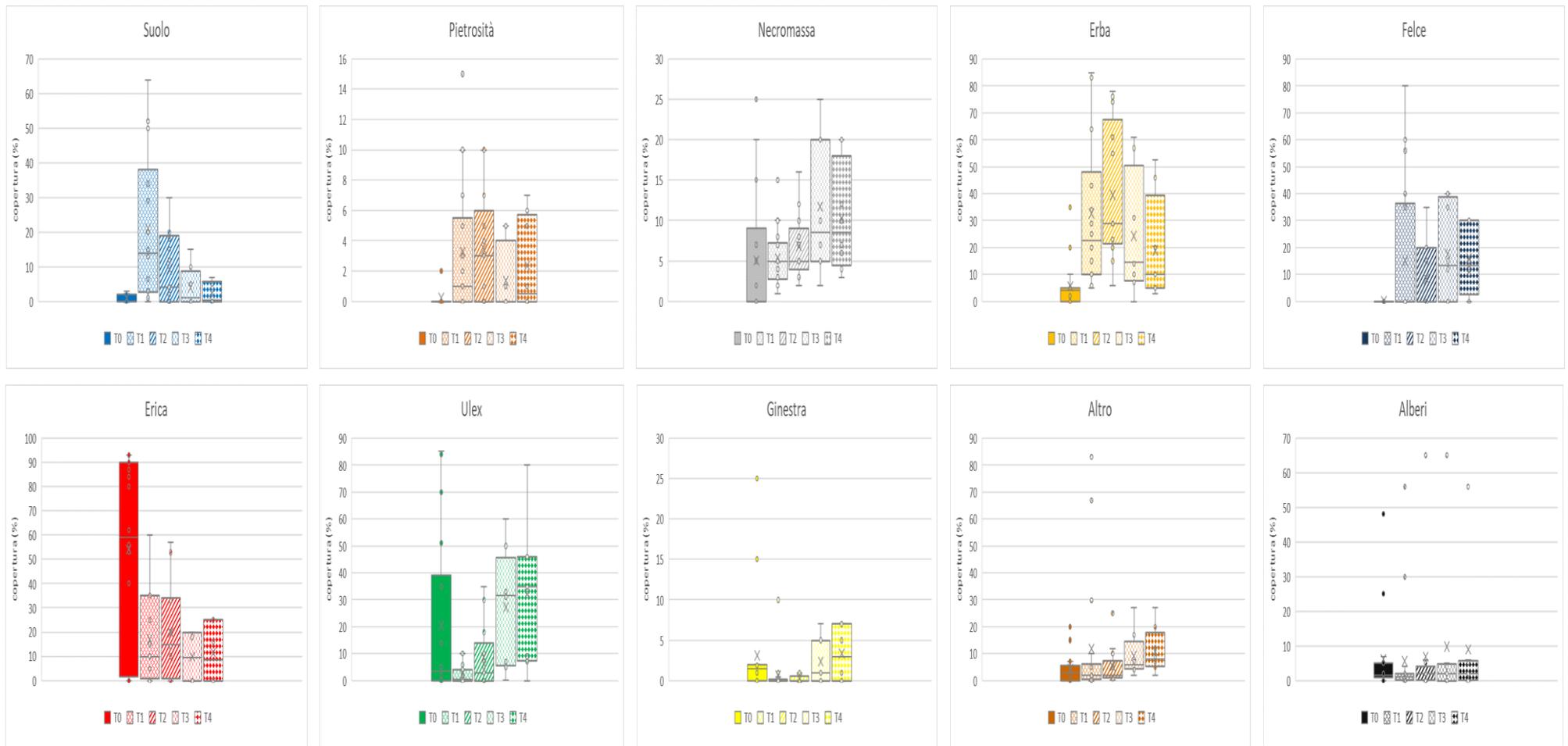


Figura 19: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre- e post-intervento

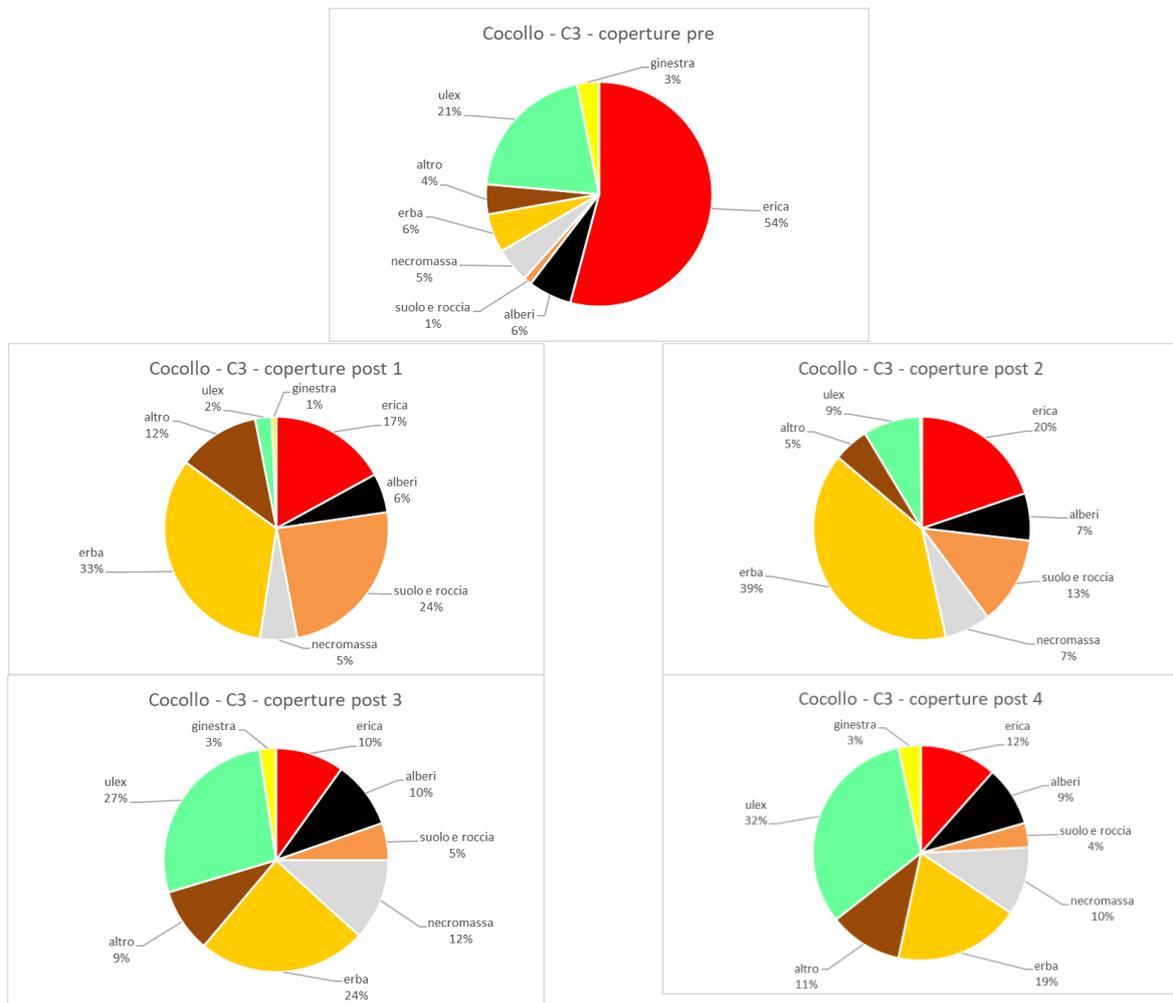


Figura 204 grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre- e post-intervento

Tabella 5: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio con presenza di erica

ID area	Cocollo C3									
	Volume erica (m ³ / 1 m ²)					Fitomassa erica (kg / 1 m ²)				
	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4
1836	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,15	0,00	0,07	0,08	0,00
1837	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1842	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1843	0,93	0,03	0,12	0,14	0,14	2,58	0,18	0,53	0,59	0,60
1844	0,00	0,00				0,00	0,00			
1845	1,30	0,24	0,32			3,36	0,90	1,13		
1848	1,32	0,12	0,17			3,40	0,53	0,70		
1850	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1885	0,69	0,02	0,07	0,13	0,18	2,05	0,12	0,35	0,58	0,73
1889	1,30	0,13				3,36	0,58			
1891	0,69	0,01	0,07	0,13	0,15	2,05	0,10	0,35	0,55	0,64
1896	0,81	0,02	0,10	0,15	0,22	2,32	0,12	0,45	0,61	0,85
1913	1,07	0,09				2,88	0,42			
1918	1,18	0,10	0,18			3,12	0,47	0,71		
1922	0,91	0,09				2,55	0,41			
1925	0,54	0,02				1,69	0,15			
4632	0,99	0,05	0,09			2,71	0,28	0,42		
4633	1,08	0,12	0,27			2,91	0,51	0,99		
media	0,71	0,06	0,11	0,07	0,09	1,95	0,27	0,44	0,30	0,35
minimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
massimo	1,32	0,24	0,32	0,15	0,22	3,40	0,90	1,13	0,61	0,85

Sito Montrago – Trattamento C3

Per quanto riguarda il trattamento C3 nel sito Montrago, a fine estate del 2020 sono state monitorate 4 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di fuoco prescritto nel marzo 2018 (Figura 21). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Figura 22). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica e il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) (Figura 22). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Figura 22).

Nella Figura 23 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ulex, ginestra, alberi) prima (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2, T3, T4) mentre nella Figura 24 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e negli anni successivi l'intervento C3 nelle 4 aree del Montrago. In Figura 24 vengono confrontate le altezze della componente arborea prima e dopo gli interventi.

Nella Tabella 6 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1, T2, T3, T4).

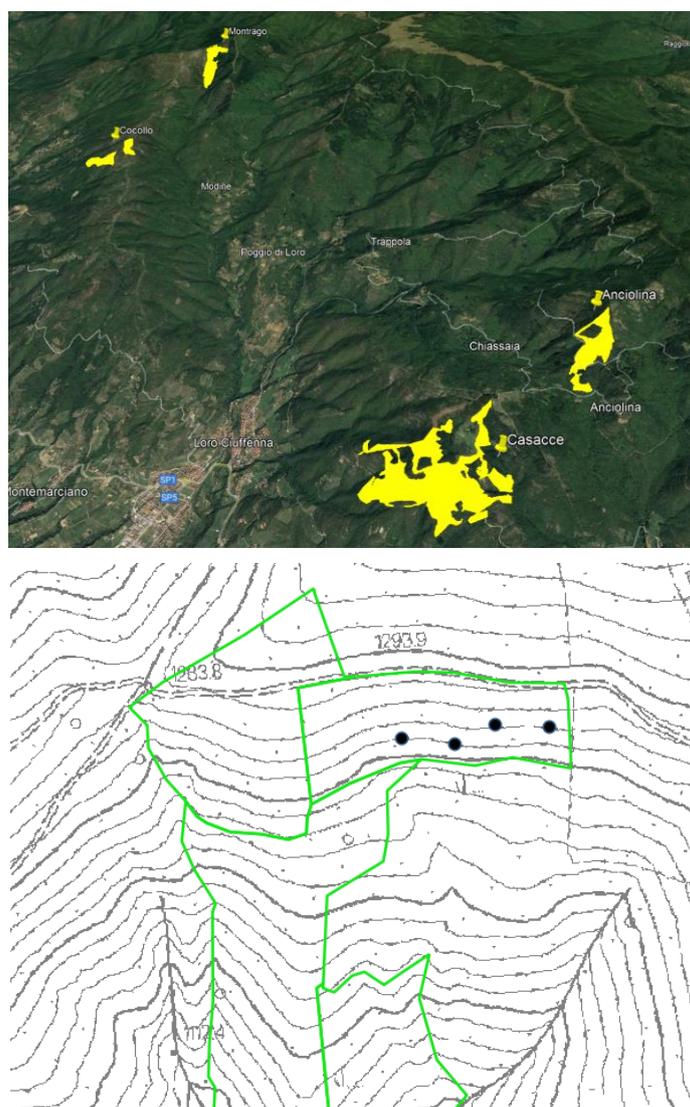


Figura 21: localizzazione sito Montrago e localizzazione aree di saggio nel trattamento C3



Figura 22: altezza media (sopra) e densità (sotto) della componente arbustiva “erica” e della componente arborea “prugnolo” e “arborea” (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre- e post-trattamento.

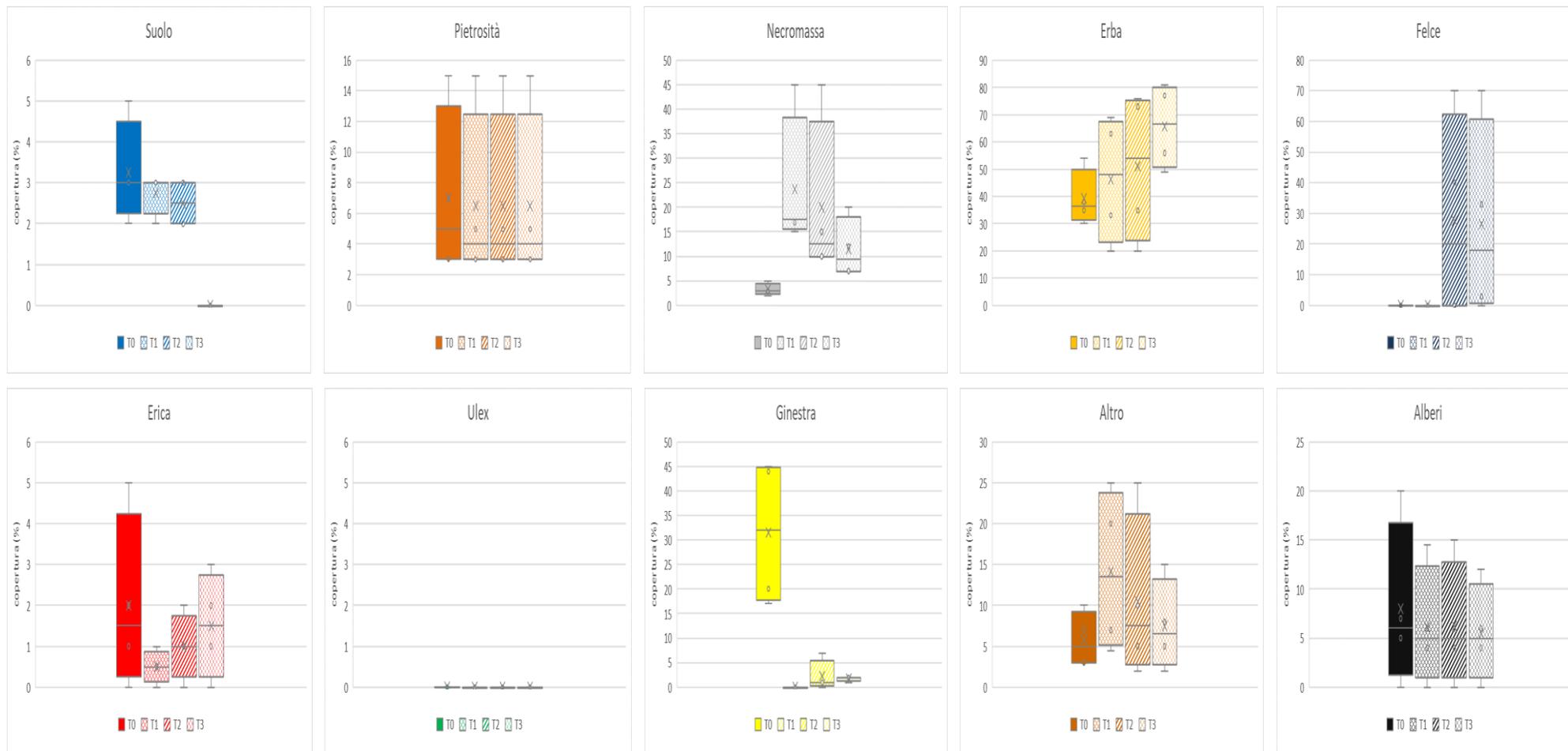


Figura 23: grafico box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre - e post-intervento

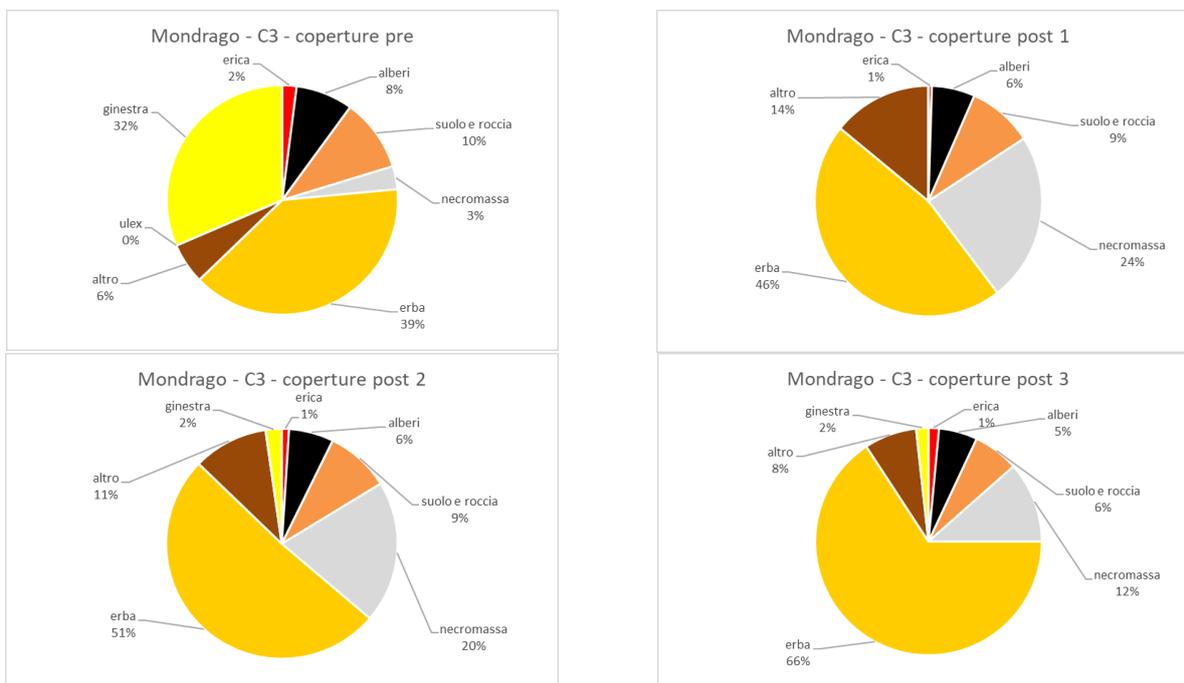


Figura 24: Grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre- e post-intervento

Tabella 6: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio con presenza di erica

ID area	Monrago C3							
	Volume erica (m ³ / 1 m ²)				Fitomassa erica (kg / 1 m ²)			
	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Pre	Post 1	Post 2	Post 3
624	0,04	0,00	0,01	0,01	0,24	0,02	0,05	0,07
628	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
743	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,03	0,04
786	0,02	0,00	0,00	0,01	0,14	0,01	0,03	0,07
media	0,02	0,00	0,00	0,01	0,11	0,01	0,03	0,04
minimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
massimo	0,04	0,00	0,01	0,01	0,24	0,02	0,05	0,07

Sito Anciolina –Trattamento C1

Per quanto riguarda il trattamento C1 nel sito Anciolina, a fine estate del 2022 sono state monitorate 3 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di taglio nel 2021 (Figura 25). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Figura 26). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) (Figura 26). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Figura 26).

Nella Figura 27 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ulex, ginestra, alberi) prima (T0) e nell'anno successivo l'intervento (T1) mentre nella Figura 28 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e negli anni successivi l'intervento C2 nelle 3 aree di Anciolina.

Nella Tabella 7 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre (T0) e nell'anno successivo l'intervento (T1).

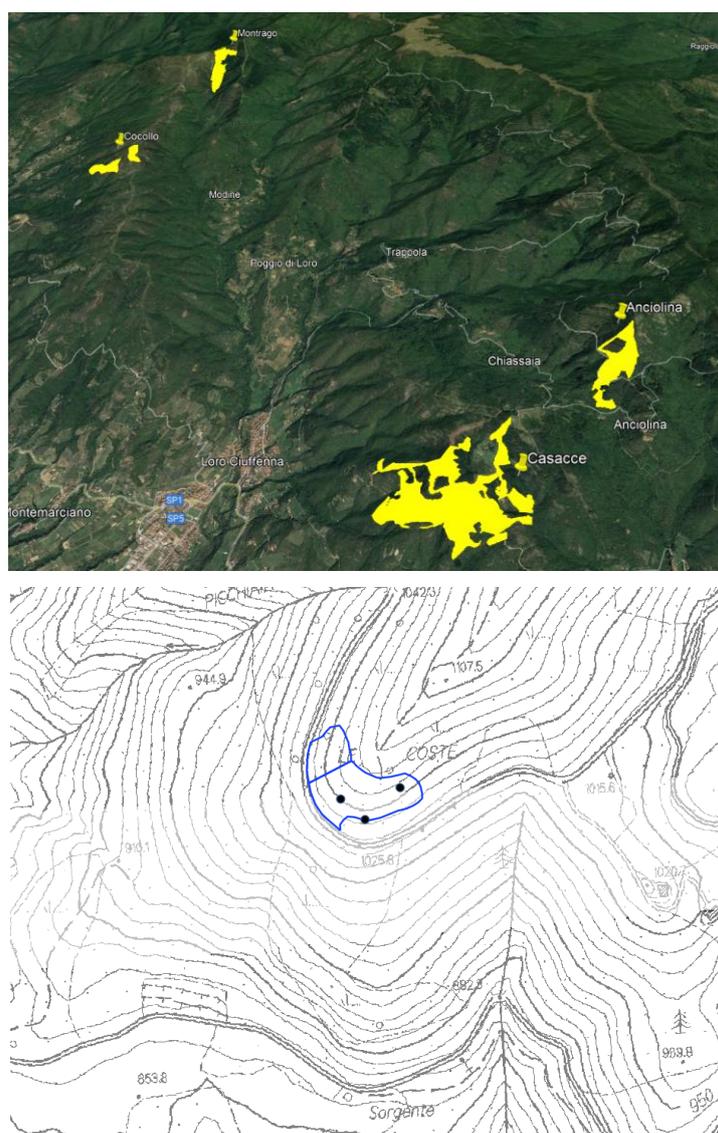


Figura 25: localizzazione sito Gubbiana-Sezione2 e localizzazione aree di saggio nel trattamento C2

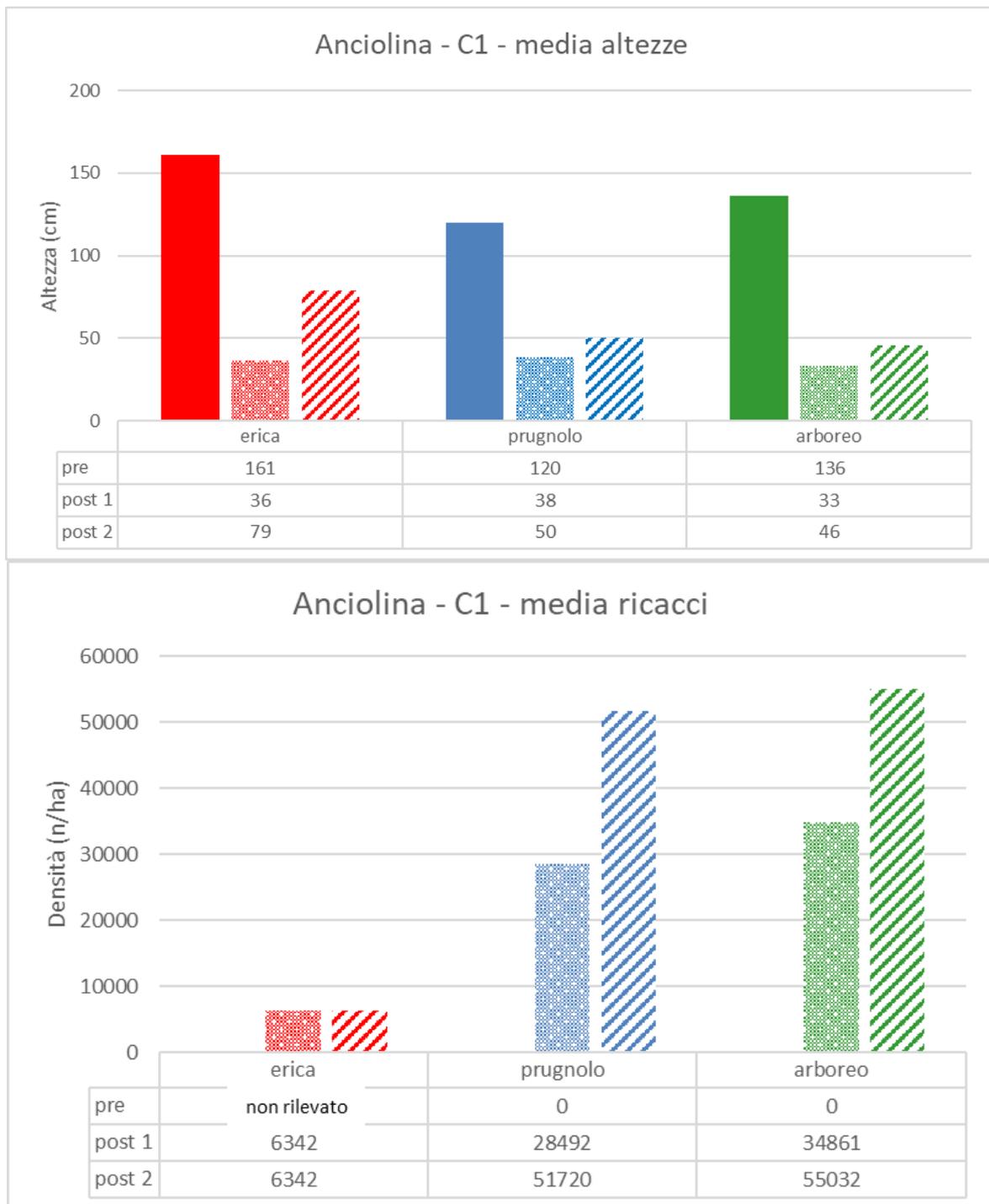


Figura 26: altezza media (sopra) e densità (sotto) della componente arbustiva “erica” e della componente arborea “prugnolo” e “arborea” (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre- e post-trattamento.

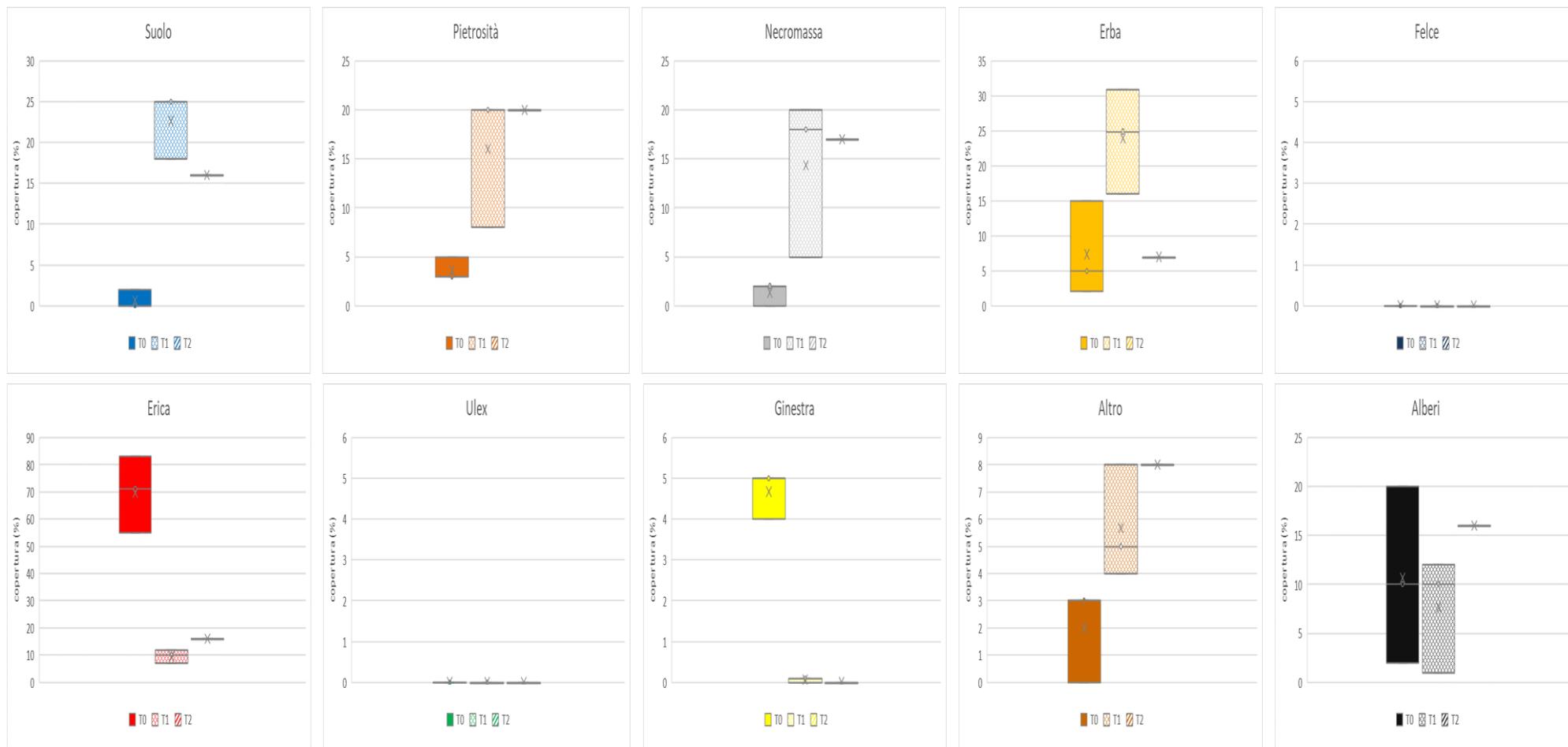


Figura 27: grafici box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre- e post-intervento

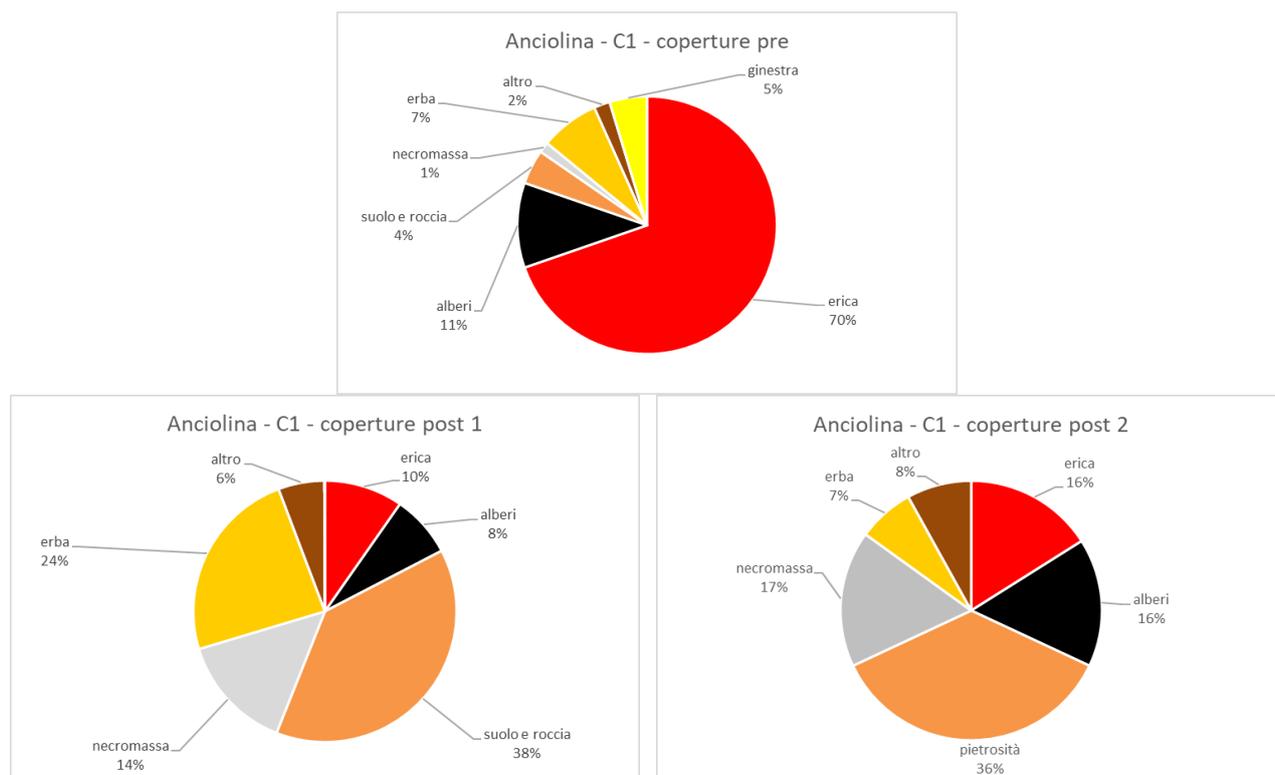


Figura28: grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre - e post-intervento

Tabella 7: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio con presenza di erica

ID area	Anciolina C1					
	Volume erica (m ³ / 1 m ²)			Fitomassa erica (kg / 1 m ²)		
	Pre	Post 1	Post 2	Pre	Post 1	Post 2
1840	0,67	0,02		2,01	0,11	
1895	0,96	0,03		2,66	0,16	
2892	0,71	0,03	0,09	2,09	0,19	0,42
media	0,78	0,02	0,09	2,25	0,15	0,42
minimo	0,67	0,02	0,09	2,01	0,11	0,42
massimo	0,96	0,03	0,09	2,66	0,19	0,42

Sito Anciolina –Trattamento C2

Per quanto riguarda il trattamento C2 nel sito Anciolina, a fine estate del 2022 sono state monitorate 11 aree di saggio che sono state interessate dagli interventi di taglio nel 2019 (6 aree) e 2021 (5 aree) (Figura 29). I risultati del monitoraggio vengono distinti per la componente arbustiva e la componente arborea (Figura 30). Per ogni specie della componente arbustiva vengono riportati l'altezza media dei ricacci di erica, il numero di ricacci ad ettaro (densità ricacci) (Figura 30). Per ogni specie della componente arborea vengono riportati l'altezza e la densità media della rinnovazione agamica da gemma (Figura 30).

Nella Figura 31 vengono riportate le coperture al suolo delle diverse classi (suolo nudo, pietrosità, necromassa, erbe, felci, erica, ulex, ginestra, alberi) prima (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1,T2,T3) mentre nella Figura 32 viene confrontata con un grafico a torta la copertura percentuale prima e negli anni successivi l'intervento C2 nelle 11 aree di Anciolina.

Nella Tabella 8 vengono messi a confronto i valori di volume ($m^3 / 1 m^2$) e di fitomassa ($kg / 1 m^2$) dell'erica pre (T0) e negli anni successivi l'intervento (T1,T2,T3).

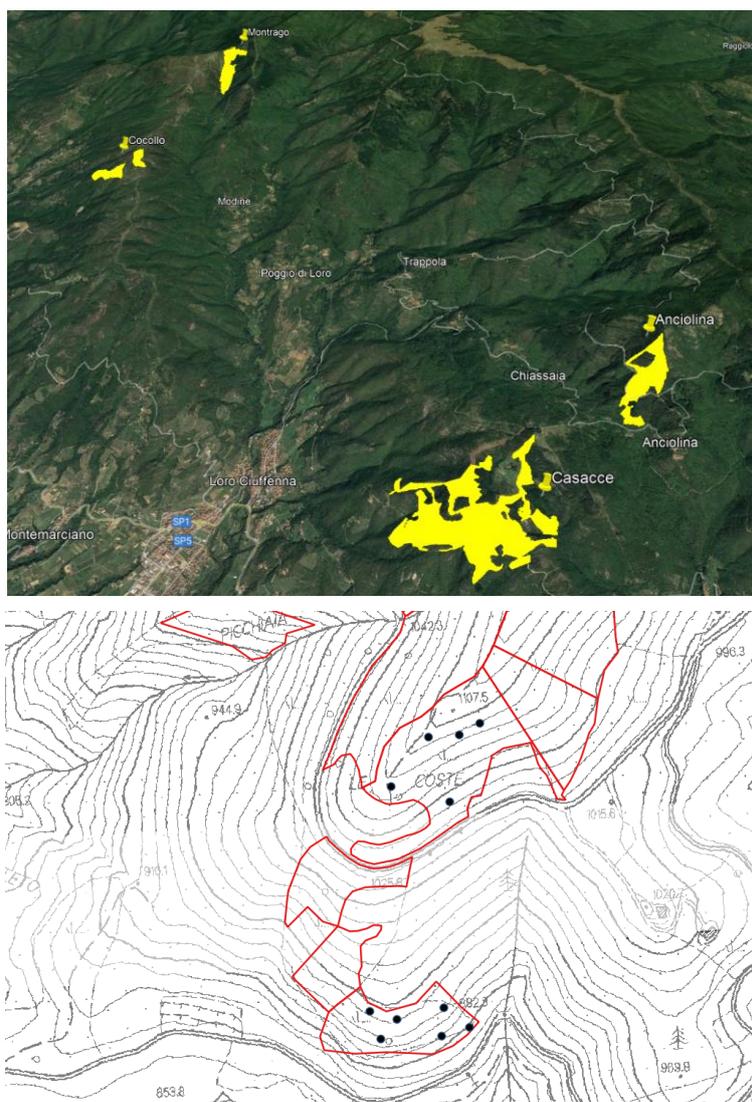


Figura 29: localizzazione sito Gubbiana-Sezione2 e localizzazione aree di saggio nel trattamento C2

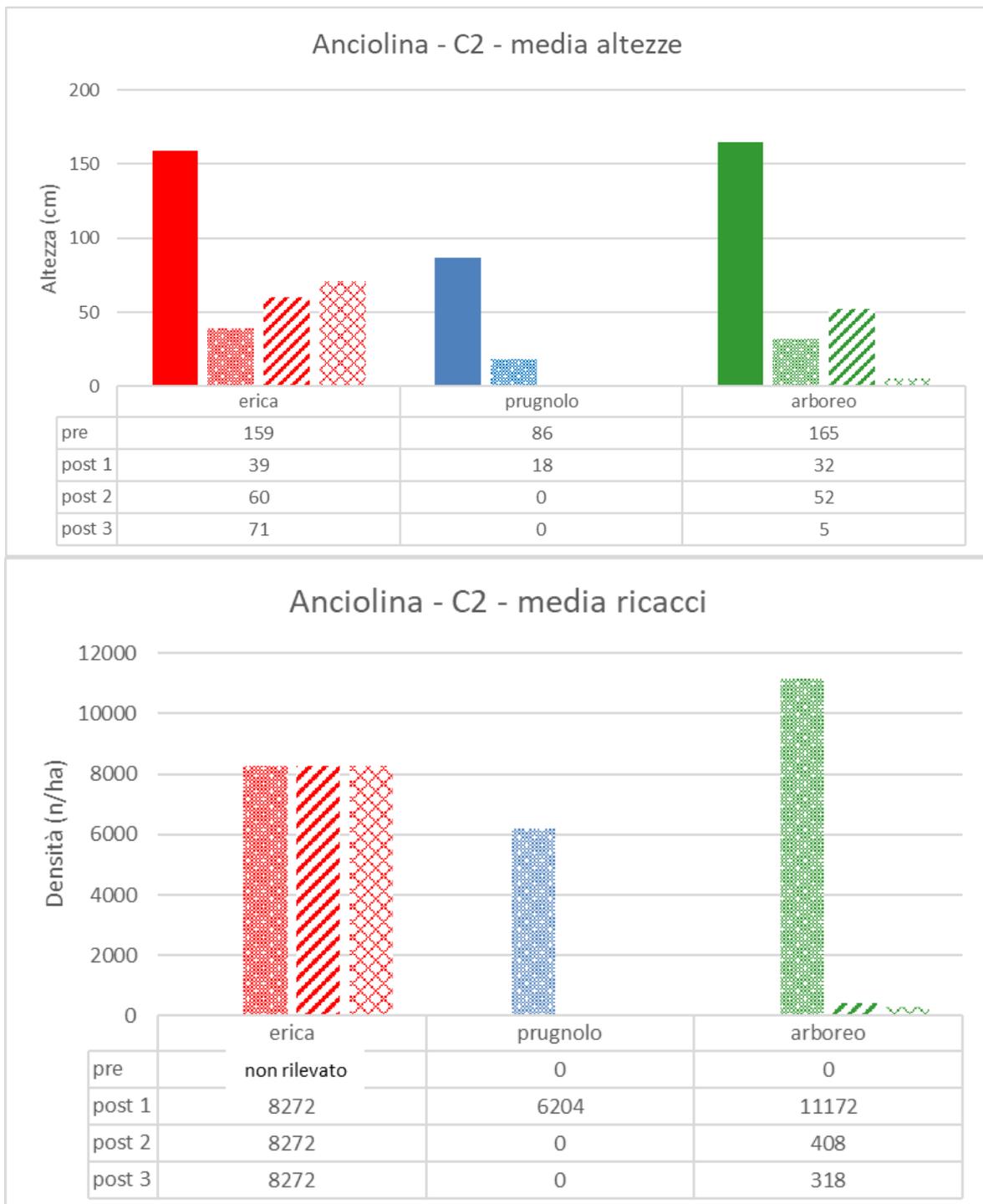


Figura 30: altezza media (sopra) e densità (sotto) della componente arbustiva “erica” e della componente arborea “prugnolo” e “arborea” (altre conifere e latifoglie) nella situazione di pre- e post-trattamento.

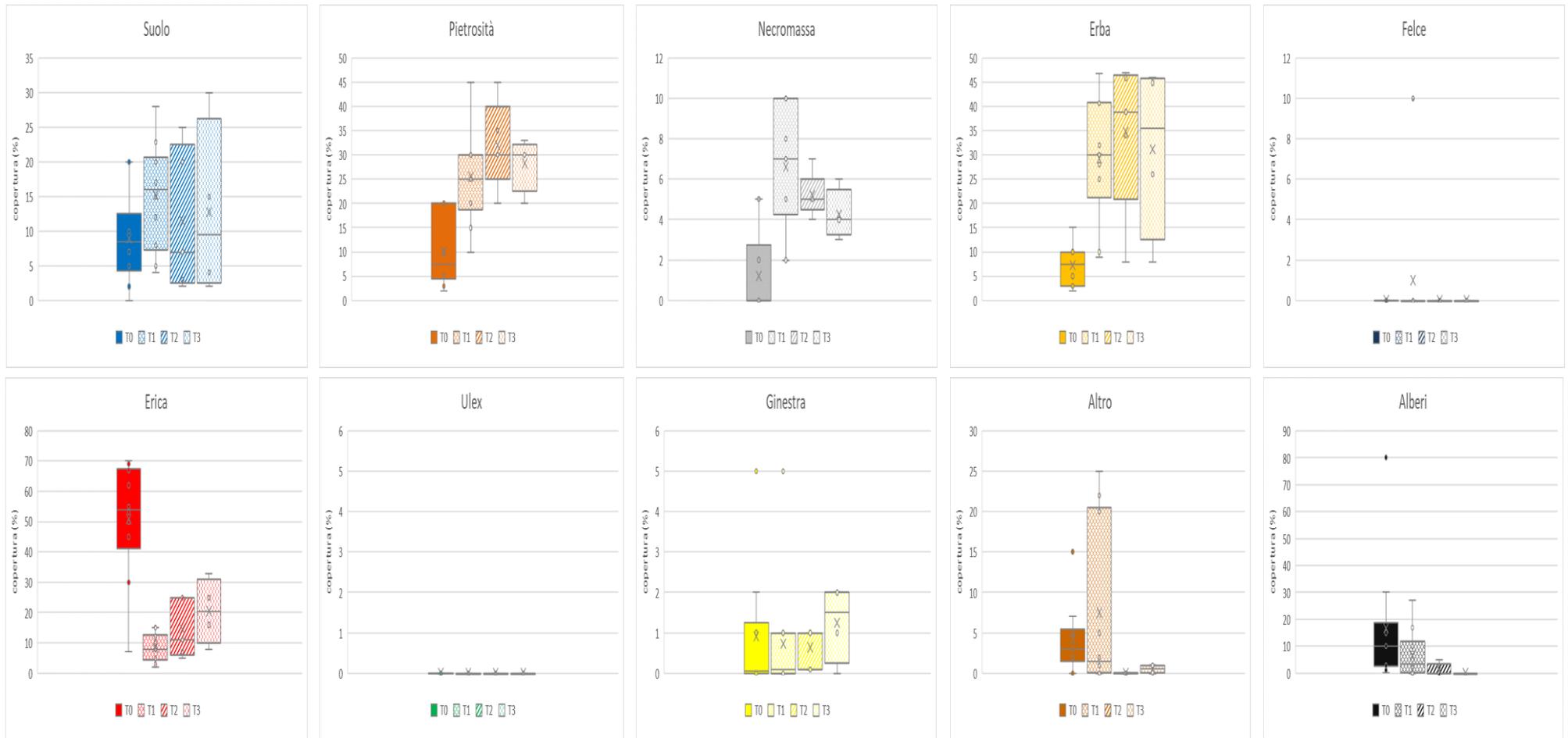


Figura31: grafici box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre- e post-intervento

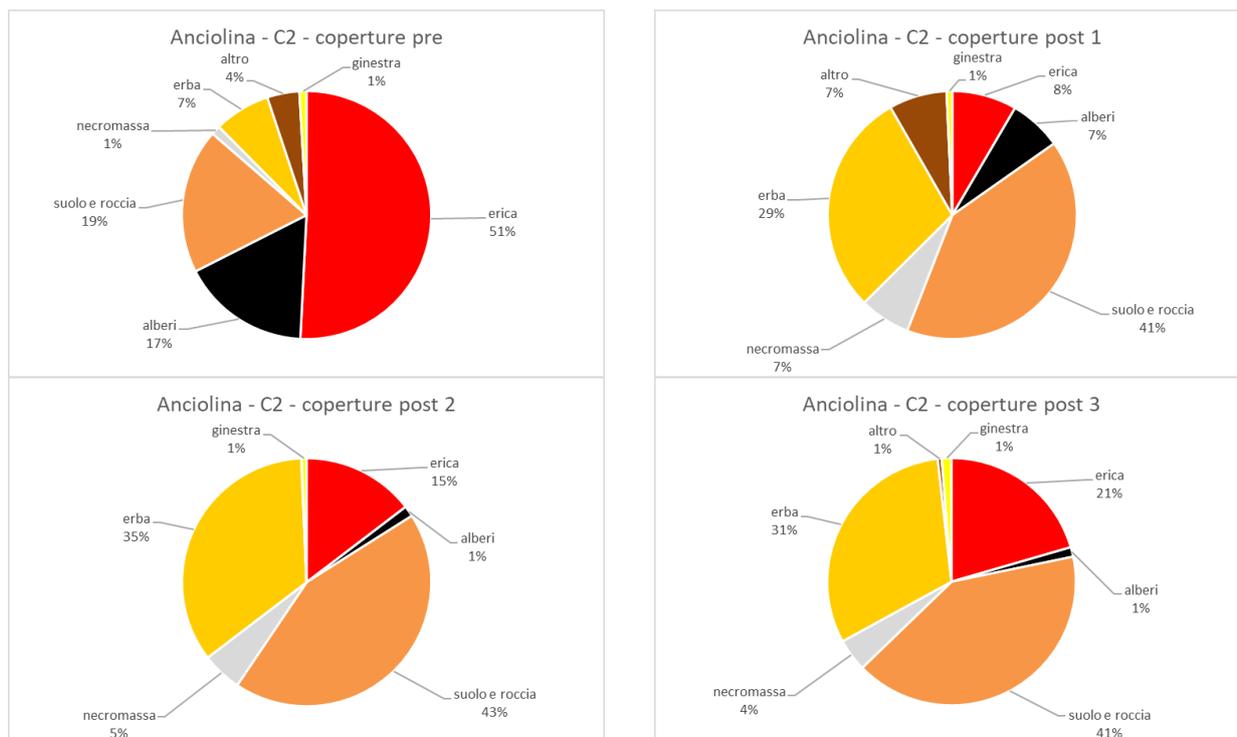


Figura32: grafico a torta che mostra la composizione percentuale della copertura nella situazione di pre- e post-intervento

Tabella 8: valori di volume e fitomassa dell'erica nelle aree di saggio con presenza di erica

ID area	Anciolina C2							
	Volume erica (m ³ / 1 m ²)				Fitomassa erica (kg / 1 m ²)			
	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Pre	Post 1	Post 2	Post 3
1838	0,53	0,02			1,68	0,14		
1846	0,65	0,03			1,97	0,16		
1887	0,06	0,01			0,33	0,06		
1899	0,81	0,02			2,32	0,15		
4630	0,74	0,04			2,18	0,24		
4735	0,55	0,00	0,01	0,03	1,73	0,04	0,10	0,18
4743	0,65	0,02	0,05	0,08	1,95	0,12	0,25	0,40
4744	0,56	0,04	0,12	0,14	1,75	0,24	0,52	0,60
4748	0,37	0,01	0,03		1,28	0,10	0,20	
4750	0,74	0,04	0,11	0,17	2,18	0,22	0,50	0,71
media	0,57	0,02	0,06	0,11	1,74	0,15	0,31	0,47
minimo	0,06	0,00	0,01	0,03	0,33	0,04	0,10	0,18
massimo	0,81	0,04	0,12	0,17	2,32	0,24	0,52	0,71

Aree Controllo

A fine estate del 2022 sono state monitorate inoltre le aree di saggio individuate come controllo ad inizio progetto e rilevate nell'anno 2017.

Le aree di controllo sono distribuite nei diversi siti secondo quanto riportato in tabella 9.

Sito	n° aree saggio
Casacce	10
Cocollo	5
Montrago	19
Gubbiana	6
Massa Nera	12
Monte Acuto	13
Totale	65

Tabella 9: distribuzione aree di saggio controllo nei siti studio

Gli accrescimenti medi in altezza, nel periodo 2017-2022, sono stati per l'erica di 35 cm (7cm/anno), per il prugno di 5 cm (1 cm/anno) e per la componente arborea di 100 cm (20 cm/anno) (Figura 33).

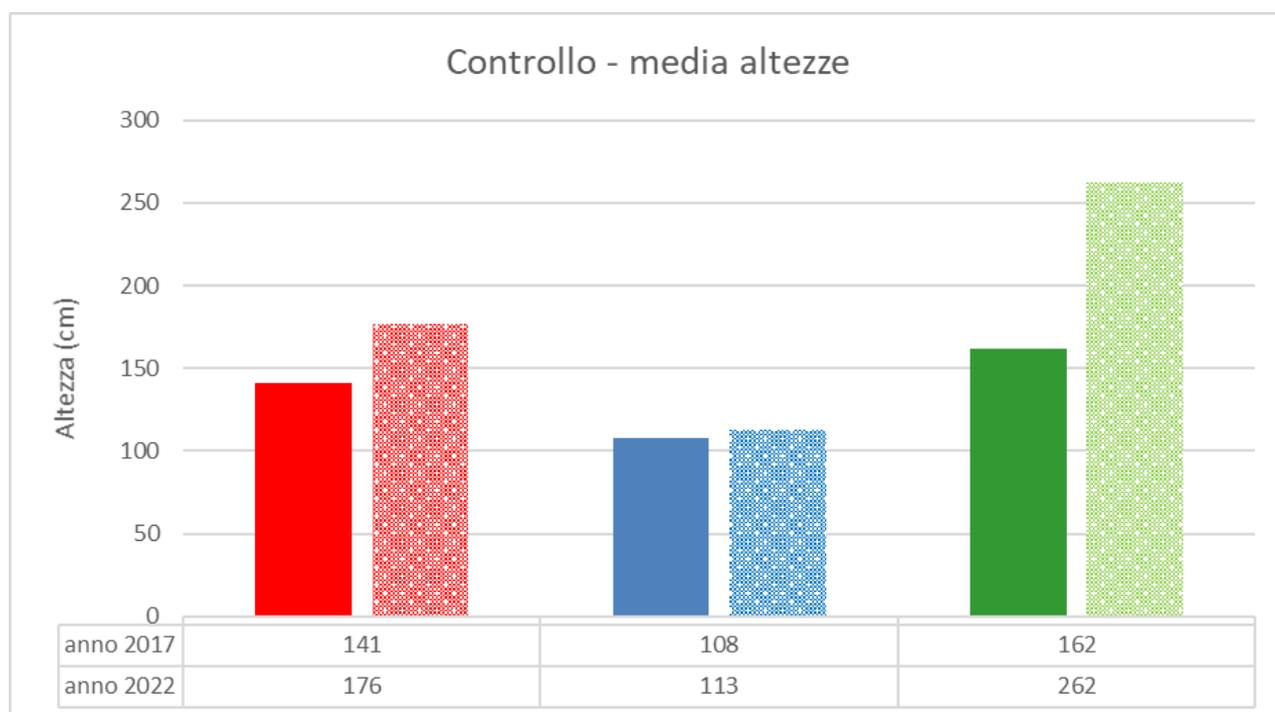


Figura 33: altezza media (sopra) e densità (sotto) della componente arbustiva "erica" e della componente arborea "prugno" e "arborea" (altre conifere e latifoglie) nella situazione 2017 e 2022

L'orniello, che prevale in assoluto in termini di composizione specifica nella componente arborea, evidenzia la sua potenzialità di sviluppo, oltre al valore di accrescimento in altezza, anche con lo sviluppo radiale della chioma, che incide sul grado di copertura. I grafici di seguito (Figure 34 e 35) evidenziano infatti un generale incremento della percentuale di copertura della componente arborea (dal 12 al 15%), a scapito principalmente di erba (dal 15 al 12%) ed erica (dal 59 al 55%). L'incremento della necromassa (dall'1 al 4%) è attribuibile in prevalenza alla mortalità dei polloni di erica nelle formazioni più vecchie. L'incremento della percentuale di suolo è da imputarsi invece ad un incremento dei sentieramenti da parte degli ungulati selvatici associata ad una attività di grufolamento a scopo alimentare.

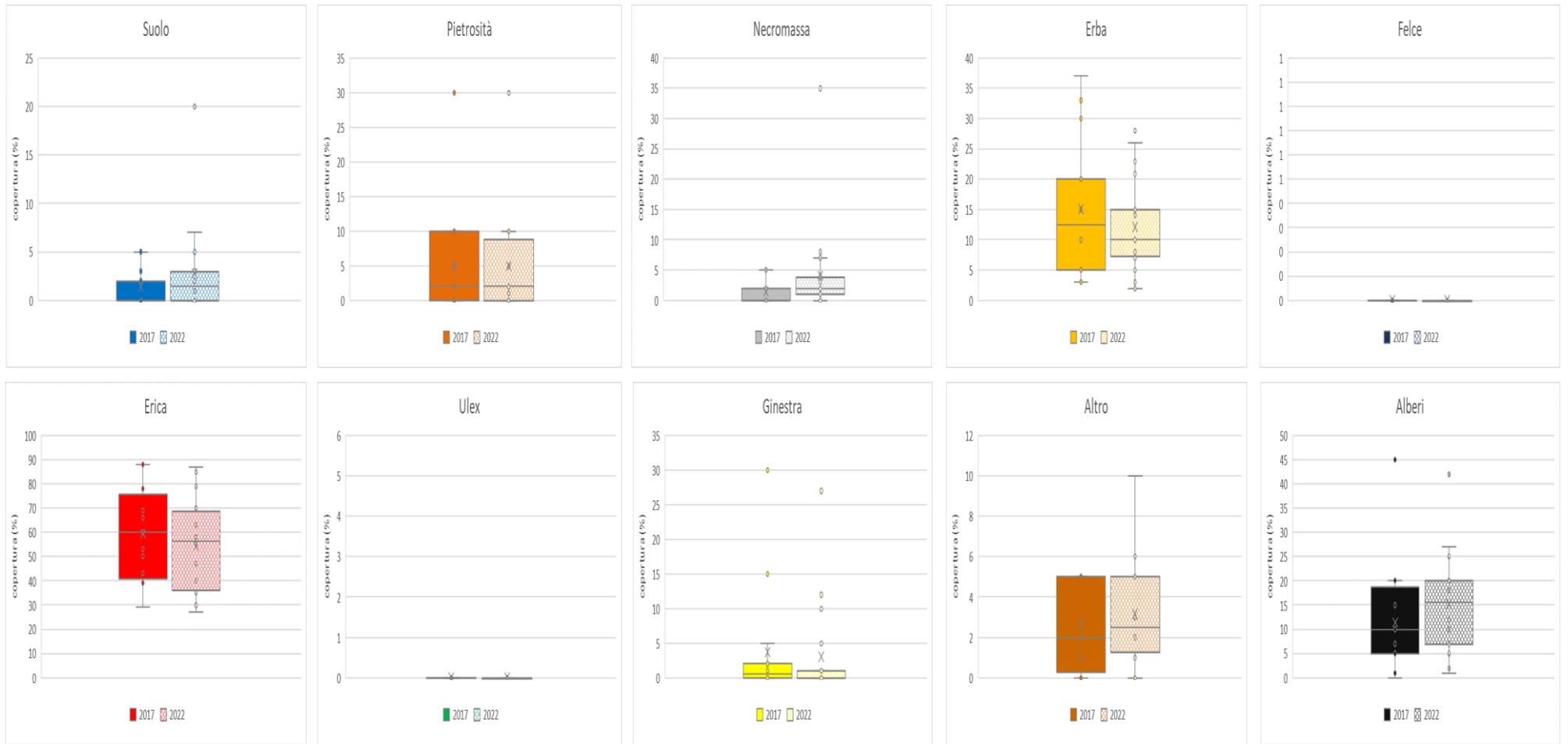


Figura34: grafici box plot che mostrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate (valore minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile, massimo) nelle situazioni di pre- e post-intervento

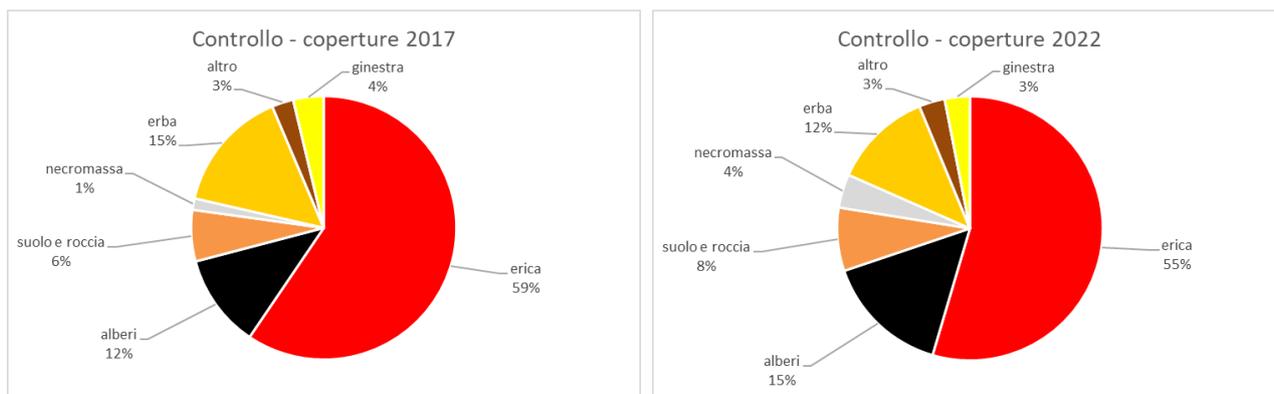


Figura 35: grafici che illustrano la distribuzione delle componenti della copertura nelle aree di saggio rilevate) nelle situazioni di pre- e post-intervento.

Confronto statistico fra i trattamenti

Obiettivi delle analisi

Le analisi statistiche sono state condotte con i seguenti obiettivi:

- 1) testare le differenze in termini di caratteristiche degli ericeti (copertura, fitomassa) a 1, 2 e 3 anni dopo i diversi tipi di trattamenti di taglio (meccanizzato, taglio manuale con rilascio di ramaglia, taglio manuale con abbruciamento in catasta) realizzati con le azioni C1 e C2, e di fuoco prescritto (azione C3) considerando le condizioni di partenza;
- 2) testare le differenze a 1, 2 e 3 anni dopo trattamenti di taglio e fuoco prescritto in termini di contenimento delle specie arboree;
- 3) analizzare le relazioni multivariate a tre anni dal trattamento tenendo in considerazione i diversi fattori influenti: trattamento, competizione fra specie erbacee, arbustive ed arboree.

Metodi di analisi

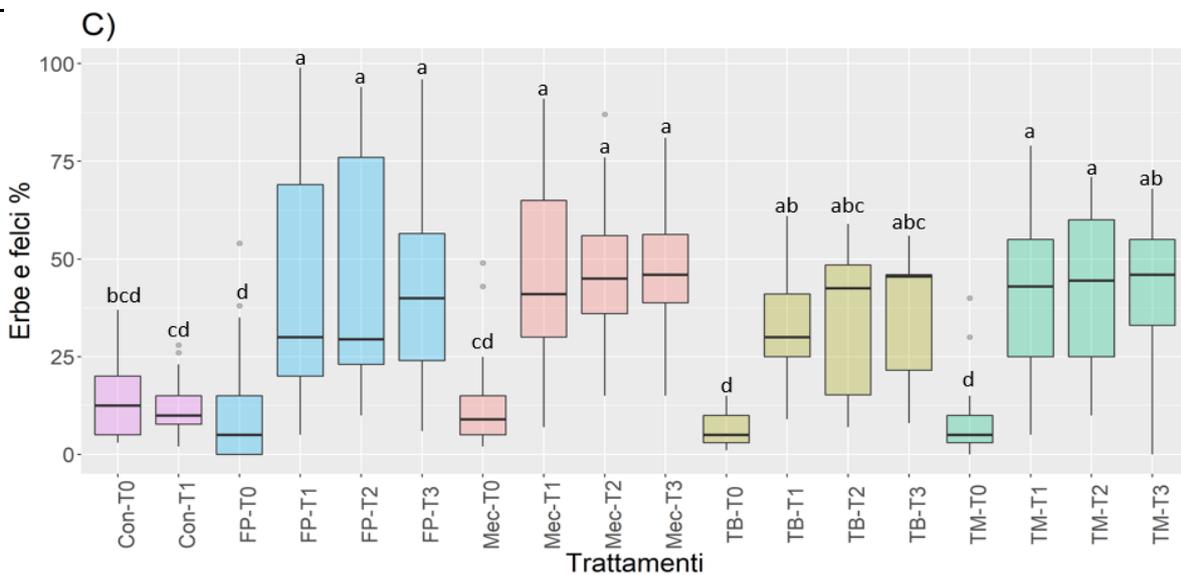
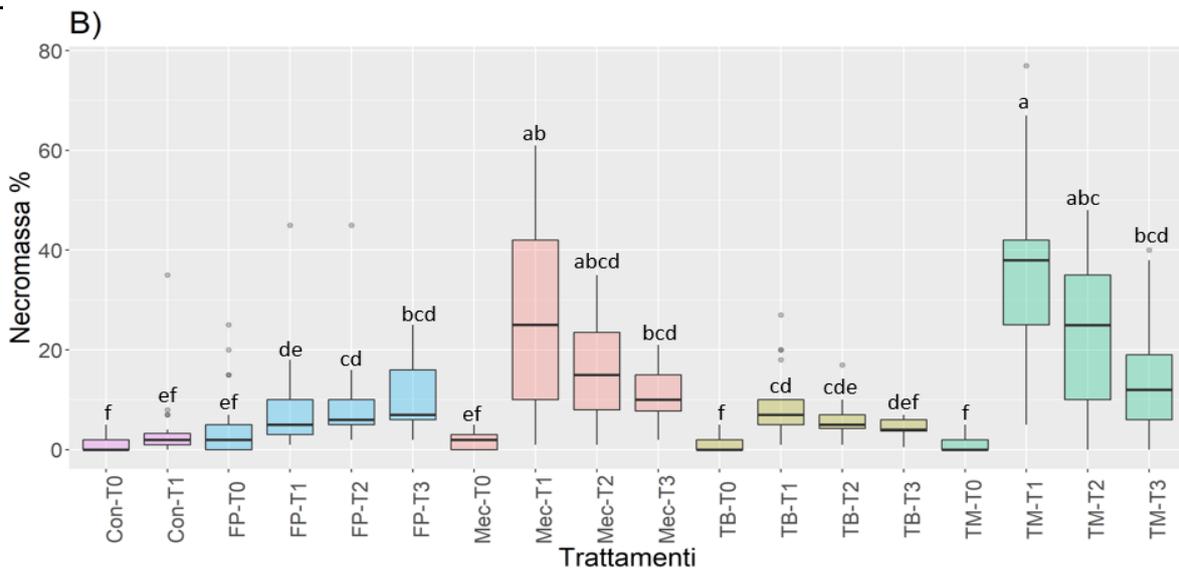
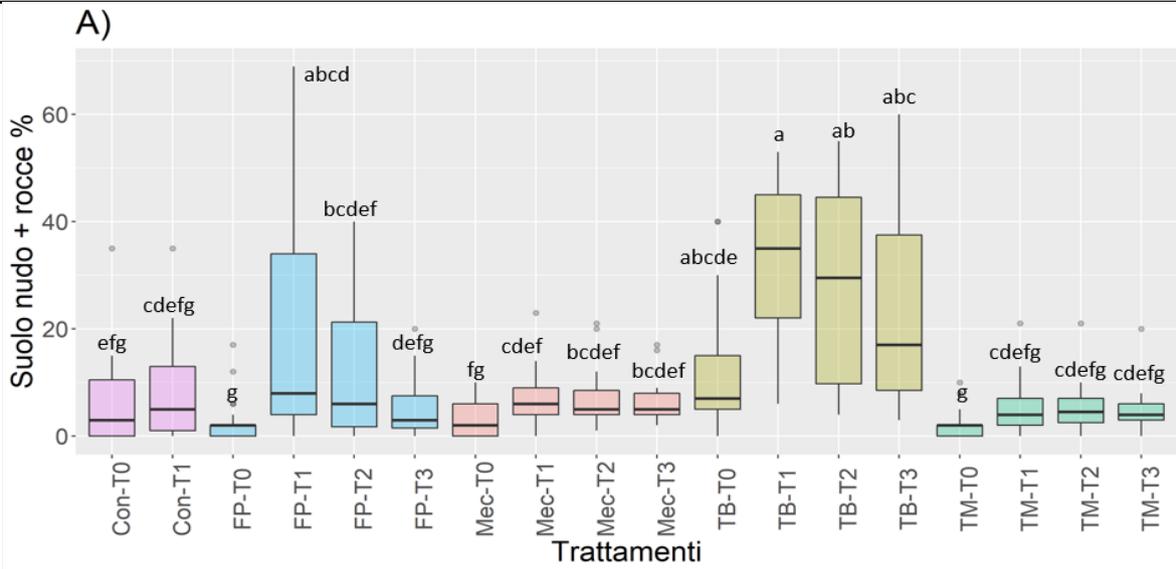
Per confrontare le caratteristiche degli ericeti prima e dopo i trattamenti di taglio e fuoco prescritto è stata utilizzata l'Analisi della Varianza ad una via (ANOVA). Questa analisi consente di testare differenze significative di una variabile fra diversi trattamenti (pre-intervento, taglio, fuoco prescritto). Per condurre le analisi è stata verificata l'omoschedasticità della variabile fra i diversi trattamenti, ovvero l'omogeneità della varianza, adottando il test di Levene. Inoltre, è stata verificata anche la normalità della distribuzione dei dati con il test di Shapiro-Wilk. In caso la normalità non fosse verificata, la variabile è stata trasformata con il logaritmo in base 10 o con l'arcoseno (i.e. esposizione). Si è adottato un livello di significatività dello 0.05. In

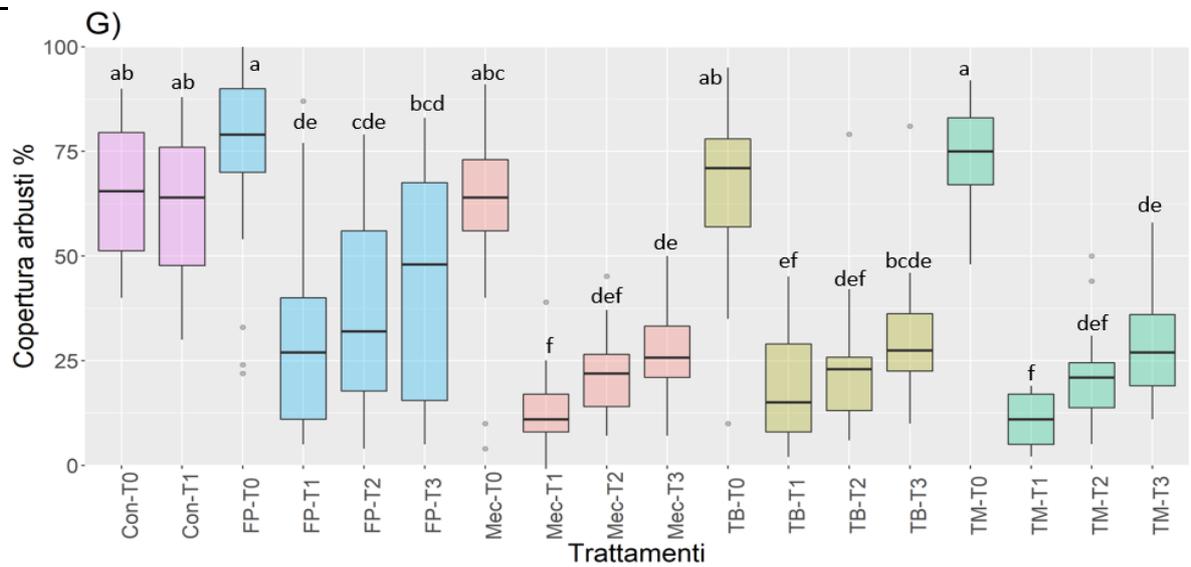
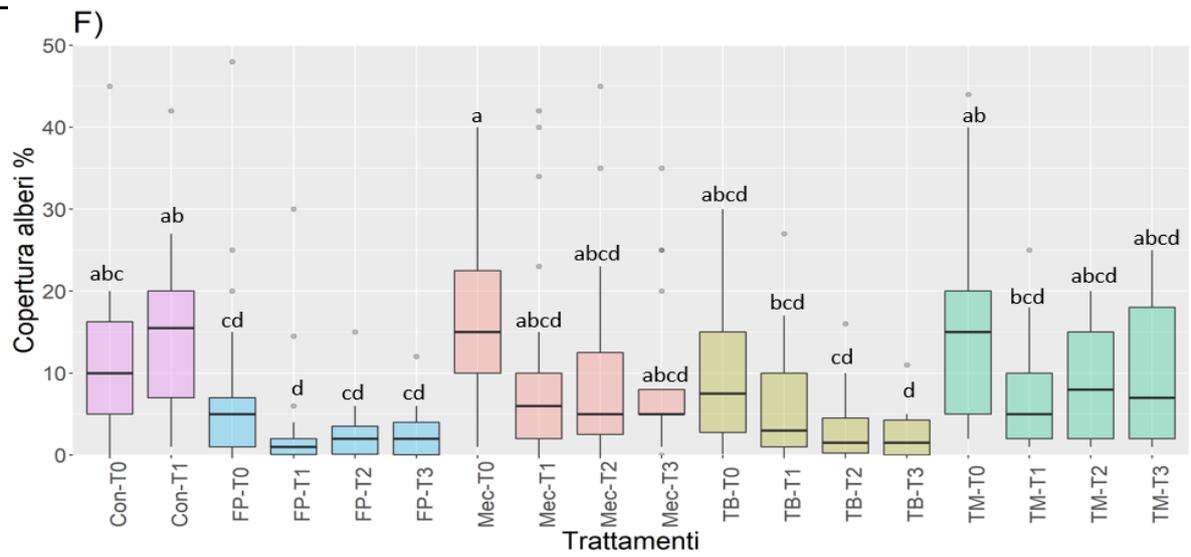
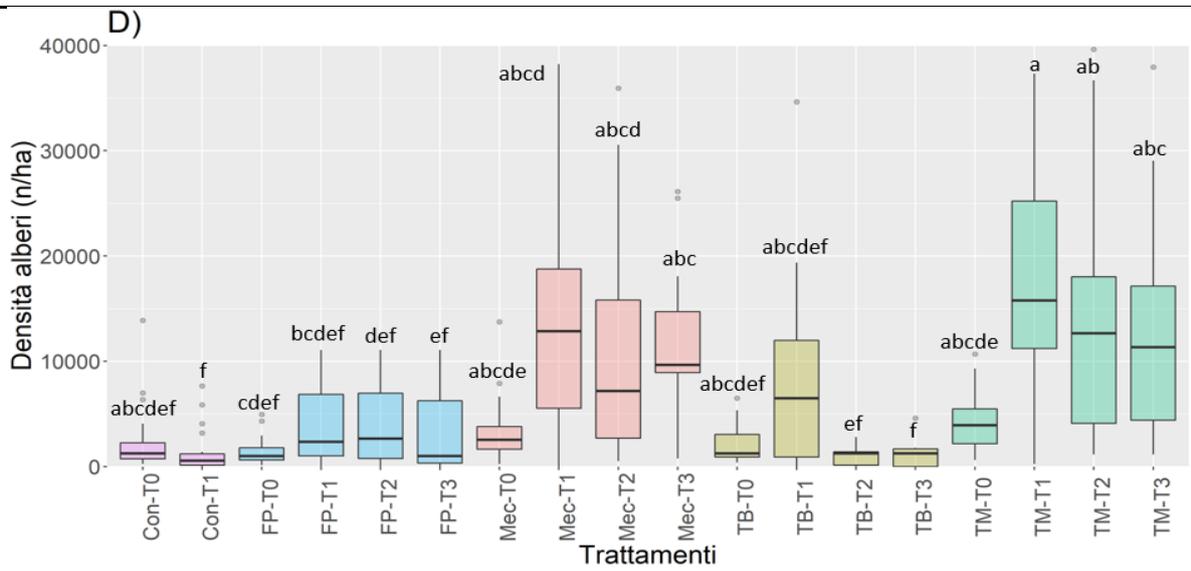
caso l'ANOVA verificasse differenze significative, è stato eseguito un test post-hoc LSD in modo da individuare quali trattamenti differiscono.

Sono state realizzate due Canonical Correspondence Analysis utilizzando i dati relativi rispettivamente a 1 anno e a 2 anni dai trattamenti, con la finalità di analizzare le relazioni multivariate fra i trattamenti ed il loro effetto sulle dinamiche di competizione della componente arbustiva, arborea ed erbacea in funzione anche del tempo dal trattamento. Questo tipo di analisi consente di mettere in relazione numerose variabili ambientali responsabili delle dinamiche ecologiche in atto (es. aspetti topografici, competizione alberi) con le variabili risposta che ci interessa studiare (es. abbondanza di arbusti, altezza dei ricacci di erica).

Confronto fra trattamenti: ricostituzione erica, controllo specie arborea

In Figura 36 vengono riportati i grafici box plot descrittivi la distribuzione delle variabili oggetto di studio al tempo T0 (pre-trattamento), e al tempo T1, T2 e T3, rispettivamente uno, due e tre anni dopo i trattamenti di taglio meccanizzato (Mec), taglio manuale con abbruciamento ramaglie (TB) e taglio manuale (TM) con rilascio necromassa (azioni C1 e C2), fuoco prescritto (azione C3), e controllo (Con). Per quanto riguarda il controllo, i rilievi sono stati effettuati all'inizio del progetto nel 2017 (T0) e nell'ultima stagione di rilievo nel 2022 (T1). I risultati della ANOVA, evidenziati con lettere diverse, mostrano le differenze significative fra trattamenti e tempi. Si osserva come il suolo nudo presenti un aumento significativo dal pre- al post-trattamento al tempo T1 sia nel taglio e fuoco prescritto (Figura 36a). Sebbene al tempo T2 la riduzione del suolo nudo sia più marcata nelle aree trattate con il fuoco prescritto rispetto al meccanizzato, si osserva come al tempo T3 non ci siano differenze significative. Il trattamento del taglia e brucia (TB) è quello che mostra la maggiore riduzione della copertura al suolo, ma anche in questo caso si osserva una graduale diminuzione di questa variabile al tempo T3. La dinamica della necromassa assume traiettorie molto differenziate: si ha un forte accumulo al suolo nelle aree meccanizzate che a mano a mano si degrada nel tempo (Figura 36b) e si osserva una persistenza della necromassa in piedi nelle aree a fuoco prescritto - che poi si rompe e si accumula negli anni, per arrivare al tempo T3 a valori che non mostrano differenze significative dal meccanizzato. Dopo i trattamenti si osserva un aumento della copertura delle specie erbacee a tre anni dai trattamenti (Figura 36c), anche se in regressione a causa dell'aumento della copertura degli arbusti in tutti i trattamenti (Figura 36g), mentre si ha una certa riduzione della componente arborea - anche se non fortemente significativa (Figura 36d, e, f). La copertura e l'altezza degli arbusti diminuiscono sensibilmente subito dopo i trattamenti (Figura 36g, h) ma, grazie al vigoroso ricaccio delle ceppaie di erica (il 99% delle ceppaie di erica ha ricacciato), la copertura arbustiva è in fase di ricostituzione e sembra più veloce nelle aree trattate con il fuoco prescritto, con valori di altezza dei ricacci sulle ceppaie che al T3 si attestano già al 50% dei valori iniziali.





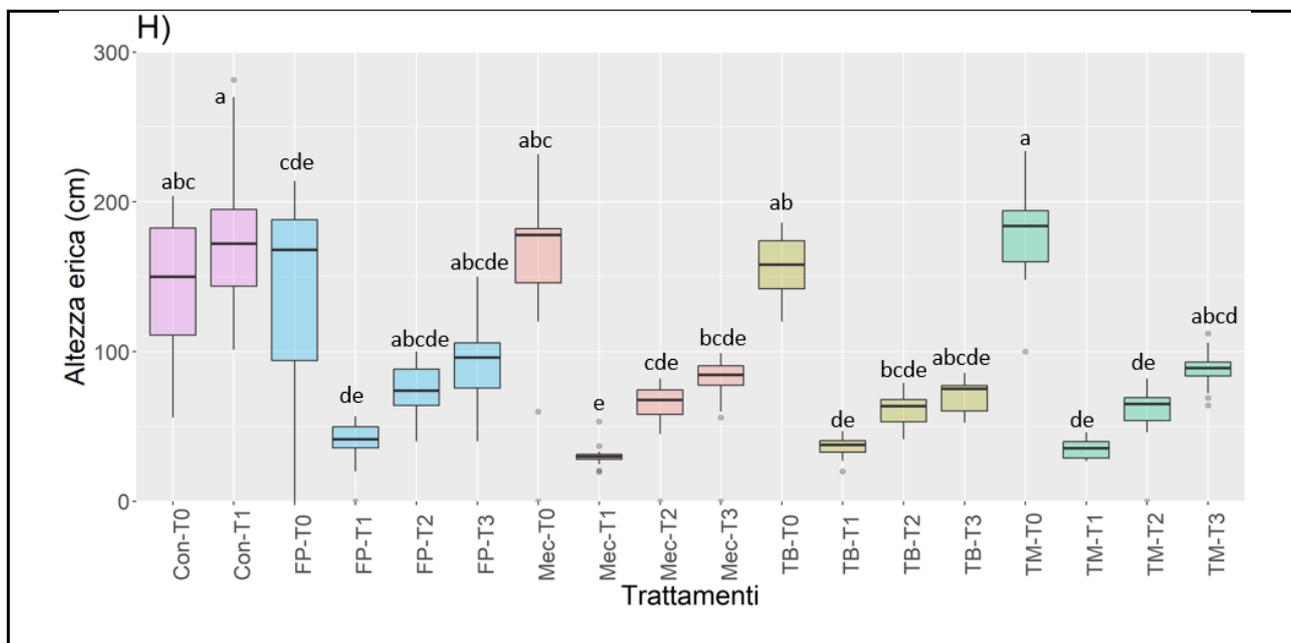


Figura 36 - Grafici box plot che mostrano la distribuzione delle variabili di interesse nei trattamenti di controllo (Con), fuoco prescritto (FP), meccanizzato (Mec), taglio manuale con abbruciamento ramaglia (TB), taglio manuale con rilascio necromassa (TM) prima (tempo T0) e dopo l'applicazione dei trattamenti (T1, T2, T3). Le variabili testate sono: a) copertura suolo nudo e rocce, b) copertura al suolo della necromassa, c) copertura della componente erbacea e di felci, d) densità ad ettaro degli alberi (escluso il prugnolo), e) densità del prugnolo ad ettaro, f) copertura arbusti, g) copertura arbusti, h) altezza dell'erica. Le lettere indicano i risultati del test post-hoc LSD per individuare le differenze significative delle variabili fra i diversi trattamenti e tempi dal trattamento.

Analisi multivariata

L'analisi multivariata (Figura 37) ha messo in evidenza un gradiente lungo il primo asse (Axis 1) di una maggiore presenza arborea in termini di altezze e una maggiore quantità di necromassa e di ricacci arborei post-trattamento, soprattutto di prugnolo, mentre l'asse è inversamente proporzionale alla componente arbustiva (maggiore numero di ceppaie, di ricacci e copertura verso i valori negativi dell'asse). Il secondo asse (Axis 2) mostra un gradiente di riduzione della componente arborea dal basso verso l'alto e di aumento della copertura arbustiva. Le aree a maggior densità di alberi e di prugnolo, ed a maggiore copertura e altezza della componente arborea, indicative di una maggiore competizione delle specie a portamento arboreo, si collocano in posizione tendenzialmente opposta alla presenza arbustiva con particolare riferimento all'erica. Questo asse indica da un lato un gradiente di fertilità stazionale, evidenziato anche dalla relazione inversa con la copertura di rocce indicativa di suoli più superficiali. È interessante notare come i poligoni indicativi dello spazio dei trattamenti in cui è stato usato il fuoco (fuoco prescritto, taglia e brucia) mostrino valori maggiori della copertura arbustiva, come messo in evidenza anche dall'ANOVA. In generale, i poligoni al tempo T3 si sovrappongono per ampie porzioni indicando l'assenza di sostanziali differenze dei due tipi di trattamenti nel breve termine (seconda stagione vegetativa dopo i trattamenti). Tuttavia, la necromassa è evidentemente più abbondante nelle aree tagliate per il rilascio dei residui a terra (Figura 38 - sinistra), mentre nelle aree trattate con il fuoco prescritto rimane in piedi (Figura 38 - destra).

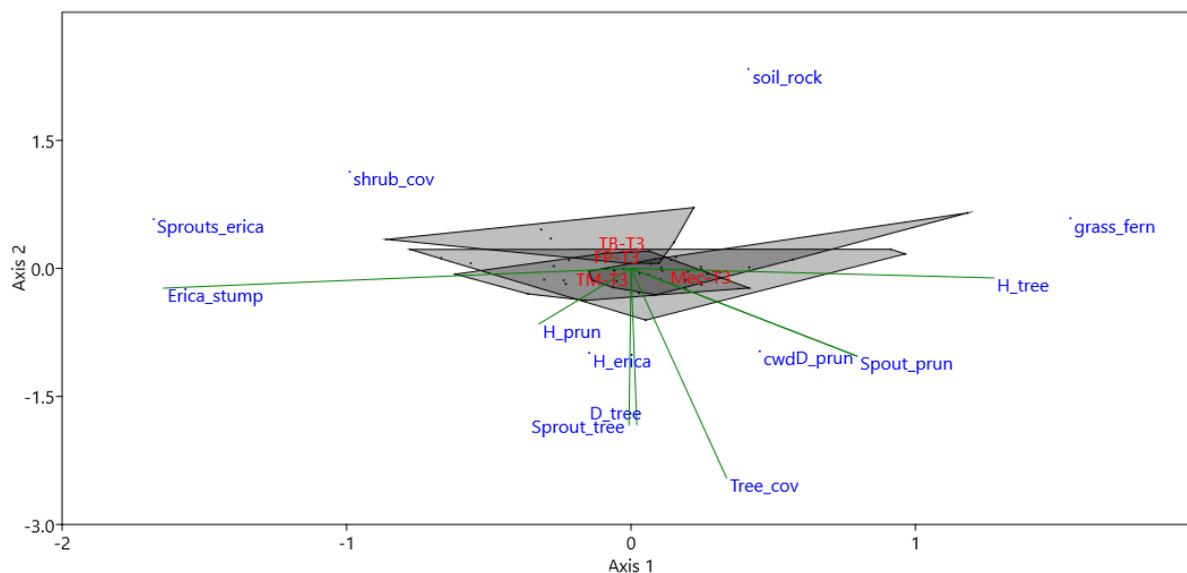


Figura 37 - Grafici biplot che mostrano il risultato della analisi multivariata Canonical Correspondence Analysis. I punti neri indicano le osservazioni. Le frecce verdi indicano la competizione delle specie arboree (D_tree: densità alberi ad ettaro; D_prunus: densità del prugnolo ad ettaro; H_tree: altezza alberi; H_prunus: altezza del prugnolo; Erica_stumps: densità delle ceppaie di erica pre-trattamento) che influiscono sulle variabili risposta (rocksoil: copertura di suolo nudo e rocce; cwd: copertura della necromassa; shrub_cov: copertura di erica ed altri arbusti; grass_fern: copertura di erba e felce; H_erica: altezza erica; Fitomassa: quantità di biomassa epigea per ceppaia di erica). I trattamenti fuoco prescritto (FP), meccanizzato (Mec), taglio manuale con abbruciamento ramaglia (TB), taglio manuale con rilascio necromassa (TM) al tempo T3 vengono riportati in rosso. I poligoni rappresentano la distribuzione nello spazio multivariato relativo ai plot nei trattamenti.



Figura 38 - Sinistra: effetto del taglio meccanizzato in ericeti al tempo T1 (sopra) e T2 (sotto) (si nota l'accumulo di necromassa al suolo); destra: effetto del fuoco prescritto in ericeti al tempo T1 (sopra) e T2 (sotto) (si nota come la necromassa rimanga elevata e non si accumuli nel breve periodo al suolo) e passi da un colore scuro subito dopo il fuoco prescritto ad un colore chiaro a 2 anni dal trattamento. Si osserva una minore esposizione di suolo nudo nel fuoco prescritto al tempo T2 come evidenziato dall'ANOVA.

Risultati caratterizzazione brughiere con indici a scala di paesaggio

I trattamenti di taglio e fuoco prescritto realizzati negli anni sono stati tutti caratterizzati da un forte ricostituzione della vegetazione. In Figura 39 viene mostrato il valore medio dell'indice NBR (Normalized burn ratio) e NDMI (Normalized Difference Moisture Index) prima della applicazione dei trattamenti nel 2017 ed alla fine dei trattamenti nel 2021 per tutta l'area di interesse del progetto Granatha. Entrambi gli indici mostrano valori simili a quelli di partenza per entrambi i trattamenti, con l'unica differenza che i valori di entrambi gli indici nelle aree trattate con il fuoco prescritto sono maggiori rispetto l'inizio dei trattamenti. Questo aspetto conferma i risultati osservati a terra di una maggiore vitalità del ricaccio delle ceppaie, dell'accrescimento in altezza e del recupero della copertura del suolo osservato nelle aree trattate con il fuoco prescritto rispetto alle aree trattate con il taglio manuale. Valori più alti di NDMI sono indicativi del livello di stress idrico della vegetazione e confermano quanto osservato in campo di condizioni più xeriche a seguito del taglio meccanizzato in quanto eliminando la necromassa epigea espone molto il suolo alla radiazione solare e quindi a perdite per evapotraspirazione, mentre il rilascio della necromassa in piedi dei trattamenti di fuoco prescritto consente un maggiore ombreggiamento che mantenendo dell'umidità al suolo contribuisce (assieme ad altri fattori: es. rilascio carbone nel terreno, stimolo della germinazione dei semi) a rendere più fertile l'area e quindi più veloce la ricostituzione.

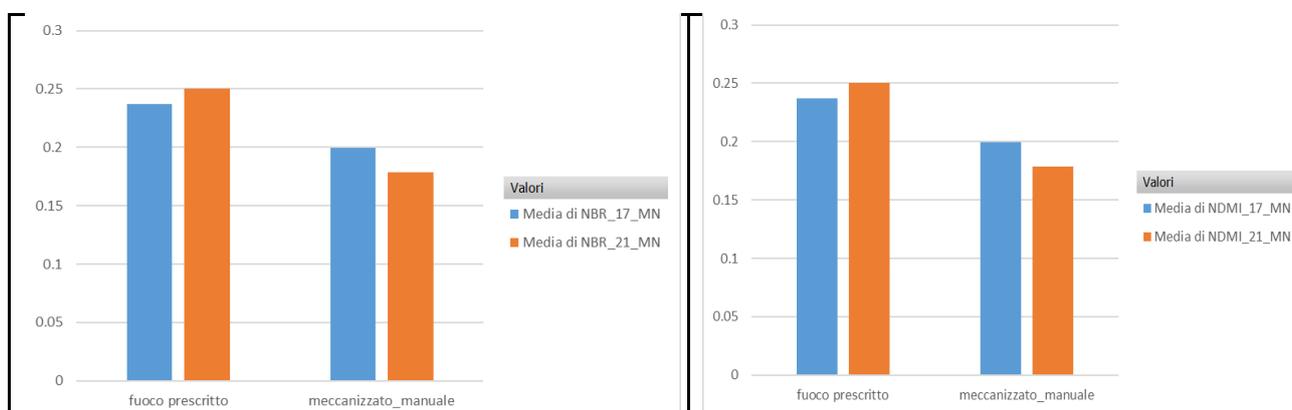


Figura 39: Valori medi di NBR (grafico di sinistra) e di NDMI (destra) prima della applicazione dei trattamenti nel 2017 (blu) e alla fine della loro applicazione nel 2021 (arancione) in tutte le aree interessate dal progetto. I trattamenti sono il fuoco prescritto e i tagli (meccanizzato e taglio assieme).

Il grafico in Figura 40 mostra come le classi di copertura percentuale delle aree di intervento siano sostanzialmente cambiate dal 2017 (Figura 40 - sinistra) al 2020 (Figura 40 - destra)¹. Nel 2020 le classi maggiormente rappresentate in termini di percentuale di superficie complessiva sono quelle dominate dall'erba, o dove l'erba è accessoria, seguite da quelle dominate dagli arbusti. Rispetto alle superfici percentuali nel 2017 (fig. 40 - sinistra) si osserva chiaramente l'effetto a scala di paesaggio nel breve periodo (1-2 stagioni vegetative) degli interventi, con un aumento della classe Erba_arbusti (fig. 40 - destra) soprattutto a carico delle classi Arbusti_arbusti - che dal 12% nel 2017 è sceso al 3% nel 2020 - e della classe Arbusti_foresta e Foresta_foresta - che hanno perso rispettivamente il 13% e 3%. La dinamica di ricostituzione degli arbusteti è rapida. Di conseguenza la classe Erbe_arbusti nei prossimi anni evolverà ad Arbusti_arbusti aumentando marcatamente la presenza di arbusteti aperti rispetto alle condizioni pre-progetto (Figura 41). In Figura 42 viene mostrato un estratto della carta dei cambiamenti in Normalized Vegetation Index (NDVI) dal 2017 al 2020 in alcune aree di intervento del progetto.

¹ Queste analisi fanno riferimento allo stato dei trattamenti al 2020 e quindi non includono gli effetti dei trattamenti realizzati nel 2021.

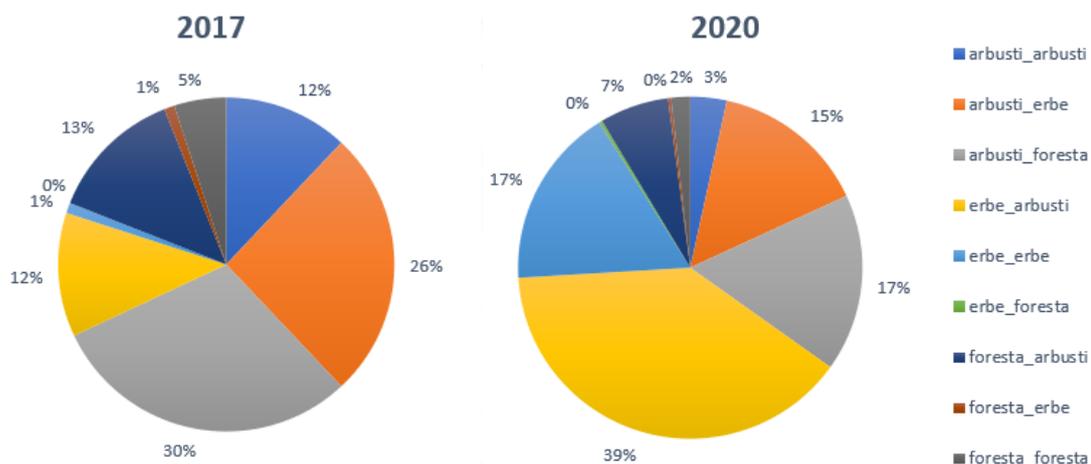


Figura 40: Percentuali di copertura al suolo di ognuna delle 9 classi nel 2017 (sinistra) e 2020 (destra)



Figura 41: Copertura al suolo di alla prima stagione vegetativa post-taglio (sinistra), classificata come Erba_erba, e alla seconda (destra), classificata come Erba_arbusti.

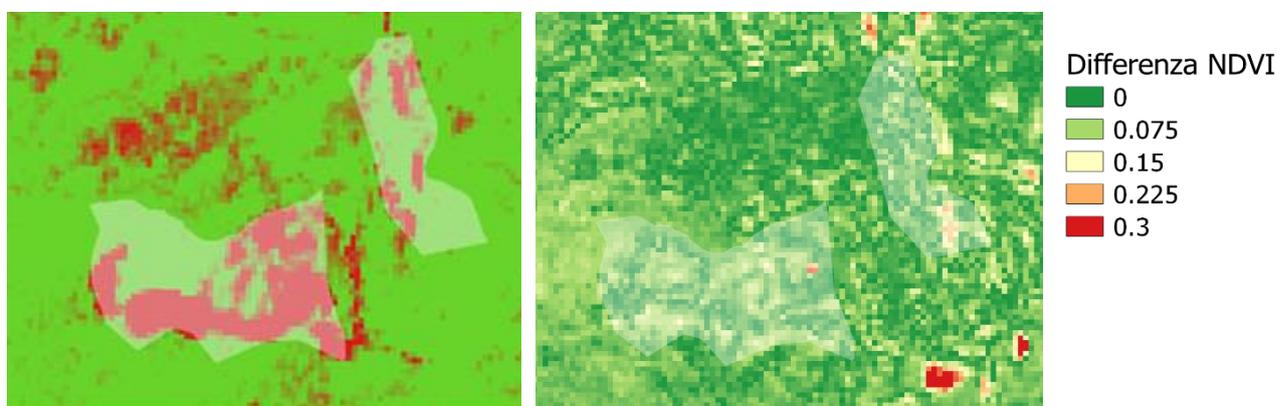


Figura 42: carta delle differenze in NDVI dal 2019 al 2017 (sinistra) e dal 2020 al 2017 (destra). Le aree in rosso indicano aree ad elevata differenza. In bianco trasparente vengono riportate le aree di intervento del progetto GRANATHA del sito del Coccollo in cui sono stati realizzati nella primavera del 2019 interventi di fuoco prescritto e taglio meccanizzato. Si osserva come al 2020 le differenze NDVI rispetto alle condizioni pre-progetto sono fortemente ridotte rispetto a quanto osservato nel 2019, indicativo di una pronta ricostituzione degli arbusteti.

La produttività complessiva del sistema di arbusteti, praterie e foreste del Pratomagno non è stata sostanzialmente modificata. Infatti, il Normalized Vegetation Index (NDVI) medio (ponderato sulla superficie delle *patch*) per le aree del progetto Granatha nel 2017 e nel 2020 è rispettivamente pari a 0,74 e 0,73.

Per quanto riguarda la diversità a scala di paesaggio, è stato calcolato il rapporto medio tra il perimetro e l'area (indice *p/A*) delle *patch* di ogni classe di copertura quale indicatore relativo alla complessità dei poligoni, e quindi alla diversità del paesaggio (vedi Deliverable D1). Valori più alti indicano maggiore complessità. Nella Tabella 10 vengono mostrati i valori medi e di deviazione standard del rapporto perimetro/area nelle diverse classi di copertura. Il valore più alto del rapporto *p/A* si osserva nella classe erbe_foresta seguito da erbe_arbusti. La media dell'indice *p/A* ponderata sulla superficie di ogni classe di copertura del suolo è di 0,08 sia per il 2017 che per il 2020.

Considerando un altro indicatore a scala di paesaggio indicativo di diversità, è stata calcolata la dimensione media delle *patch* arbustive classificate come Arbusti_arbusti, Arbusti_erbe e Arbusti_foresta che è risultata pari a 3291 e 4922 metri quadrati rispettivamente per il 2017 e 2020. La Figura 43 illustra la carta delle coperture delle aree di studio.

Tabella 10: Tabella riportante il valore medio e la deviazione standard del rapporto perimetro/area

<i>p/A</i>	MEDIA	DEV.ST
erbe_foresta	0.989	0.732
erbe_arbusti	0.732	5.080
erbe_erbe	0.512	1.144
arbusti_arbusti	0.478	0.877
arbusti_erbe	0.359	0.704
foresta_arbusti	0.356	0.462
arbusti_foresta	0.289	0.600
foresta_foresta	0.192	0.136
foresta_erbe	0.189	0.107

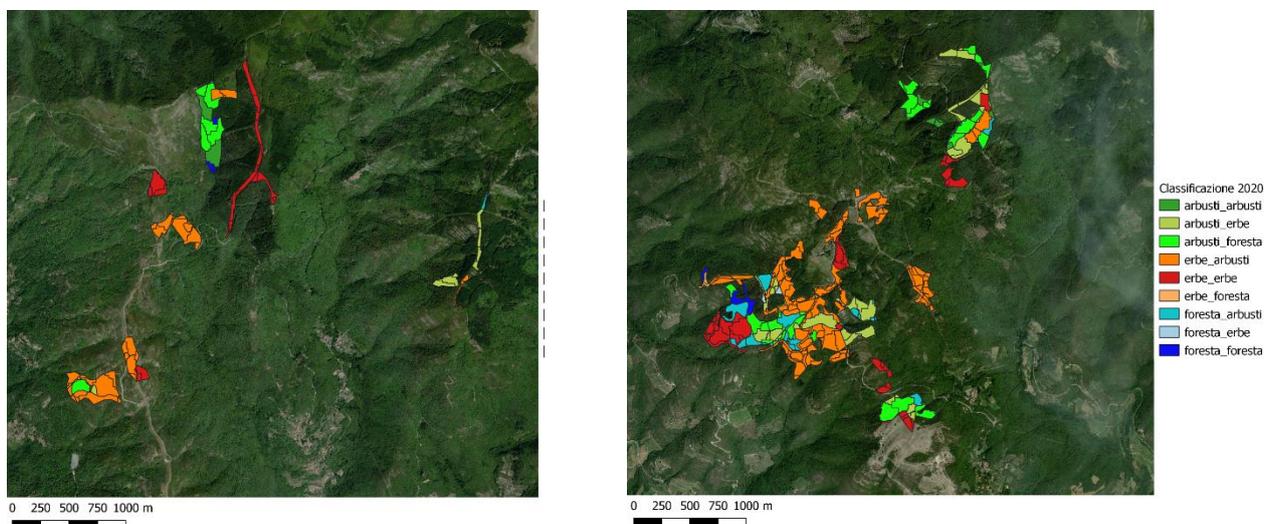


Figura 43: carta della copertura delle aree di studio: zoom NE (sinistra) e zoom SW (destra)

Caratterizzazione fitosociologica: rilievi 2022

Generalità

Il progetto interessa soprassuoli arbustivi a dominanza di ericacee (brughiere), riferibili all'habitat Natura 2000 4030 "Lande secche europee", presenti sul massiccio del Pratomagno nei comuni di Loro Ciuffenna e Castelfranco – Piandiscò in provincia di Arezzo.

Il progetto prevede il monitoraggio floro-vegetazionale annuale per 5 anni consecutivi delle cenosi arbustive interessate dal LIFE Granatha. Annualmente è stato previsto di monitorare, a partire anche in fase ante-operam, plot (aree di rilievo) ricadenti sia in soprassuoli oggetto di attività produttiva che in quelli non interessati dalla produzione di scope. Particolare attenzione è stata rivolta ai soprassuoli oggetto di fuoco prescritto. Almeno il primo anno è stato privilegiato il rilievo dei plot che prevedono la presenza opera di trappole per gli insetti.

Il monitoraggio ha come obiettivo la verifica della variazione della composizione sia delle cenosi oggetto di intervento che di quelle in fase di evoluzione naturale.

Il monitoraggio della componente floristico – vegetazionale è stato parzialmente sovrapposto a quello forestale. Riguardo a quest'ultimo, è stato previsto di non interessare tutti i punti del primo e in alcuni casi, assai sporadici, di eseguire nuovi rilievi diversamente posizionati.

Per ogni anno è stato previsto il monitoraggio di circa 40 plot.

Il periodo di rilievo, ad oggi, è stato quello estivo:

Nel 2017 luglio con 42 rilevamenti,

Nel 2018 giugno con 36 rilevamenti,

Nel 2019 giugno con 40 rilevamenti,

Nel 2020 giugno con 41 rilevamenti,

Nel 2021 giugno con 41 rilevamenti.

Complessivamente sono stati eseguiti 200 rilevamenti. Da quanto osservato giugno è senz'altro il periodo migliore per eseguire questo tipo di monitoraggio.

Materiali e metodi

Nella maggior parte dei casi il rilievo floristico è stato eseguito in corrispondenza dei plot utilizzati nei rilevamenti forestali. Il centro dei plot scelti per il nostro monitoraggio viene individuato e raggiunto con l'ausilio di GPS. Il centro dell'area è anche il punto dal quale si origina il nostro rilevamento. Per pochi punti forestali non è stato ritrovato il centro e ne è stato adottato un altro in modo il più possibile casuale.

Per ogni plot sono stati rilevati numero, data e principali valori geografici e fisici: coordinate geografiche, quota in m, pendenza in °, esposizione e copertura % stimata. Complessivamente è stato applicato il metodo Daget-Poissonet modificato in funzione dello scopo del lavoro. Dal centro, secondo un angolo coincidente con uno dei principali punti cardinali (N, E, S, O) verificato con bussola, è stata orientata e stesa una canna di 5 metri di lunghezza e graduata ogni 20 cm per complessive 25 letture. Per ogni lettura sono state annotate le specie vegetali che erano presenti sulla verticale. Ogni frequenza ha assunto un valore del 4%. Nel caso in

cui fossero assenti piante, il valore è stato riferito al suolo nudo. La nomenclatura delle specie vegetali ha seguito, salvo eccezioni, la Flora d'Italia di S. Pignatti (1982). A seguire è riportata una scheda di rilevamento.

Rilievo n.				
Data				
Coordinate GPS:				
Direzione della canna				
Quota m				
Pendenza °				
Esposizione				
Copertura totale %				
Specie	Specie	Specie	Specie	Specie
20				
40				
60				
80				
100				
120				
140				
160				
180				
200				
220				
240				
260				
280				
300				
320				
340				
360				
380				
400				
420				
440				
460				
480				
500				

Ogni rilievo è stato poi riportato su un foglio excel con annotazione delle piante presenti ogni 20 cm come nell'esempio che segue riferito al rilievo 38 del 2017.

Specie	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	Totale	
Brachypodium rupestre (Host) R. et S.																		x	x	x	x	x	x	x	x	32	
Erica scoparia L.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				88	
Festuca inops De Not.														x	x											8	
Rubus canescens DC.																									x	x	8
Spartium junceum L.														x	x	x	x	x	x	x	x	x				36	
Totale																										172	

Per tutti i rilevamenti sono stati calcolati:

- Copertura = K;
- Specie presenti = S n;
- Indice di diversità secondo Shannon = SH;
- Indice di equiripartizione secondo Evenes = J;
- Indice di dominanza o di Simpson = D.

Tutti i rilievi di ciascun anno sono stati raggruppati in un unico foglio, costruendo una matrice con tutti i rilievi eseguiti. Per ciascuna specie sono stati calcolati:

- Copertura media % = K;

In questo modo è stato possibile calcolare per i rilievi di ciascun'anno:

- Copertura media % = K;
- Indice di diversità o di Shannon (SH),
- Indice di equiripartizione secondo Evenes (J),
- Indice di dominanza o di Simpson (D),
- Specie indicatrici di luminosità (ILUM o L), scala 1-12,
- Numero complessivo di specie,
- Numero medio di specie presenti per rilievo.

Per valutare l'efficienza dell'habitat 4030, sono stati sommati i dati di tutti i 240 rilievi eseguiti e, per l'intero popolamento, sono stati calcolati:

Per ciascuna specie:

- Copertura media % = K;

In questo modo è stato possibile calcolare per l'intero popolamento al 2021:

- Copertura media % = K;
- Indice di diversità o di Shannon (SH),
- Indice di equiripartizione secondo Evenes (J),
- Indice di dominanza o di Simpson (D),
- Specie indicatrici di luminosità (ILUM o L), scala 1-12,
- Specie indicatrici di temperatura (T), scala 1-12,
- Specie indicatrici di umidità (U), scala 1-12,
- Specie indicatrici della reazione del terreno (R), scala 1-9,
- Numero complessivo di specie,
- Ricchezza floristica,
- Numero medio di specie presenti per rilievo
- Spettro biologico.

Per il calcolo di L, T, U, R e lo spettro biologico sono stati adottati i valori specifici di Ellenberg riportati da Pignatti S., Menegoni, P. & Pietrosanti, S. 2005: Biondicazione attraverso le piante vascolari. Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia. – Braun-Blanquetia 39: 1-97 (2005).

Relativamente agli interventi in corso, sono stati confrontati i principali indici calcolati appositamente per affinità colturale o di confronto:

- Copertura media % = K;
- Indice di diversità o di Shannon (SH),
- Indice di equiripartizione secondo Evenes (J),
- Indice di dominanza o di Simpson (D),
- Specie indicatrici di luminosità (ILUM o L), scala 1-12,
- Numero complessivo di specie,
- Ricchezza floristica,
- Numero medio di specie presenti per rilievo

Riferiti a:

1. Rilievi privi di intervento del 2017 ante-operam (1,2,3,35,36,37,39,42,65,66) confrontati con rilievi senza intervento 2018-19 (1,2,3,35,36,37,39), e 2021 (42,65,66) nonché, sempre senza intervento 2019-2021 (124,130,131);
2. Rilievi con intervento di taglio in evoluzione principalmente da ante-operam:
 - ante-operam 2017 (27,28,30,36,37,38,40,41,43,47,48,62,63,64), 2018 (50,51,52,53,54,55) e 2019 (121,125,126,128,180,181,182,183,184,185) confrontati con:
 - rilievi post-operam nell'anno di taglio 2018 (41,43,47,48,56,57,58,59,61), 2020 (121,125,126,128) e 2021 (62,53,64, 180,181,182,183,184,185);
 - rilievi, post operam, 2 anno si taglio 2019 (56,57,58,61), 2020 (27,28,30,38,40,41,43,48) e 2021 (36,37,50,51,52,53,54,55,121,125,126,128);
 - rilievi, post operam, 3 anno si taglio 2020 (56,57,58,61) e 2021 (27,28,30,38,40,41,43,48);
 - rilievi, post operam, 4 anno si taglio 2021 (56,57,58,61).
3. Rilievi con intervento di abbruciamento con fuoco prescritto in evoluzione principalmente in post-operam:
rilievi post operam nell'anno dell'abbruciamento 2018 (171,172,173), 2019 (104,107,110,117,119,123) e 2020 (1c,2c,3c,4c,5c,6c,7c) con rilievi post operam al secondo anno 2020 (107,110,117,119,123).

L'adozione di indici permette confronti durante l'intera campagna di monitoraggio anche in funzione dell'evoluzione dei soprassuoli produttivi o di quelli interessati da fuoco prescritto.

Risultati

I 42 rilievi eseguiti nel **luglio 2017** sono stati tutti ante-operam (Tabella 11). Le specie censite sono state 52. La media di specie censite è stata 6,9 unità (tab. 14). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è *Erica arborea*, seguono *Brachypodium rupestre*, *Prunus spinosa*, *Festuca inops*, *Cytisus scoparius*, *Rubus canescens*, *Spartium junceum*, *Crataegus monogyna* e *Teucrium chamaedrys* (Tabella 13). Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 187. Indice di diversità di Shannon (SH) 3,5, Indice di equiripartizione di Evenes (J) 0,6, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,2, indice di luminosità (ILLUM) 6,8.

I 36 rilievi eseguiti nel **giugno 2018** sono stati ripartiti in 23 plot ante-operam e 13 plot post-operam di questi 10 a seguito di taglio colturale e 3 di fuoco prescritto. Le specie censite sono state 85. La media di specie censite è stata 7.8 unità (Tabella 14). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è

Erica arborea, seguono *Brachypodium rupestre*, *Agrostis tenuis*, *Pteridium aquilinum*, *Prunus spinosa*, *Cytisus scoparius*, *Spartium junceum*, *Bromus erectus*, *Rubus canescens* e *Teucrium chamaedrys*. Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 159. Indice di diversità di Shannon (SH) 3,9, Indice di equiripartizione di Evenes (J) 0,6, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,2, indice di luminosità (ILLUM) 6,9.

I 40 rilievi eseguiti nel **giugno 2019** sono stati ripartiti in 21 plot ante-operam e 19 plot post-operam di questi 13 a seguito di taglio colturale e 6 di fuoco prescritto. Le specie censite sono state 75. La media di specie censite è stata 7,0 unità (Tabella 14). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è *Erica arborea*, seguono *Brachypodium rupestre*, roccia o terra nuda, *Pteridium aquilinum*, *Rubus canescens*, *Prunus spinosa*, *Bromus erectus*, *Festuca inops*, *Anthoxantum odoratum* (tab. 3). Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 125. Indice di diversità secondo Shannon (SH) 3,7, Indice di equiripartizione secondo Evenes (J) 0,6, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,1, indice di luminosità (ILLUM) 7,3.

I 41 rilievi eseguiti nel **giugno 2020** sono stati ripartiti in 5 plot testimone e 36 plot post-operam di questi 24 a seguito di taglio colturale e 12 di fuoco prescritto. Le specie censite sono state 83. La media di specie censite è stata 9,3 unità (Tabella 14). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è *Erica scoparia*, seguono *Brachypodium rupestre*, *Bromus erectus*, *Rubus canescens*, roccia o terra nuda, *Festuca inops*, *Anthoxantum odoratum*. Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 138. Indice di diversità secondo Shannon (SH) 4,3, Indice di equiripartizione secondo Evenes (J) 0,7, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,2, indice di luminosità (ILLUM) 7,2.

I 41 rilievi eseguiti nel **giugno 2021** sono stati ripartiti in 6 plot testimone e 35 plot post-operam a seguito di taglio colturale. Le specie censite sono state 77. La media di specie censite è stata 8 unità (Tabella 14). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è *Erica scoparia*, seguono *Brachypodium rupestre*, *Bromus erectus*, *Rubus canescens*, roccia o terra nuda, *Festuca inops*, *Anthoxantum odoratum*. Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 127. Indice di diversità di Shannon (SH) 3,9, Indice di equiripartizione di Evenes (J) 0,6, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,2, indice di luminosità (ILLUM) 7.

I 200 rilievi eseguiti nei cinque anni di monitoraggio sono stati anche elaborati e valutati in modo univoco in modo da rappresentare, incluse le sovrapposizioni, un habitat in rapporto dinamico con l'uomo e l'ambiente. Le specie censite sono state 158. La media di specie censite è stata di 7 unità (Tabella 15). La specie più significativa per abbondanza (copertura %) e frequenza è *Erica arborea*, seguono *Brachypodium rupestre*, roccia o terra nuda, *Pteridium aquilinum*, *Rubus canescens*, *Prunus spinosa*. Copertura media, esclusa la % di suolo nudo, è % (K) 147, Indice di diversità secondo Shannon (SH) 4,2, Indice di equiripartizione secondo Evenes (J) 0,6, indice di dominanza o di Simpson (D) 0,1, Indice di luminosità (L) 6,8, indice di temperatura (T) 6,1, indice di umidità (U) 3,2 e indice di reazione (R) 3,2.

La roccia o terra in totale occupa il 3,8% delle aree rilevate ed è già stata decurtata dalla copertura e dal valore di diversità. Lo spettro biologico complessivo è così costituito:

Spettro Biologico	n.	%
Camefite (Ch)	9	5,7
Geofite (G)	4	2,5
Emicriptofite (H)	83	52,3
Fanerofite (P)	28	17,7
Terofite (T)	34	21,5

Confrontando i rilievi eseguiti a distanza di anni diversi in plot posti in aree testimone (ante operam - Tabella 16), **si osserva che, relativamente ai principali indici ecologici, numero medio di specie e coefficiente di copertura, non si osservano particolari differenze.** Nel complesso e nel breve tempo di osservazione applicato si può dire che i consorzi invecchiati, come sono queste brughiere prima dell'utilizzazione in atto, si possono considerare stabili e sufficientemente ben definiti anche sotto l'aspetto ecologico.

Confrontando la Tabella 17, relativa al monitoraggio di plot eseguiti in soprassuoli ante operam e al monitoraggio degli stessi successivamente e per più anni dalla realizzazione dell'intervento di taglio, si osserva che:

- la copertura il primo anno dopo il taglio diminuisce per poi aumentare ed assestarsi;
- l'indice di Shannon aumenta per calare costantemente negli anni successivi e recuperare il valore ante operam;
- l'indice di equiripartizione e quello di dominanza di Simpson subiscono variazioni molto contenute;
- il numero di specie sia totale aumenta sensibilmente immediatamente dopo i trattamenti e rimane elevato fino al 2° anno;
- il numero di specie medio rilevato per plot aumenta sensibilmente immediatamente dopo i trattamenti rimane elevato fino al 4° anno;
- l'indice di luminosità aumenta sensibilmente il primo anno dopo i trattamenti per calare repentinamente già dal 2° anno e rimanere su valori assai simili.

L'indice di SH e il basso numero complessivo di specie relative al 4° dopo l'intervento risentono del modesto numero di plot monitorati.

Confrontando i rilievi eseguiti l'anno successivo alla applicazione del fuoco prescritto (anni 2018-19-20), si osservano indici di equiripartizione, dominanza, luce e copertura della fitocenosi simili a quanto rilevato il primo anno dopo il taglio. Rispetto al taglio sono, invece, minori sia l'indice di Shannon che il numero medio di specie rilevate in ciascun plot.

Analizzando 5 rilievi presenti sul Cocollo nel 2019 - ovvero il primo anno dopo l'applicazione del fuoco prescritto - e l'anno successivo (2020), nel secondo si osserva una fortissima ripresa vegetativa con aumento del numero medio di specie ed una riduzione del solo indice di luminosità.

Tabella 11 - Plot rilevati nei 5 anni di monitoraggio floristico in funzione del tipo di trattamento

Plot rilevati nei 5 anni di monitoraggio floristico in funzione del tipo di trattamento					
Plot	2017	2018	2019	2020	2021
1	No interv.		No interv.		
2	No interv.		No interv.		
3	No interv.		No interv.		
6	No interv.				
7	No interv.				
8	No interv.				
9	No interv.				
1c				Fuoco	
2c				Fuoco	
3c				Fuoco	
4c				Fuoco	
5c				Fuoco	
6c				Fuoco	
7c				Fuoco	
10	No interv.				
11	No interv.				
12	No interv.				
13	No interv.				
17		No interv.			
18		No interv.			
20		No interv.			

Plot rilevati nei 5 anni di monitoraggio floristico in funzione del tipo di trattamento					
Plot	2017	2018	2019	2020	2021
25		No interv.			
26		No interv.			
27	No interv.		Taglio	Taglio	Taglio
28	No interv.		Taglio	Taglio	Taglio
29		No interv.			
30	No interv.		Taglio	Taglio	Taglio
31		No interv.			
32		No interv.			
33		No interv.			
34			No interv.		
35	No interv.		No interv.		
36	No interv.	No interv.	Taglio		Taglio
37	No interv.	No interv.	Taglio		Taglio
38	No interv.		Taglio	Taglio	
39	No interv.		No interv.	Taglio	
40	No interv.		Taglio	Taglio	Taglio
41	No interv.	Taglio		Taglio	Taglio
42	No interv.			No interv.	No interv.
43	No interv.	Taglio		Taglio	Taglio
44	No interv.				
45	No interv.				
46	No interv.				
47	No interv.	Taglio			
48	No interv.	Taglio		Taglio	Taglio
49	No interv.				
50		No interv.		Taglio	Taglio
51		No interv.		Taglio	Taglio
52		No interv.		Taglio	Taglio
53		No interv.		Taglio	Taglio
54		No interv.		Taglio	Taglio
55		No interv.		Taglio	Taglio
56		Taglio	Taglio	Taglio	Taglio
57		Taglio	Taglio	Taglio	Taglio
58		Taglio	Taglio	Taglio	Taglio
59		Taglio			Taglio
60		Taglio			
61		Taglio	Taglio	Taglio	Taglio
62	No interv.				Taglio
63	No interv.				Taglio
64	No interv.				Taglio
65	No interv.				No interv.
66	No interv.				No interv.
67	No interv.				
68	No interv.				
69	No interv.				
70	No interv.				
97	No interv.				
98	No interv.				
100	No interv.				
101	No interv.				
104			Fuoco		

Plot rilevati nei 5 anni di monitoraggio floristico in funzione del tipo di trattamento					
Plot	2017	2018	2019	2020	2021
107			Fuoco	Fuoco	
110			Fuoco	Fuoco	
113			No interv.		
117			Fuoco	Fuoco	
119			Fuoco	Fuoco	
121			No interv.	Taglio	Taglio
123			Fuoco	Fuoco	
124			No interv.	No interv.	
125			No interv.	Taglio	Taglio
126			No interv.	Taglio	Taglio
128			No interv.	Taglio	Taglio
130			No interv.		No interv.
131			No interv.	No interv.	No interv.
132			Taglio	Taglio	Taglio
133			No interv.	No interv.	No interv.
134			Taglio	Taglio	Taglio
170		No interv.			
171		Fuoco.			
173		Fuoco.			
174		Fuoco.			
175		No interv.			
176		No interv.			
177		No interv.			
178		No interv.			
179		No interv.			
180			No interv.		Taglio
181			No interv.		Taglio
182			No interv.		Taglio
183			No interv.		Taglio
184			No interv.		Taglio
185			No interv.		Taglio

Tabella 12 - Numero di specie

Numero di specie rilevate per plot					
Plot	2017	2018	2019	2020	2021
1	9		8		
2	8		8		
3	12		6		
6	6				
7	5				
8	5				
9	9				
1c				4	
2c				12	
3c				12	
4c				12	
5c				7	
6c				5	
7c				11	
10	7				

Numero di specie rilevate per plot					
Plot	2017	2018	2019	2020	2021
11	5				
12	1				
13	6				
17		8			
18		6			
20		8			
25		6			
26		9			
27	8		14	12	8
28	5		12	12	11
29		10			
30	10		19	11	12
31		7			
32		5			
33		5			
34			5		
35	9		10		
36	6	14	12		11
37	5	5	14		9
38	5		5	9	
39	11		8	11	
40	3		5	8	7
41	11	12		8	6
42	6			9	6
43	5	12		9	4
44	6				
45	3				
46	10				
47	3	6			
48	5	6		3	1
49	8				
50		4		18	15
51		3		10	11
52		4		6	10
53		2		11	9
54		9		11	11
55		5		16	8
56		8	7	11	7
57		12	9	10	6
58		20	9	14	8
59		10			6
60		15			
61		9	6	15	12
62	10				11
63	5				6
64	9				6
65	10				9
66	5				3
67	8				
68	4				
69	11				

Numero di specie rilevate per plot					
Plot	2017	2018	2019	2020	2021
70	12				
97	10				
98	8				
100	3				
101	10				
104			12		
107			5	6	
110			4	4	
113			4		
117			4	6	
119			6	8	
121			2	13	7
123			4	9	
124			3	6	
125			4	9	9
126			8	16	9
128			5	7	5
130			3		3
131			9	8	8
132			12	12	6
133			5	10	6
134			9	9	7
170		7			
171		7			
173		4			
174		5			
175		6			
176		10			
177		10			
178		8			
179		14			
180			5		18
181			7		10
182			8		14
183			8		10
184			8		10
185			5		6
n. complessivo specie	52	85	75	83	76
media	6,9	7,8	7	9,3	8
Tipologia monitoraggio rilievi					
Aree ante-operam					
Aree post.operam (taglio)					
Aree post.operam (fuoco prescritto)					

Tabella 13 – Valori di copertura per le specie inclusa la roccia rilevate nei 200 plot

	2017	2017	2018	2018	2019	2019	2020	2020	2021	2021
Specie rilevata	K	F	K	F	K	F	K	F	K	F
		%		%		%		%		%
<i>Achillea millefolium</i> L.	0,7	0,4	0,1	0,1			0,2	0,1	0,1	0,1
<i>Acinos arvensis</i> (Schur) Dandy					0,6	0,4				
<i>Aegilops geniculata</i> Roth							0,2	0,1		
<i>Agrostis capillaris</i> L.	0,7	0,4	9,0	5,6	0,2	0,1	1,0	0,7		
<i>Aira caryophyllea</i> L.			0,2	0,1			0,4	0,3	0,6	0,5
<i>Allium sphaerocephalon</i> L.									0,1	0,1
<i>Anthemis arvensis</i> L.							0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Anthericum liliago</i> L.					0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	1,9	1,0	1,4	0,9	2,9	2,1	5,1	3,5	4,8	3,7
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	0,2	0,1							0,6	0,5
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.			0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2		
<i>Asperula purpurea</i> (L.) Ehrend.			0,1	0,1						
<i>Asplenium onopteris</i> L.							0,3	0,2		
<i>Avena fatua</i> L.					0,1	0,1				
<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) Beauv.					0,3	0,2				
<i>Brachypodium rupestre</i> (Host) R. et S.	26,5	14,0	15,4	9,5	14,6	10,7	13,3	9,2	14,7	11,3
<i>Briza maxima</i> L.	0,8	0,4	3,8	2,3	1,3	1,0	0,8	0,5	0,6	0,5
<i>Briza media</i> L.									1,1	0,8
<i>Bromus erectus</i> Hudson	1,5	0,8	4,2	2,6	4,5	3,3	9,4	6,5	11,2	8,6
<i>Bromus hordeaceus</i> L.			0,1	0,1					0,1	0,1
<i>Bromus sterilis</i> L.			0,2	0,1						
<i>Bupleurum baldense</i> Turra	0,2	0,1					0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	1,8	1,0	0,3	0,2	1,4	1,0	0,1	0,1		
<i>Campanula persicifolia</i> L.			0,1	0,1						
<i>Campanula rapunculus</i> L.			0,1	0,1						
<i>Carduus nutans</i> L.							0,1	0,1		
<i>Carex flacca</i> Schreber	0,1	0,1	0,2	0,1			0,2	0,1	0,3	0,2
<i>Carlina corymbosa</i> L.			0,1	0,1						
<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E. Hubb.					0,1	0,1				
<i>Centaurea arrigonii</i> Greuter	0,1	0,1					0,3	0,2	0,1	0,1
<i>Centaurea bracteata</i> Scop.			0,1	0,1						
<i>Centaurea cyanus</i> L.							0,1	0,1		
<i>Centaurea nigrescens</i> Willd.			0,1	0,1	0,3	0,2				
<i>Centaurea triumfetti</i> All.			0,1	0,1						
<i>Cerastium arvense</i> L.							0,7	0,5	0,3	0,2
<i>Cistus salvifolius</i> L.	1,2	0,7	0,6	0,3	0,2	0,1	1,0	0,7	0,4	0,3
<i>Clematis flammula</i> L.			0,4	0,3						
<i>Clematis vitalba</i> L.	1,0	0,6					0,3	0,2	0,1	0,1
<i>Cornus sanguinea</i> L.	0,2	0,1	0,3	0,2			0,1	0,1	0,2	0,2
<i>Cota tinctoria</i> (L.) J. Gay									0,2	0,2
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	5,0	2,7	1,0	0,6	1,4	1,0	1,2	0,8	1,6	1,2
<i>Crepis leontodontoides</i> All.			0,7	0,4	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6	0,5
<i>Cruciata glabra</i> (L.) Ehrend.					0,1	0,1	0,3	0,2	0,5	0,4
<i>Cruciata laevipes</i> Opiz.									0,2	0,2
<i>Crupina crupinastrum</i> (Moris) Vis.	0,2	0,1								
<i>Cynosurus cristatus</i> L.			0,1	0,1	0,1	0,1				
<i>Cynosurus echinatus</i> L.	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1			0,1	0,1

	2017	2017	2018	2018	2019	2019	2020	2020	2021	2021
Specie rilievata	K	F	K	F	K	F	K	F	K	F
		%		%		%		%		%
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	7,9	4,2	4,2	2,6	1,1	0,8	1,3	0,9	2,5	2,0
<i>Dactylis glomerata</i> L.	0,4	0,2	0,9	0,5	1,4	1,0	3,4	2,4	2,1	1,7
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	0,3	0,2	0,3	0,2					0,5	0,4
<i>Daucus carota</i> L.							0,1	0,1		
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin							0,2	0,1		
<i>Dianthus monspessulanus</i> L.	0,1	0,1								
<i>Dorycnium hirsutum</i> (L.) Ser.	0,1	0,1					0,1	0,1		
<i>Erica arborea</i> L.	0,4	0,2					0,3	0,2		
<i>Erica scoparia</i> L.	72,8	38,5	61,0	37,7	45,5	33,5	31,5	21,7	45,8	35,2
<i>Eryngium campestre</i> L.					0,1	0,1				
<i>Euonymus europaeus</i> L.	0,7	0,4			0,4	0,3	0,1	0,1		
<i>Festuca inops</i> De Not.	9,0	4,8	2,0	1,2	3,3	2,4	4,7	3,2	3,4	2,6
<i>Festuca rubra</i> L.			1,4	0,9						
<i>Filago gallica</i> L.			0,2	0,1						
<i>Filipendula vulgaris</i> Moen.			1,8	1,1	0,6	0,4			0,9	0,7
<i>Fragaria vesca</i> L.			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,5
<i>Fraxinus ornus</i> L.	2,6	1,4	1,6	1,0	2,0	1,5	2,0	1,3	1,5	1,1
<i>Galactites tomentosa</i> Moench			0,1	0,1						
<i>Galium corrudifolium</i> Vill.			0,1	0,1						
<i>Galium lucidum</i> All.			0,1	0,1					0,2	0,2
<i>Galium mollugo</i> L.			0,2	0,1	0,2	0,1	1,9	1,3	1,2	0,9
<i>Galium verum</i> L.	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Gaudinia fragilis</i> (L.) P.Beauv.									0,1	0,1
<i>Geranium columbinum</i> L.			2,2	1,4						
<i>Geranium dissectum</i> L.			0,6	0,3						
<i>Geranium purpureum</i> Vill.			0,2	0,1			0,2	0,1		
<i>Geum urbanum</i> L.			0,2	0,1						
<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill.			0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,5
<i>Helichrysum italicum</i> (Roth) Don	1,1	0,6	0,1	0,1	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3
<i>Hieracium murorum</i> L.							0,1	0,1		
<i>Hieracium pilosella</i> L.			0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
<i>Hieracium piloselloides</i> Vill.			0,1	0,1			0,1	0,1		
<i>Holcus mollis</i> L.					0,6	0,4	4,8	3,3		
<i>Hypericum montanum</i> L.			0,1	0,1	0,1	0,1				
<i>Hypericum perforatum</i> L.	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2		
<i>Hypochaeris achyrophorus</i> L.							0,5	0,3		
<i>Inula conyza</i> DC.			0,1	0,1					0,3	0,2
<i>Inula viscosa</i> (L.) Aiton			0,2	0,1						
<i>Jasione montana</i> L.			0,1	0,1						
<i>Juniperus communis</i> L.	0,7	0,4	1,8	1,1	1,7	1,3	0,1	0,1	0,7	0,5
<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coulter							0,1	0,1	0,2	0,2
<i>Knautia purpurea</i> (Vill.) Borbas	0,1	0,1								
<i>Lathyrus cicera</i> L.							0,2	0,1		
<i>Lathyrus pratensis</i> L.			0,3	0,2	0,1	0,1				
<i>Lathyrus sylvestris</i> L.			0,7	0,4						
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	0,6	0,3					1,1	0,7	0,3	0,2
<i>Linum strictum</i> L.			0,7	0,4						
<i>Linum tenuifolium</i> L.	0,4	0,2	0,4	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1

	2017	2017	2018	2018	2019	2019	2020	2020	2021	2021
Specie rilevata	K	F	K	F	K	F	K	F	K	F
		%		%		%		%		%
Linum trigynum L.			1,1	0,7	0,2	0,1	0,5	0,3	0,1	0,1
Lonicera caprifolium L.					0,4	0,3			0,1	0,1
Lonicera etrusca Santi					0,1	0,1				
Lotus corniculatus L.			0,2	0,1	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4
Luzula multiflora (Ehrh.) Lej.			0,1	0,1			0,3	0,2	0,3	0,2
Medicago lupulina L.									0,3	0,2
Melica ciliata L.					0,2	0,1				
Murbeckiella zanonii (Ball) Rothm.							0,5	0,3	0,2	0,2
Nardus stricta L.	0,6	0,3								
Odontites rubra (Baumg.) Opiz	0,1	0,1					0,3	0,2	0,1	0,1
Oenanthe pimpinelloides L.					0,1	0,1				
Ostrya carpinifolia Scop.							0,1	0,1		
Pentanema salicinum (L.) D. Gut.Larr.					0,2	0,1				
Petrorhagia saxifraga (L.) Link					0,1	0,1				
Phleum bertolonii DC.			0,1	0,1						
Picris hieracioides L.									0,1	0,1
Pinus nigra Arn.	2,0	1,1			2,5	1,8				
Pinus pinaster Ait.			0,7	0,4						
Plantago lanceolata L.			0,4	0,3	0,6	0,4	0,2	0,1		
Poa alpina L.	0,1	0,1								
Poa bulbosa L.							0,2	0,1		
Poa sylvicola Guss.									0,2	0,2
Polygala flavescens DC.			0,1	0,1			0,3	0,2	0,6	0,5
Polygala vulgaris var. flavescens (DC.) Paol.									0,9	0,7
Potentilla erecta (L.) Raeusch.					0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Potentilla pedata Willd. ex Hornem.					0,4	0,3	0,1	0,1	0,5	0,4
Prunella laciniata L.					0,1	0,1				
Prunus spinosa L.	14,1	7,5	6,8	4,2	5,3	3,9	6,6	4,6	5,5	4,2
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn	1,1	0,6	9,0	5,6	8,0	5,9	9,8	6,7	0,4	0,3
Pyrus pyraeaster (L.) Burgsd.			0,1	0,1			0,1	0,1	0,3	0,2
Quercus cerris L.	0,1	0,1			0,3	0,2				
Quercus pubescens Willd.	3,7	2,0			0,8	0,6			0,2	0,2
Rhinanthus alectorolophus (Scop.) Pollich					0,1	0,1				
Roccia/pietra/terreno	1,6	0,9	3,1	1,9	11,1	8,2	7,2	5,0	3,7	2,9
Rosa canina L.	1,7	0,9	0,8	0,5	0,8	0,6	2,8	2,0	1,6	1,2
Rubia peregrina L.	3,4	1,8	0,2	0,1	0,7	0,5			0,6	0,5
Rubus canescens DC.	7,0	3,7	4,2	2,6	7,9	5,8	10,0	6,9	5,1	3,9
Rubus ulmifolius Schott			0,4	0,3						
Rumex acetosella L.					0,2	0,1				
Sanguisorba minor Scop.			0,1	0,1	0,9	0,7	0,6	0,4	0,7	0,5
Scleranthus annuus L.			0,1	0,1	0,2	0,1				
Sedum acre L.			0,2	0,1						
Sedum rupestre L.							0,1	0,1		
Sherardia arvensis L.			0,1	0,1	0,1	0,1				
Silene italica (L.) Pers.									0,9	0,7
Sisymbrium orientale L.					0,6	0,4				
Sorbus domestica L.			0,8	0,5	0,4	0,3	0,6	0,4	1,2	0,9
Spartium junceum L.	5,9	3,1	4,2	2,6	0,6	0,4	2,0	1,4	2,2	1,7

	2017	2017	2018	2018	2019	2019	2020	2020	2021	2021
Specie rilevata	K	F	K	F	K	F	K	F	K	F
		%		%		%		%		%
Stachys germanica L.					0,1	0,1				
Stachys officinalis (L.) Trevisan	0,3	0,2								
Teucrium chamaedrys L.	5,3	2,8	3,9	2,4	2,3	1,7	1,9	1,3	1,4	1,1
Teucrium scorodonia L.	1,1	0,6	0,8	0,5	0,3	0,2	1,7	1,1	0,9	0,7
Thymus pulegioides L.	0,2	0,1	0,9	0,5	1,1	0,8	0,7	0,5	0,7	0,5
Trifolium campestre Schreber	0,1	0,1					0,5	0,3	0,1	0,1
Trifolium hybridum L.									0,1	0,1
Trifolium medium L.					0,2	0,1	0,3	0,2	0,4	0,3
Trifolium ochroleucon Huds.			0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2
Trifolium scabrum L.			0,4	0,3			0,3	0,2		
Trifolium stellatum L.							0,3	0,2		
Ulex europaeus L.					0,8	0,6	4,9	3,4		
Veronica officinalis L.							0,1	0,1		
Vicia sativa L.							0,2	0,1	0,2	0,2
Viola eugeniae Parl.					0,4	0,3	1,3	0,9		
Viola reichenbachiana Jordan ex Boreau	0,2	0,1	0,1	0,1						

Tabella 14 – Valori medi annuali dei principali indici ottenuti dall'elaborazione dei 200 plot

Indici medi per anno	2017	2018	2019	2020	2021
Copertura media % = K esclusa roccia nuda	187	159	125	138	127
SH = di diversità secondo Shannon	3,5	3,9	3,7	4,3	3,9
J = di equiripartizione	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6
D = di dominanza o di Simpson	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
ILLUM = Luce	6,8	6,9	7,3	7,2	7,0
N = Specie x rilievo	6,9	7,8	7,0	9,3	8

Tabella 15 - Valori medi dell'habitat 4030 calcolati su 200 rilevamenti

K = copertura media del terreno esclusa la roccia nuda	147	
SH = di diversità secondo Shannon	4,2	
J = di equiripartizione	0,6	
D = di dominanza o di Simpson	0,1	
L = Luce	6,8	
T = Temperatura	6,1	
U = Umidità	3,2	
R = Reazione	3,2	
Numero complessivo di specie complessivo rilevate	158	
Rf = ricchezza floristica	0,006	
Numero medio di specie rilevate per plot	7,8	
Spettro Biologico	n.	%
Camefite (Ch)	9	5,7
Geofite (G)	4	2,5
Emicriptofite (H)	83	52,3
Fanerofite (P)	28	17,7
Terofite (T)	34	21,5

Dove:

L= 6,8 in quanto costituito da specie In genere in piena luce, ma spesso anche con luce ridotta;

T = 6,1 perché costituito da specie degli ambienti mediterraneo montani,

U= 3,2 formato principalmente da specie indicatori di aridità, più frequenti nei luoghi secchi che in quelli con falda superficiale; assenti da suoli umidi

R = 3,2 formato da specie indicatrici di acidità, vivono su suoli acidi solo sporadicamente si presentano su suoli neutri.

Parametri e indici	Rilievi 2017-19	Rilievi 2019-20-21
Copertura media % = K esclusa roccia	170	152
SH = di diversità secondo Shannon	3,4	3,4
J = di equiripartizione	0,6	0,6
D = di dominanza o di Simpson	0,2	0,2
ILLUM = Luce	6,8	6,8
N = Numero medio di specie	36	47
Rf = ricchezza floristica	0,03	0,02
Numero medio specie per rilievo	7,0	6,8

Tabella 16 - ante operam a distanza di 1 o più anni (14 plot).

Parametri e indici	Ante-oper	Post oper 1°	Post oper 2°	Post oper 3°	Post oper 4°
Copertura media % = K esclusa roccia	152	128	138	123	131
SH = di diversità secondo Shannon	3,2	4,3	3,8	3,5	2,9
J = di equiripartizione	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
D = di dominanza o di Simpson	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2
ILLUM = Luce	6,7	7,8	7,1	7,0	7,1
N = Numero di specie	46	109	58	46	18
Rf = ricchezza floristica	0,02	0,01	0,02	0,02	0,06
Numero medio specie per rilievo	5,8	10,2	9,0	8,8	7,8

Tabella 17 - plot (30) ante-operam, post-operam: 1° anno (35), 2° anno (24), 3° anno (11) e 4° anno (4).

Parametri e indici	Rilievi 2018-19-20	Rilievi 2019	Rilievi 2020
Copertura media % = K esclusa roccia	134	91	219
SH = di diversità secondo Shannon	3,4	1,8	2,98
J = di equiripartizione	0,6	0,6	0,8
D = di dominanza o di Simpson	0,1	0,3	0,2
ILLUM = Luce	7,3	8,2	6,5
N = Numero di specie	39	9	14
Rf = ricchezza floristica	0,03	0,1	0,07
Numero medio specie per rilievo	6,5	3,8	6,6

Tabella 18 Turi plot post operam a seguito d'intervento di fuoco prescritto (16 plot) a seguire colonne (2020 e 2021 particolare su 5 plot)

Conclusioni

Complessivamente le brughiere trattate nell'ambito del progetto Granatha una volta invecchiate sono in grado di assicurare un'ottima copertura del suolo, grazie anche ad una significativa stratificazione della componente vegetale, e presentano una discreta stabilità almeno nel breve periodo.

La brughiera, quando è soggetta a rinnovazione dopo l'applicazione dei trattamenti, si rivela anche una cenosi ricca di specie vegetali con un livello alto di biodiversità. La potenzialità di formare cenosi di elevata biodiversità si esprime in particolare quando ne è garantita la presenza su superfici di una certa consistenza come quelle realizzate nell'ambito del progetto. Piccole superfici, presentano, invece, un numero medio di specie abbastanza contenuto e pari a 7,8 unità. I valori calcolati per i 4 indici di Elleberg (Pignatti & al. 2005) evidenziano una cenosi di ambiente aperto, luminoso, tipico dell'area montana mediterranea in condizioni edafiche secche ed acide.

Il confronto tra rilievi eseguiti nelle aree trattate hanno dato risultati interessanti ed in gran parte attesi. Nel breve periodo della copertura a seguito dei trattamenti, indipendentemente dal tipo di trattamento (taglio o fuoco prescritto), si osserva minore copertura del suolo, aumento della ricchezza floristica e dell'indice di luminosità oltre alla diminuzione della dominanza secondo l'indice di Simpson. Una maggiore diversità secondo l'indice di Shannon si osserva principalmente dove è stato eseguito il taglio meccanizzato.

Nelle aree trattate con il fuoco prescritto si osserva che tra il primo ed il secondo anno dopo l'intervento nel nuovo popolamento è in atto una crescita vegetativa ed un incremento di specie eccezionali. Ciò è probabilmente dovuto ai nutrienti messi a disposizione dall'azione del fuoco (es. carbone, nutrienti).

L'indagine botanica svolta evidenzia come l'habitat 4030 abbia effettiva funzionalità floristico-vegetazionale solo se presente su superfici significative. In queste condizioni esprime in modo compiuto sia la buona capacità di copertura del suolo, che l'elevata ricchezza floristica. Quest'ultima si può tradurre in elevata biodiversità; che è più alta nel caso di cenosi oggetto di periodica trasformazione colturale (taglio e fuoco prescritto). L'habitat dimostra anche spiccata resilienza, in quanto nel breve tempo reagisce energicamente al prelievo della porzione epigea indipendente dal tipo di trattamento: sia per fuoco prescritto che per taglio meccanizzato o manuale, ricostruendo rapidamente la cenosi in modo fedele a quella di partenza.