

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

Corso di Laurea Magistrale in Didattica e Comunicazione delle Scienze

**Analisi archeobotaniche dei carboni dei livelli mesolitici
di Riparo Cornafessa (Ala, TN)**

Relatore:

Prof.ssa Anna Maria MERCURI

Laureanda:

Chiara STEFFANINI

Correlatori:

Dott.ssa Rossella DUCHES

Dott. Marco MARCHESINI

Anno Accademico 2024/2025

Indice:

Riassunto	2
Introduzione	3
1. Capitolo 1 - Riparo Cornafessa	4
1.1 Inquadramento territoriale	4
1.2 Le attività di ricerca a Riparo Cornafessa	6
1.3 Interpretazione e valorizzazione del sito	9
2. Capitolo 2 – Il paesaggio vegetale a Riparo Cornafessa	12
2.1 Il paesaggio vegetale in Trentino dal Tardoglaciale all'età odierna	12
2.2 Il paesaggio vegetale odierno	14
2.3 La ricerca archeobotanica a Riparo Cornafessa	16
3. Lo studio del legno e dei carboni in archeologia	19
3.1 Costituzione chimica	20
3.2 La carbonizzazione e la conservazione dei carboni	21
3.3 Xilema secondario delle gimnosperme	23
3.3.1 Legno di conifere	24
3.4 Xilema secondario nelle angiosperme	25
..3.4.1 Legno di latifoglie	26
3.5 Il riconoscimento del legno	27
3.6 Applicazioni all'antracologia	28
4. Materiali e metodi	31
4.2 I carboni da flottazione	33
5. Risultati e discussione	35
5.1 Risultati	35
5.1.1 I materiali delle U.S. nel dettaglio	36
5.2 Discussione dei risultati	40
6. Comunicazione e didattica in ambito museale	42
6.1 Attività di mediazione per bambine e bambini, giovani e famiglie	43
6.2 Le attività di mediazione scientifica per il pubblico interessato: un possibile contributo al contrasto della <i>plant blindness</i>	45
Conclusioni	48
Allegato I	50
Allegato II	52
Bibliografia	68

Riassunto

Questa tesi illustra la ricerca antracologica condotta nel sito Riparo Cornafessa, in provincia di Trento, che fu frequentato durante il periodo Epigravettiano recente (13104 – 10767 cal BP) e Mesolitico (7245 – 6954 cal BP, 7575 – 7721 cal BP). In particolare, sono stati studiati i carboni raccolti nella campagna di scavo 2019, relative a specie legnose usate come combustibile. I reperti sono stati attribuiti prevalentemente ai generi *Ulmus*, *Pinus*, *Fraxinus*, *Abies*; *Ostrya*.

I risultati di questo studio aggiungono elementi a quanto scoperto dal gruppo dell'Istituto di Botanica dell'Università di Innsbruck. I risultati ottenuti possono contribuire alla ricostruzione del paesaggio vegetale del passato e, attraverso le attività di comunicazione e divulgazione, alla diffusione di queste informazioni al pubblico, contribuendo a contrastare il fenomeno della cecità alle piante (*plant blindness*).

In questo contesto, il ruolo dei musei nell'educazione e nella divulgazione scientifica è cruciale e in evoluzione, e l'archeobotanica offre un'opportunità per coinvolgere il pubblico e far conoscere l'importanza delle piante nel tempo. Grazie alle attività di divulgazione, è possibile sensibilizzare il pubblico sull'importanza della ricerca nell'indagare le dinamiche del passato per comprendere meglio le dinamiche del presente e del futuro. Attività didattiche incentrate su queste tematiche possono aggiungersi agli strumenti utili a comunicare la scienza, contribuendo a promuovere la consapevolezza del nostro patrimonio naturale e culturale.

Introduzione

L'archeobotanica ha un ruolo fondamentale per la ricostruzione degli ambienti del passato e per la comprensione delle interazioni tra le popolazioni e il loro contesto naturale. Tra le metodologie utilizzate, l'analisi antracologica consente di identificare le specie legnose utilizzate come combustibile, fornendo informazioni sulle pratiche di gestione delle risorse forestali e sulle variazioni ambientali nel tempo. Questa tesi si concentra sull'analisi archeobotanica dei carboni rinvenuti nei livelli mesolitici di Riparo Cornafessa (Comune di Ala, TN), con particolare riferimento ai materiali recuperati durante la campagna di scavo del 2019.

Riparo Cornafessa, situato nei Monti Lessini, costituisce un sito di rilevanza per la comprensione delle dinamiche insediative e ambientali delle Alpi meridionali tra il Paleolitico superiore e il Mesolitico. Le ricerche condotte finora hanno permesso di individuare un'ampia gamma di reperti, tra cui strumenti litici, resti faunistici e materiali vegetali carbonizzati, che offrono un quadro sulle strategie di sussistenza delle comunità preistoriche. L'analisi antracologica si propone di indagare la composizione delle specie arboree presenti nel sito, contribuendo alla ricostruzione paleoambientale dell'area.

Gli obiettivi principali di questa tesi sono l'identificazione tassonomica dei carboni e l'interpretazione dei dati in un'ottica di divulgazione al pubblico. L'approccio metodologico adottato prevede l'analisi allo stereomicroscopio dei campioni isolati, la loro descrizione e il confronto con manuali, articoli di riferimento e i dati ad oggi disponibili. L'integrazione con lo studio di Kofler et al. (2018) fornisce spunti per delineare la composizione forestale del sito nel corso del tempo.

Questo lavoro di tesi, inoltre, propone di sviluppare attività di valorizzazione e sensibilizzazione del pubblico verso il patrimonio archeologico, con riflessioni sul potenziale ruolo dell'archeobotanica per contrastare la *plant blindness*. Le iniziative di diffusione dei risultati, sviluppate in collaborazione con il MUSE, comprendono attività che permettono al pubblico di approfondire la conoscenza delle metodologie utilizzate e della storia ambientale del sito. Queste attività favoriscono la connessione tra la comunità scientifica e il pubblico, stimolando una maggiore consapevolezza sulla necessità di conservare patrimonio culturale e naturale.

Capitolo 1

Riparo Cornafessa

Riparo Cornafessa (RCF) è un riparo sotto roccia dove, nel 2014, il MUSE, in collaborazione con l'Università di Trento, ha individuato un deposito archeologico. Situato al margine nord – occidentale dell'altopiano dei Lessini, in località Sega di Ala (TN), a circa 1.240 metri s.l.m., fu frequentato a più riprese nel corso della preistoria (Fig.1). Le ricerche presso il Riparo Cornafessa rientrano in un progetto pluriennale di ricerca e valorizzazione, ancora in corso, condotto dal MUSE – Museo delle Scienze di Trento in collaborazione con il Comune di Ala e l'Università di Trento (Fig. 5). Le indagini hanno rivelato la presenza di un livello antropico attribuibile all'Epigravettiano recente e alcuni più effimeri risalenti alla fine del Mesolitico. Gli scavi, iniziati in modo sistematico nel 2015 e ancora in corso ad opera del MUSE, in collaborazione con l'Università di Trento, hanno portato alla luce migliaia di reperti di natura litica, faunistica e vegetale (carboni e semi). Le informazioni fornite dallo studio dei reperti litici e faunistici relative al livello più antico di frequentazione qualificano questo sito quale accampamento stagionale di caccia, focalizzato allo sfruttamento dell'orso bruno (Duches *et al.*, 2018).

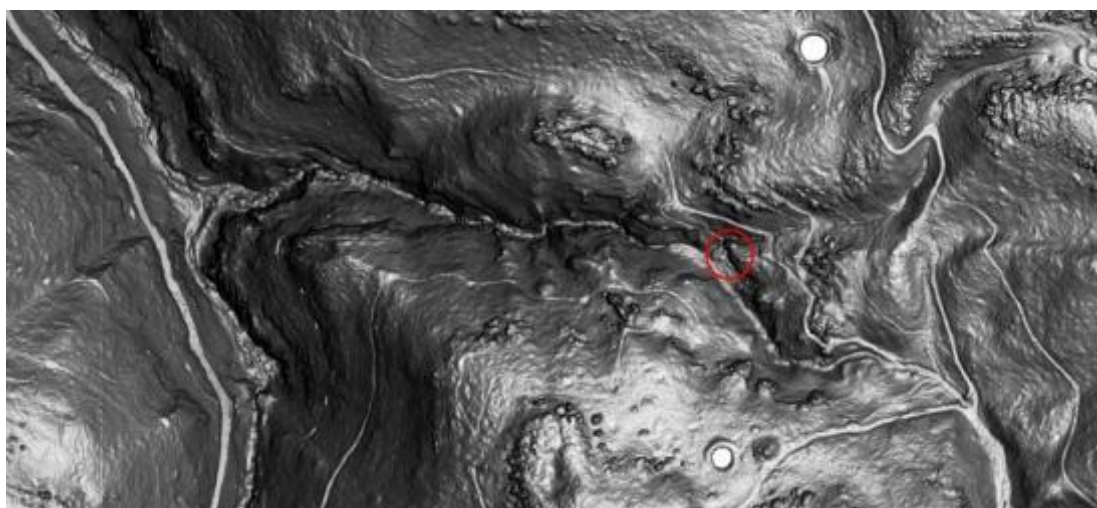


Figura 1: La posizione di Riparo Cornafessa rispetto alla Val d'Adige - Immagine Lidar, elaborazione I. Salvador, MUSE

1.1. Inquadramento territoriale

Chiusa a nord dalla Val di Ronchi e dal Gruppo del Carega, delimitata a est dalla Val Leogra, a sud-est dai colli di Monteviale, a sud-ovest dal corso dell'Adige e dall'alta pianura veronese e a ovest dalla Val Lagarina, la Lessinia è quasi un'unità a sé stante nell'ambito delle Prealpi Venete (Fig. 2). La solcano numerose valli che dagli alti pascoli

scendono e si dispiegano a ventaglio verso Verona e la pianura. Il massiccio dei Lessini e i suoi dintorni costituiscono un'area eccezionalmente ricca per la preistoria e l'archeologia dell'Europa meridionale, sia per il numero di siti individuati, sia per la loro importanza. Per questo motivo, gli altipiani dei Lessini, le valli che dividono l'altopiano e la loro fascia pedemontana sono stati ampiamente studiati a partire dal XIX secolo (Angelucci *et al.*, 2022).



Figura 2: posizione del Riparo Cornafessa sui Lessini nord-occidentali

Il massiccio dei Lessini si distingue dalla catena alpina meridionale per la sua struttura geologica peculiare. Mentre le Alpi meridionali sono caratterizzate da una cintura montuosa compressiva, deformata e tettonicamente attiva (Castellarin *et al.*, 2006), il settore dei Lessini è un avampaese non deformato (Pola *et al.*, 2014). La successione dei Lessini è composta principalmente da formazioni sedimentarie carbonatiche, con una varietà di tipi di rocce come calcari puri, marne e calcareniti. La geomorfologia di questo massiccio è fortemente influenzata da fattori geologici, in particolare dalla litologia e dalla configurazione strutturale. La zona è attraversata da faglie normali con spostamenti limitati. Riparo Cornafessa si apre sul versante nord di una piccola valle, pochi metri sotto l'affioramento del calcare Rosso Ammonitico Veronese che delimita l'altopiano dei Lessini (Fig. 3). La valle è alimentata da una breve *Delle* periglaciale che drena l'area a monte; a valle del riparo roccioso, la valle diventa una stretta gola fluvio-carsica con una profondità massima di circa 20 metri. Attualmente la valle è asciutta e non sono disponibili dati sulla

sua attività più recente, ma non si può escludere che l'acqua sia fluita in essa alla fine del Pleistocene o all'inizio dell'Olocene (Angelucci *et al.*, 2023).



Figure 3: Riparo Cornafessa all'inizio delle attività di scavo nel 2015 (foto Archivio MUSE)

1.2 Le attività di ricerca a Riparo Cornafessa

Gli insediamenti paleolitici di Riparo Cornafessa sono stati scoperti nel 2014 in seguito a un saggio stratigrafico; una prima campagna di scavo archeologico è stata effettuata nel 2015 dal MUSE – Museo delle Scienze di Trento. Questo primo scavo, che ha interessato un'area totale di 6 metri quadri, ha accertato l'esistenza di un deposito di riempimento caratterizzato da almeno un'unità antropica, collocata a una profondità di circa 2 m dal livello del suolo. Lo strato, datato al passaggio Pleistocene-Olocene ha restituito un'industria litica ascrivibile all'Epigravettiano recente. Poiché il lavoro sul campo presso Riparo Cornafessa è ancora in corso, lo studio dell'associazione di reperti archeologici è tuttora in via di sviluppo (rapporti preliminari sono stati pubblicati da Duches *et al.*, 2019 e nelle tesi di dottorato di Nannini, 2018–2021; Patauner, 2019–2020; Zammarchi 2019–2020).

L'assemblaggio faunistico comprende 4255 resti, di cui 3698 provenienti da strati Epigravettiani (Figura 4) (Angelucci *et al.*, 2022). L'elevato tasso di frammentazione ossea (oltre il 95% delle ossa misura meno di 2 cm) e l'alterazione termica (19%) rendono difficile determinare le parti anatomiche e, ad oggi, solo 112 frammenti sono stati identificati tassonomicamente. *Ursus arctos*, l'orso bruno, domina l'assemblaggio faunistico epigravettiano con 48 resti (circa il 43% dei reperti identificati, mentre il MNI-numero

minimo di individui è tre). Altre specie comprendono principalmente mammiferi di grandi e medie dimensioni provenienti da ambienti distinti (*Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus*, *Capra ibex*, *Rupicapra rupicapra*), mentre i resti di carnivori come lupo/cane o mustelidi sono rari. La rappresentazione scheletrica e l'analisi delle superfici ossee indicano che il trattamento delle carcasse di orso è stato effettuato sul sito. Su una costola di orso è stato anche riconosciuto un segno di impatto di proiettile (PIM, *Projectile Impact Mark*), prova che gli orsi erano cacciati direttamente utilizzando arco e proiettili compositi litici (Duches *et al.*, 2016, 2019).

L'insieme litico consiste in 524 manufatti (≥ 1 cm), 480 dei quali provenienti da strati datati all'Epigravettiano recente (Fig. 4). Il materiale grezzo utilizzato è selce proveniente da formazioni calcaree del Cretaceo, raccolto sotto forma di piccoli noduli e placchette da affioramenti primari e depositi di versante intorno al sito. Oltre 100 frammenti rimontati suggeriscono che la lavorazione sia avvenuta sul posto, mentre la presenza di materiali introdotti già parzialmente lavorati, come nuclei preformati o strumenti ritoccati, è scarsa. Gli strumenti sono rari e sono stati fabbricati utilizzando schegge di messa in forma o gestione del nucleo.

Le datazioni al radiocarbonio disponibili sono coerenti con le evidenze archeologiche e l'attribuzione crono - culturale basata sull'insieme litico raccolto nel sito (Angelucci *et al.*, 2022).

TABLE 1 Cornafessa rock shelter—Faunal remains

Taxa	Late Epigravettian		Mesolithic	
	NISP (nr)	NISP (%)	NISP (nr)	NISP (%)
<i>Erinaceus europaeus</i>			2	18.2
<i>Mustela erminea</i>	1	0.9		
<i>Meles meles</i>	1	0.9		
<i>Canis lupus</i>	1	0.9		
<i>Ursus arctos</i>	48	42.9		
<i>Canivora</i>	24	21.4		
<i>Sus scrofa</i>			2	18.2
<i>Capreolus capreolus</i>	1	0.9		
<i>Cervus elaphus</i>	9	8.0	3	27.3
cfr. <i>Rupicapra rupicapra</i>	1	0.9		
<i>Capra ibex</i>	4	3.6	1	9.1
<i>Caprinae</i>	1	0.9		
<i>Ungulata</i>	21	18.7	3	27.3
Total NISP	112	100.00	11	100.0
Indeterminate				
Large size	29		7	
Medium-large size	49		6	
Medium size	18		1	
Medium-small size	1			
Small size	2			
Unidentified	3481		534	
<i>Aves</i>	6			
Total remains	3698		559	

Abbreviations: NISP, number of identified specimens; nr, number.

TABLE 2 Cornafessa rock shelter—Lithic artefacts

	Late Epigravettian		Mesolithic	
	nr	%	nr	%
Unworked <i>debitage</i> products (>1 cm)	420	87.5	41	93.1
Retouched <i>debitage</i> products	26	5.4	2	4.6
Projectile implements	21	4.4	1	2.3
Backed points	4			
Backed bitruncated bladelets	1			
Undetermined backed fragments	8			
Undetermined implements fragments	3			
Geometric microliths	5		1	
Tools	5	1.0	1	2.3
Burins	2			
End-scrapers	2			
Undetermined fragments	1		1	
Backed piece manufacturing waste	31	6.5	1	2.3
Cores	3	0.6	0	0.0
Total	480	100.0	44	100.0

Note: Frequency of the main morphotechnical categories identified among the unworked and retouched *debitage* products of the lithic assemblage. Abbreviation: nr, number.

2022). All the units under excavation and the sections exposed were systematically described, considering sedimentary and lithological

Figura 4: Riparo Cornafessa - manufatti e ritrovamenti (da Angelucci et al., 2022)

L'unità 4 contiene intercalazioni sottili di sedimenti archeologici che hanno restituito reperti mesolitici e datazioni radiocarboniche dell'inizio dell'Olocene (unità 301). Due campioni di carbone sono stati raccolti dallo strato 301 per datare al C14 le occupazioni mesolitiche effimere registrate a RCF; entrambe le date si collocano nel VI millennio a.C. (7245–6954 cal BP, 7575–7721 cal BP). L'insieme faunistico mesolitico comprende undici resti identificati, mentre l'industria litica afferente questo livello consiste in 44 manufatti di dimensione maggiore o uguale di 1 cm ascrivibili al tecno-complesso castelnoviano (Angelucci et al., 2022).

Le unità superiori della successione (unità 3, 2 e 1) attestano la stabilizzazione della superficie del riparo in tempi successivi, con formazione del suolo e accumulo di input umani durante i tempi storici.



Figura 5: Sezione estratta dalla modellizzazione 3D di Riparo Cornafessa e l'antistante vallecola (credits: I. Salvador - MUSE)

1.3 Interpretazione e valorizzazione del sito

La ricerca a Riparo Cornafessa vede la collaborazione del Muse con numerosi istituti di ricerca nazionali e internazionali, ognuno dei quali sta approfondendo aspetti diversi secondo un approccio multidisciplinare. Grazie a questi contributi, dopo otto anni di indagine, oggi è possibile tracciare un quadro pressoché completo sulle frequentazioni umane di questo sito durante il Paleolitico e il Mesolitico.

Ogni estate, il Riparo Cornafessa ritorna a essere sede di scavi (Fig.6), ricerche e approfondimenti da parte dello staff del MUSE e al contempo teatro di incontri, visite guidate e conferenze aperte al pubblico che, grazie a queste restituzioni, può scoprire i risultati dell'ultima campagna di scavo archeologico e le novità più interessanti delle analisi sui materiali archeologici.



Figura 6: Attività di scavo a Riparo Cornafessa (archivio MUSE)

Interpretazione del sito

Riparo Cornafessa, situato sui Monti Lessini nel comune di Ala (TN), è un sito archeologico di rilevanza per la comprensione delle attività umane nel Trentino durante il Paleolitico e il Mesolitico. Gli scavi, condotti secondo un approccio multidisciplinare dal MUSE – Museo delle Scienze di Trento in collaborazione con realtà nazionali e internazionali, hanno portato alla luce reperti litici, faunistici e vegetali che offrono uno spaccato della vita delle persone che hanno frequentato il riparo dal Paleolitico superiore e il Mesolitico. In particolare, le attività di studio e ricerca hanno permesso la raccolta di dati e informazioni su aspetti come le attività di caccia e i processi di coesistenza con l'orso bruno (*Ursus arctos*). Tra i reperti rinvenuti spiccano ossa di orso con segni di macellazione. Presso Riparo Cornafessa viene ritrovata inoltre la prima prova archeologica diretta di un orso cacciato con arco e frecce: questa scoperta contribuisce alla comprensione delle tecniche di caccia e delle strategie di sopravvivenza del periodo. Un altro aspetto indagato durante le ricerche al riparo è l'industria litica: sono stati recuperati numerosi manufatti in selce, tra cui strumenti ottenuti da schegge di modellatura o manutenzione. La scarsità di nuclei formati o oggetti ritoccati suggerisce che la lavorazione della selce avvenisse principalmente sul posto, utilizzando materiali raccolti nelle vicinanze. Le analisi al radiocarbonio sui campioni provenienti dal sito hanno fornito datazioni che si collocano intorno al passaggio tra Pleistocene e Olocene, confermando l'occupazione del riparo durante il tardo Paleolitico e il Mesolitico. In particolare, alcune datazioni indicano un intervallo compreso tra circa 12.000 e 11.300 anni cal BP, mentre

altre si estendono fino al VI millennio a.C., evidenziando una frequentazione umana stagionale reiterata nel tempo (Angelucci *et al.*, 2022).

Valorizzazione del sito

Il gruppo di ricerca del MUSE svolge le attività di scavo durante l'estate. In quel periodo il pubblico può visitare il sito, normalmente non visitabile, con visite guidate gratuite, e conoscere le ultime scoperte fatte in occasione di conferenze organizzate dal Museo in collaborazione con la biblioteca di Ala. Le attività al riparo Cornafessa rientrano nell'ambito della convenzione stipulata tra Comune di Ala e MUSE per la ricerca e la divulgazione dei rinvenimenti fatti nel sito preistorico sui Monti Lessini (2017 – 2024). Nel 2024, le visite guidate sono state proposte dal 10 al 19 settembre, dal martedì al giovedì con orario di ritrovo alle 14.00 oppure alle 10.30 la domenica. Il sito è raggiungibile in circa un'ora di passeggiata su strada sterrata, non adatta a passeggini. L'attività proposta ha una durata di due ore. Con l'arrivo al riparo, si possono osservare le ricercatrici e i ricercatori impegnati in una nuova fase di scavo e scoprire le curiosità legate a questo sito preistorico. Sono state organizzate anche due conferenze, ospitate nella biblioteca di Ala:

- Venerdì 13 settembre 2024 alle ore 17.00, le ricercatrici e i ricercatori della sezione di Preistoria e Archeologia del MUSE hanno parlato delle ultime novità con l'incontro "Nuovi dati e scoperte dal Riparo Cornafessa"
- Venerdì 20 settembre 2024 si è allargato lo sguardo con "Non solo cacciatori: le popolazioni mesolitiche di pescatori del Trentino".

Inoltre, in occasione della Giornate Europee dell'Archeologia, in programma per il 14 – 15 – 16 giugno 2024, il MUSE ha proposto la giornata a tema "Tutti al Riparo!" (Fig.7). La giornata si è svolta domenica 16 giugno, proponendo laboratori a tema e visite guidate rivolti per famiglie e interessati / e (da muse.it).



Figura 7: Cartolina della giornata a tema "Tutti al Riparo!" 2024 (archivio MUSE)

Capitolo 2

Il paesaggio vegetale a Riparo Cornafessa

2.1 Il paesaggio vegetale in Trentino dal Tardoglaciale all'età moderna

All'inizio del Tardoglaciale, circa 17.000 anni fa, il paesaggio dell'Europa centro-meridionale era ancora caratterizzato da un ambiente periglaciale dominato da steppa fredda e scarsa vegetazione arborea. In Trentino, i dati paleoecologici derivati dalle analisi sedimentologiche del Lago di Lavarone indicano un ambiente instabile, con suoli poco sviluppati e una vegetazione dominata da *Pinus sylvestris* e *Pinus mugo*. Il Dryas recente (12.900-11.700 anni fa) determinò un temporaneo raffreddamento climatico, che comportò una contrazione significativa della vegetazione arborea, con un abbassamento del limite del bosco sotto i 1700 metri e un'espansione di specie xerofile come *Artemisia* e *Chenopodiaceae*, indicative di condizioni più fredde e aride (Bassetti *et al.*, 2005; Cusinato *et al.*, 2007; Filippi *et al.*, 2005).

Con l'inizio dell'Olocene, il rapido aumento delle temperature e della piovosità favorì la ricolonizzazione delle aree deglaciate da parte della vegetazione. In questa fase, le prime specie colonizzatrici furono *Betula* e *Pinus cembra*, seguite da *Larix* e *Corylus*, in un processo graduale che portò alla formazione di foreste aperte e alla stabilizzazione del suolo (Filippi *et al.*, 2005). All'inizio dell'Olocene si verificò un complesso cambiamento nelle modalità di fruizione del territorio da parte delle popolazioni dell'epoca. In particolare, la maggior mobilità, conseguente alla ricerca di nuovi bacini di caccia nelle fasce altimetriche ad alte quote, favorì l'intensificarsi di scambi culturali tra i due versanti dell'arco alpino (Cusinato *et al.*, 2007). Il miglioramento climatico nell'Olocene si esprime con una durevole e progressiva copertura forestale che riduce notevolmente la dinamica dei processi di degradazione geomorfologica. Nelle Alpi, tra 11.550 e 11.350 anni cal. BP, il brusco incremento di temperatura portò il limite del bosco a risalire di circa 800 metri in 200 anni. In Valcamonica, già all'inizio dell'Olocene, *Larix* e *Pinus* erano presenti intorno ai 2000 - 2100 metri di quota (Tinner *et al.*, 2007). Nel Preboreale, la vegetazione montana dell'area atesina era, nel complesso, costituita da un bosco dominato da *Pinus* e *Larix*, mentre nel Boreale diminuì la presenza di *Pinus* e incominciò l'espansione di *Picea* (Kofler, 1994; Heiss *et al.*, 2005). Nella Catena del Lagorai, la sequenza del Lago delle Buse (2053 metri s.l.m.) datata 9016-9442 anni cal. BP (8250 ± 90 anni 14C BP) registra un bosco rado formato da *Pinus*, *Picea* e *Larix*. In quell'epoca, il limite della foresta si situava alla quota del lago o poco sopra (Kofler, 1994); durante l'Atlantico la risalita del

limite del bosco raggiunse la quota più alta. Nella successione di torbiera vicino al Lago Nero (2395 m s.l.m., Passo Gavia) è stato riconosciuto il record del limite più alto della foresta nelle Alpi italiane, datato 7266-7553 anni cal. BP (6480 $\pm$ 70 anni 14C BP), dove la foresta di *Pinus cembra* si stabilizzò alla quota massima di 2400-2550 metri s.l.m., dunque 100-150 metri sopra l'attuale potenziale limite della foresta (Ravazzi *et al.*, 2004). La relativa stabilità e il miglioramento climatico che caratterizzarono l'inizio dell'Olocene contribuirono allo sviluppo delle culture mesolitiche europee. Queste espressioni presentavano una comune tradizione che affondava le proprie radici nel Paleolitico superiore, ma al tempo stesso favorirono la nascita di nuove tecnologie e di nuove strategie di sfruttamento delle risorse naturali (Cusinato *et al.*, 2005).

Durante il Boreale e l'Atlantico, la vegetazione subalpina era dominata da *Pinus cembra*, *Larix decidua* e *Picea abies*, con *Pinus cembra* che raggiunse la sua massima diffusione prima di una graduale riduzione nelle fasi più fredde e umide successive (Cusinato *et al.*, 2007; Filippi *et al.*, 2005). Questo dato trova conferma nel record del Lago Nero (Passo Gavia), dove *Pinus cembra* si stabilizzò alla quota massima di 2.400 - 2.550 m s.l.m. intorno a 6480 $\pm$ 70 anni 14C BP (7266-7553 anni cal. BP), un valore superiore all'attuale limite della foresta di circa 100 - 150 metri (Ravazzi *et al.*, 2004). Tuttavia, con il progressivo raffreddamento del Subboreale e l'espansione di *Fagus sylvatica* e *Abies alba*, *Pinus cembra* ha subito una riduzione, mantenendosi oggi come specie relitta alle quote più elevate (Filippi *et al.*, 2005).

Analogamente, *Picea abies*, pur presente già nel Preboreale, ha mostrato un'espansione più marcata durante l'Atlantico, favorita dall'aumento delle precipitazioni e delle temperature miti. Il Lago di Lavarone (TN) documenta un incremento progressivo di *Picea abies* nel corso dell'Olocene, con una sua successiva riduzione a partire dal Subboreale, quando ha dovuto competere con *Fagus sylvatica* e *Abies alba* nelle aree più umide e favorevoli (Filippi *et al.*, 2005).

Il periodo Atlantico (9.000-6.000 anni fa) è considerato l'optimum climatico dell'Olocene, caratterizzato da condizioni caldo-umide che favorirono l'espansione delle foreste decidue. In quest'epoca, il paesaggio vegetale era dominato da querce, frassini, olmi e tigli, con un'elevata diversità forestale. Gli studi paleolimnologici condotti sui sedimenti lacustri indicano un incremento della produttività biologica e l'instaurarsi di condizioni di anossia sui fondali lacustri, segno di un ecosistema maturo e relativamente stabile (Frisia *et al.*, 2005). Studi sulla stratigrafia continentale del Quaternario in Italia dimostrano che il

periodo Atlantico corrisponde a un'elevata stabilità climatica, con una significativa espansione forestale nelle regioni alpine e prealpine (Ravazzi, 2003).

A partire da circa 6.000 anni fa, una progressiva riduzione della piovosità e un graduale raffreddamento hanno comportato una contrazione delle foreste decidue, con il ritorno delle conifere alle quote più elevate. L'impatto antropico sulla vegetazione diventa evidente già a partire da circa 4.000 anni fa, con le prime forme di deforestazione legate alle pratiche agricole e pastorali. L'analisi pollinica evidenzia un aumento delle specie erbacee, la comparsa di cereali e la presenza di microcarboni, chiari indicatori di incendi di origine antropica (Filippi *et al.*, 2005). Durante l'Età del Bronzo si osserva una marcata riduzione della copertura forestale, fenomeno che si intensifica nel periodo romano con l'introduzione di specie arboree coltivate, come il noce e il castagno (Filippi *et al.*, 2005). Nel Medioevo, la pressione antropica sul territorio si manifesta attraverso una nuova fase di deforestazione, seguita da un periodo di parziale ricrescita forestale. Il progressivo sviluppo agricolo e l'intensificazione delle attività di allevamento hanno contribuito alla trasformazione permanente del paesaggio vegetale (Filippi *et al.*, 2005).

Negli ultimi secoli, il declino dell'agricoltura tradizionale tra il XVIII e XIX secolo ha portato a una parziale ricrescita della vegetazione, soprattutto nelle aree montane. Tuttavia, l'analisi dei sedimenti lacustri recenti mostra evidenze di eutrofizzazione e impatti derivanti dall'industrializzazione e dall'urbanizzazione. Nonostante queste pressioni, gli ecosistemi lacustri e forestali dimostrano una significativa capacità di adattamento ai cambiamenti ambientali (Filippi *et al.* 2005; Frisia *et al.*, 2005).

2.2 Il paesaggio vegetale odierno

Il Trentino è un piccolo territorio con una considerevole diversità ambientale dovuta alla presenza di una moltitudine di paesaggi che sono alla base della ricchezza floristica presente. Posizione geografica, clima, litologia e substrato, copertura vegetale e uso del suolo sono i principali fattori che determinano l'esistenza delle diverse entità floristiche. Nel settore centro – meridionale del Trentino, caratterizzato da un clima sub – oceanico, la specie dominante tra gli 800 e i 1.500 metri di altitudine è il faggio (*Fagus sylvatica* L.), latifolia che forma boschi estesi e continui ad eccezione delle situazioni ecologiche particolari, caratterizzate da suoli o eccessivamente umidi o soggetti a spiccata umidità e la cui presenza nella provincia è segnalata a partire dal 1539 (Prosser *et al.*, 2019).

La vegetazione degli alti Lessini era un tempo caratterizzata dalla faggeta: quest'area appartiene infatti alla zona intermedia e superiore della fascia di vegetazione atlantica o montana; invece, le dorsali sommitali corrispondono alla zona basale della fascia della vegetazione boreale, caratterizzata dagli arbusteti a mugo, a rododendro, a mirtilli, ecc. L'uomo ha però modificato il paesaggio vegetale originario tagliando il bosco ed espandendo via via le aree di pascolo. Il paesaggio vegetale attuale è prevalentemente quello del pascolo, anche se esistono fasce e lembi di bosco, più estesi sui versanti delle valli. All'interno del pascolo si trovano talora sia alberi isolati, sia isole di grandi faggi ("ricoveri"), sia piccoli lembi regolari di bosco ("riserve"). Isole di faggi e boschetti occupano spesso il fondo di conche, a breve distanza dalle costruzioni delle baite e delle stalle.

Il bosco di faggio occupa, almeno come vegetazione potenziale, la maggior parte del sito. Quando non del tutto sostituito da rimboschimenti di resinose, presenta i connotati di un ceduo o di una fustaia di transizione derivata dall'invecchiamento del ceduo, in modo che il soprassuolo risulta costituito in prevalenza da polloni affrancati piuttosto che da piante nate da seme. Su alcune aree sono stati tuttavia avviati interventi di conversione a fustaia che sembrano dare buoni risultati.



Figura 8: Il bosco a faggi nei pressi di Riparo Cornafessa

Le faggete rilevate in Trentino sono riconducibili alle seguenti tipologie:

- D1) faggete submontane;
- D2) faggete montane tipiche;
- D3) faggete montane xeriche;
- D4) faggete altimontane a megaforbie;
- D5) faggete pioniere.

L'area di Riparo Cornafessa è situata in un contesto di faggeta montana tipica (Fig.8): le faggete montane tipiche occupano una fascia che va da 1.000 a 1.300-1.400 metri fino a sfumare gradualmente nelle soprastanti faggete altimontane. Aspetti riconducibili a questa tipologia sono riscontrabili un po' ovunque: nel settore dell'Altipiano della Lessinia si ritrovano lungo i versanti del Vajo dell'Anguilla e del Vajo dei Modi [...]. Appartengono pure a questo tipo vegetazionale la maggior parte dei tratti più o meno ampi di faggeta (bandi) che si rinvergono nei pascoli dell'altopiano lessinico. Il sottotipo dominante sembra essere quello a *Dentaria*. Il faggio è sempre dominante, e sporadiche sono presenti le altre latifoglie (*Sorbus aucuparia*, *S. aria*); più frequenti sono invece l'abete bianco e, soprattutto, rosso. Lo strato arbustivo è poco caratterizzato, con *Rosa pendulina*, *Rubus idaeus*, *Laburnum alpinum*, ecc., e così pure lo strato erbaceo, poco denso, che presenta le tipiche specie della faggeta. È da notare che in alcune situazioni, almeno in Lessinia, *Abies alba* partecipa con buone coperture alla cenosi, permettendo di riconoscere, almeno dubitativamente, una variante ad abete bianco forse in parte originaria (Regione Veneto, 2010).

2.3 Ricerche archeobotaniche a Riparo Cornafessa

Le ricerche archeobotaniche condotte fino ad ora sui materiali di Riparo Cornafessa sono riassunte nel report del 2018 di Werner Kofler, Marlies Außerlechner e Klaus Oeggl, del *Research Group for Palynology and Archaeobotany* dell'*Institut für Botanik*, dell'Università di Innsbruck. Lo studio sui microfossili di Kofler, Außerlechner e Oeggl si concentra su polline, spore e palinomorfi non pollinici per fornire informazioni sulla vegetazione locale e sull'ambiente all'epoca dell'occupazione umana (Kofler *et al.*, 2018). Sono state condotte due analisi indipendenti, su polline (per valutare il contenuto pollinico) e su macroresti vegetali carbonizzati, entrambi utili alla ricostruzione della vegetazione locale.

Durante gli scavi, a cura del MUSE, presso Riparo Cornafessa, sono stati prelevati venti campioni di sedimento per l'analisi pollinica, la maggior parte dei quali ha restituito un

contenuto pollinico scarso; solo otto campioni, infatti, hanno mostrato concentrazioni polliniche sufficienti per le analisi. I campioni di polline provenienti dagli strati epigravettiani (US 5) indicano la presenza di una foresta di larici e pini cembri, che è coerente con l'altitudine e la datazione del sito. Questi risultati sono congruenti con quelli delle analisi antracologiche, effettuate su 64 campioni di sedimento. Tuttavia, nei restanti campioni si evidenziano incongruenze per quanto riguarda il contenuto, le concentrazioni e la conservazione dei pollini. L'elevata quantità di polline resistente alla corrosione, e le scarse concentrazioni di polline, indicano la degradazione selettiva delle esine più vulnerabili in tutti gli strati. La rappresentatività degli spettri pollinici è quindi inadeguata per la ricostruzione della vegetazione passata. I risultati dei resti vegetali carbonizzati sono, invece, di potenziale considerevole e promettono risultati positivi; in particolare, anche semi e frutti sono conservati negli strati, il che consente di avere un quadro più dettagliato delle forme di sussistenza dei foraggiatori nelle Alpi (Kofler *et al.*, 2018).

Risultati delle analisi palinologiche:

I risultati degli otto campioni sottoposti ad analisi polliniche mostrano, in riferimento al polline arboreo, una composizione molto simile. Polline di *Pinus*, *Larix*, *Tilia*, *Acer* e *Betula* sono prevalenti negli spettri. In due campioni compaiono *Picea* e *Quercus robur*. I granuli pollinici del genere *Pinus* osservati nei livelli di Riparo Cornafessa non possono essere assegnati morfologicamente né al gruppo *P. cembra*, né a quello *P. sylvestris*, *P. nigra*, *P. mugo*, a causa del cattivo stato di conservazione. Tuttavia, il profilo pollinico di Palù Echen, sito posto a 1256 m.s.l.m., rivela che entrambi i gruppi di *Pinus*, sia il tipo “*cembra*” che il tipo “non *cembra*”, sono presenti nell'area dall'Allerød in poi (Kofler *et al.*, 2018).

Analisi antracologiche:

Durante lo scavo del 2017, nei pressi del riparo roccioso, sono stati campionati gli strati dell'Epigravettiano recente contenenti legno carbonizzato. Lo scopo dello studio di Kofler *et al.* (2018) era quello di raccogliere informazioni sulle attività legate al fuoco nel tardo Epigravettiano e sull'ambiente locale. I carboni visibili sono stati selezionati e prelevati dal sito. Gli archeologi di campo hanno, inoltre, raccolto campioni di sedimento. Essi sono stati sottoposti a setacciatura in acqua e flottazione. I frammenti di carbone raccolti, accuratamente imballati, sono stati consegnati al Gruppo di ricerca di Palinologia e Archeobotanica, Dipartimento di Botanica dell'Università di Innsbruck, per le analisi. Sono stati esaminati tutti i campioni provenienti dall'unità stratigrafica “US 5” dello scavo 2017.

Complessivamente, US 5 comprende 64 campioni per un totale di 1033 pezzi/ frammenti di carbone, di cui la maggior parte provenienti da setacciatura.

Una prima osservazione dei carboni è stata effettuata con un microscopio binoculare fino a 50 ingrandimenti. I pezzi di carbone con dimensioni maggiori di 3,0 mm sono stati identificati utilizzando un microscopio binoculare "Zeiss Axioskop" fino a 500x ingrandimenti. I campioni di dimensioni più piccole, o quelli con deformazioni termiche o rotture avverse, sono stati identificati come "*legno di conifere indifferenziato*", "*legno di latifoglie indifferenziato*" e "*legno indifferenziato*" (Kofler *et al.*, 2018). In generale, i pezzi di carbone che si sono conservati avevano dimensioni molto ridotte. Il peso massimo documentato è stato di 0,7 g, mentre la maggior parte dei campioni pesava <0,01 g. Erano più o meno arrotondati ai bordi di rottura, suggerendo, di solito, un danno meccanico da rotolamento o da trasporto. Per completezza, va detto che l'agitazione durante i processi di vagliatura o flottazione possono produrre lo stesso tipo di danno. In ogni caso, i carboni da flottazione erano di dimensioni maggiori e meglio conservati, ma in piccole quantità (Kofler *et al.*, 2018). Il legno predominante documentato è il larice (tipo *Larix / Picea*), ma anche il pino cembro (*Pinus cembra*) e, in piccola parte, abete rosso (tipo *Picea / Larix*) sono stati ritrovati negli strati culturali. Le classi di diametro rivelano la combustione di tronchi, rami e ramoscelli. I pezzi di carbone deformati documentano un impatto con una sorgente di calore intenso; la combustione di legno morto, umido o verde viene confermata dalla tipologia di frammentazione dei campioni. L'elevata quantità di carboncini infestati da funghi indica che nelle vicinanze del riparo roccioso era disponibile una quantità sufficiente di legno morto. Le dimensioni medie annuali degli anelli di accrescimento delle conifere recuperate riferiscono di condizioni climatiche e di crescita relativamente sfavorevoli, simili a quelle del recente limite alpino. Anche i taxa identificati suggeriscono la presenza di foreste di larici e pini cembri, con alberi decidui esigenti in termini di luce come *Betula* sp. e *Acer* sp., che prosperavano nei dintorni del riparo all'epoca dell'occupazione (Oberdorfer, 2001). Un'eccezione è rappresentata dall'olmo (*Ulmus* sp.), che cresce fino a 1600 metri di quota, ma questo campione potrebbe essere stato trasportato fino al riparo da uno dei suoi frequentatori. In ogni caso, si ipotizza che la maggior parte del legno sia stato raccolto nei dintorni del riparo.

Notevole è il ritrovamento di un seme carbonizzato di Poaceae, che documenta la conservazione di alcuni semi e frutti negli strati culturali. Tuttavia, la rappresentatività di questo singolo reperto è scarsa, e le conclusioni relative alla raccolta intenzionale

richiedono un campionamento mirato per ottenere maggiori informazioni in futuro (Kofler *et al.*, 2018).

Capitolo 3

Lo studio del legno e dei carboni in archeologia

La materia prima legno ci viene fornita per la quasi totalità dalle piante a seme appartenenti alle Gimnosperme e alle Angiosperme, relativamente alla sola classe delle dicotiledoni, poiché la classe delle monocotiledoni raggruppa solo poche piante a portamento arboreo, fra cui le palme, che però hanno un fusto a struttura nettamente diversa da quella delle piante legnose in quanto esse sono in pratica delle “gigantesche erbe” (Berti *et al.*, 2020). Le gimnosperme, e parte delle angiosperme dicotiledoni, infatti, presentano accrescimento secondario, ossia accrescimento in diametro di fusto e radice, a carico di due meristemi laterali: il cambio cribro – legnoso (o cribro – vascolare) e il cambio subero-fellodermico (o fellogeno). I tessuti che traggono origine da questi meristemi costituiscono il corpo secondario della pianta.

Lo xilema (o legno) secondario si origina per attività del cambio cribro – legnoso, nell’ambito del quale è possibile distinguere due tipi di cellule: le iniziali fusiformi e le iniziali dei raggi. Dalle prime ha origine il sistema assiale e dalle altre il sistema radiale. Ne deriva che lo xilema secondario è costituito da due sistemi di tessuti (assiale e radiale) che tra loro si compenetrano e si integrano reciprocamente nelle loro funzioni. Il sistema assiale è composto da tessuti conduttori, sclerenchimatici e parenchimatici e svolge funzioni di conduzione meccanica e di riserva. Il sistema radiale è formato da tessuti parenchimatici e talvolta conduttori ed ha compiti di collegamento trasversale e di riserva. Lo xilema secondario è costituito principalmente da elementi vasali (tracheidi e/o trachee). Al tessuto vascolare si accompagnano spesso tessuti parenchimatici, meccanici e secretori (Pasqua *et al.*, 2019).

3.1 Composizione chimica

Dal punto di vista della composizione, il legno è costituito essenzialmente da cellulosa, un polisaccaride che forma l’impalcatura fondamentale della parete vegetale, e da lignina che irrobustisce la parete, fornendole consistenza elastica e resistente alla compressione. Un terzo gruppo di sostanze è costituito dalle emicellulose, anch’esse polisaccaridi. Le proporzioni di questi elementi fondamentali sono leggermente diverse in conifere e latifoglie: nelle prime, mediamente, la cellulosa è di poco inferiore al 50%, la lignina intorno al 25% e le emicellulose sul 14%; nelle latifoglie il contenuto di lignina è minore ed è invece più alto quello delle emicellulose (Pasqua *et al.*, 2019).

Il legno è dunque costituito da materia organica, che già nell'albero ancora vivo può subire attacchi da parte di insetti, funghi e altri organismi, cominciando quindi a degradarsi quando fa parte ancora della biomassa vivente. Con la morte e l'esposizione ad agenti atmosferici diversi, inizia il processo di degradazione che viene accelerato da organismi lignivori, particolarmente da funghi e batteri, e che si accentua in modo particolare in legni a contatto con il terreno o in legni che rimangono a lungo in ambiente umido e poco aerato. In questi ultimi casi poi, si verificano processi di infradiciamento del legno che porta alla formazione di masse brune pulverulente, ricche di sostanze umiche.

Esiste una importante differenza fra legno carbonizzato per azione del fuoco, carbonizzazione (*Verkohlung* degli autori di lingua tedesca), legno soggetto a carbonificazione. Questa è propria dei legni permanentemente immersi in acqua, o comunque mantenuti in condizioni di anaerobiosi (*Inkohlung* in tedesco). Entro certi limiti, quando la carbonificazione è poco spinta, ed è il caso dei legni di depositi umidi olocenici o comunque del Quaternario recente, è possibile con sostanze ossidanti, come acqua ossigenata o iposolfito di sodio, ottenere uno schiarimento della sezione sottile, mentre ciò non è possibile sul legno perfettamente carbonizzato per effetto della combustione. A differenza del legno, il carbone possiede una grande inerzia chimica, quindi è inattaccabile da microrganismi ed è poco soggetto ad altre cause di degrado, se si escludono quelle meccaniche, data la relativa fragilità di questo materiale (Castelletti, 1990).

3.2 La carbonizzazione e la conservazione dei carboni

La combustione rapida del legno porta alla formazione di cenere, la combustione lenta, con aria meno abbondante, consente la formazione di carbone. Durante la carbonizzazione il legno presenta fenomeni abbastanza vistosi di ritiro, in relazione anche a un diminuito spessore della parete cellulare. Di questo ritiro bisogna tener conto quando si intende ricostruire le dimensioni di manufatti o di elementi costruttivi; in una trave di 20 cm di diametro la carbonizzazione produrrà un calo medio di 4-5 cm e le dimensioni finali saranno di 15 cm circa. La fuoriuscita di gas durante la combustione provoca spesso la formazione di fessurazioni, in particolare in corrispondenza dei raggi midollari le cui cellule talvolta vengono quasi completamente distrutte. Tuttavia, complessivamente, in una carbonizzazione non troppo violenta, a temperatura non elevata e con scarso apporto di ossigeno, i particolari anatomici di interesse diagnostico sono ancora perfettamente riconoscibili, tanto che è spesso più agevole determinare il legno carbonizzato che non quello rimasto per un periodo prolungato immerso nell'acqua, nel quale alcuni particolari

come gli ispessimenti spirali sono scomparsi mentre sono generalmente ben riconoscibili nel carbone di legna. Le punteggiature, ossia le aperture fra vaso e vaso o fra vaso e altri elementi, nel carbone presentano in genere dimensioni superiori a quelle del legno e nel caso delle conifere le punteggiature dei campi d'incrocio, allargate o lacerate per effetto dei gas di combustione, perdono ogni valore diagnostico (Castelletti, 1990). Esiste poi una notevole differenza fra il carbone, residuo di braci di un focolare dove il legno è bruciato con fiamma viva in presenza di abbondante aria, e il carbone di legna proveniente da combustione lenta. Questo, all'interno della catasta, ha subito un processo di combustione lenta, al limite con un calore molto intenso, che gli ha conferito una particolare durezza e superfici con fratture nette e lucide. Queste caratteristiche permettono, già a livello macroscopico, di riconoscerne la provenienza. Il riconoscimento è, d'altronde, importante, visto il ruolo essenziale che il carbone di legna ha giocato sin dall'antichità, come combustibile alternativo al legname ad alto potere calorifico più elevato (4500 kcal/kg nel legno e 7600 kcal/kg nel carbone di carbonaia) e quindi con minore ingombro anche per oneri di trasporto, cosicché non meraviglia il fatto di trovarlo abbondanti tracce, per esempio, in depositi archeologici etruschi (Castelletti, 1986). Il principale problema della conservazione del carbone è la sua fragilità, che dipende in parte dalla specie di provenienza ma, in parte ancor più preponderante, da una serie di fattori che riguardano sia la fase di combustione che quella successiva pre deposizionale e infine la fase di deposizione vera e propria. Il carbone bruciato ad alta temperatura, privato di tutte le sostanze volatili, tende ad essere più poroso, più duro ma anche più fragile. Le dimensioni hanno pure la loro influenza: rametti piccoli o piccolissimi carbonizzati divengono estremamente fragili ed è per questo che sono in genere rari nei depositi e forse a questo fatto è anche da attribuirsi la non grande abbondanza nelle ricerche antracologiche di carboni di piccoli cespugli che producono fusti di limitatissimo spessore, come mirtilli, rododendri ecc. Anche le condizioni successive alla carbonizzazione possono influire: per esempio, lo spegnimento delle braci ancora roventi con acqua provoca la formazione di numerosissime fessure mentre l'esposizione prolungata del carbone o il suo trasporto ad opera di agenti naturali o il calpestio di uomini e animali producono frammentazione sino a polverizzazione e scomparsa, smussamento e arrotondamento dei frammenti. In alcuni depositi i carboni tendono, pur rimanendo in posto, per effetto della lunga permanenza e di impercettibili movimenti delle particelle e, probabilmente, per percolazione di acqua, a disgregarsi procedendo dall'esterno verso l'interno: ciò si verifica con maggiore evidenza nel carbone di quercia. I carboni di legni a struttura poroso-zonata, come l'olmo, tendono a

perdere la fascia di legno primaticcio, più fragile perché provvista di numerosi grandi vasi; anche nella quercia si verifica un fenomeno analogo che si sovrappone alla tendenza a fessurarsi in liste secondo la direzione dei grandi raggi midollari, cosicché, per lunga sollecitazione meccanica, si formano alla fine sottili e lunghe liste costituite quasi esclusivamente dalla parte tardiva del legno. La rottura in corrispondenza della linea dei pori primaverili avviene anche nel frassino e così nel castagno, nel quale spesso si verifica il distacco dei singoli anelli di accrescimento l'uno dall'altro (cipollatura del carbone). Invece i legni a pori piccoli non presentano piani preferenziali di frattura e si frammentano in forme assai variabili (Castelletti, 1990).

3.3 Xilema secondario delle gimnosperme

Lo xilema secondario delle gimnosperme, formato solo da tracheidi, presenta una struttura omogenea ed è chiamato omoxilo (Fig. 9). Nell'ambito del sistema assiale, non vi sono fibre sclerenchimatiche e le cellule parenchimatiche sono poco numerose o del tutto assenti. Fatta eccezione per le Gnetofite, non sono presenti trachee, ma solo tracheidi con pareti particolarmente ispessite, che svolgono al contempo funzione di conduzione e di sostegno e sono per questo chiamate fibrotracheidi. Le fibrotracheidi sono punteggiate con punteggiature areolate, sempre accoppiate e con un ruolo nella comunicazione tra cellule contigue. Il sistema radiale è costituito da raggi midollari uniseriati, ossia formati da un singolo strato di cellule. Questi sono costituiti principalmente da cellule parenchimatiche e talvolta anche da tracheidi, dette tracheidi dei raggi midollari.

Frequentemente si trovano dotti resiniferi, sia nel sistema assiale sia in quello radiale; nel primo caso questi decorrono longitudinalmente, nel secondo radialmente (Pasqua *et al.*, 2019). Le pareti delle tracheidi di alcuni generi (*Pseudotsuga*, *Taxus*) presentano dei caratteristici ispessimenti elicoidali. Le cellule parenchimatiche sono disposte per la maggior parte radialmente formando raggi uniseriati, cioè formati da una sola fila di cellule. Le cellule parenchimatiche disposte assialmente si distinguono facilmente dalle tracheidi. Il legno delle gimnosperme contiene canali resiniferi, posti assialmente e anche posti in direzione radiale all'interno dei raggi parenchimatici, ad eccezione di quello di *Abies alba* e generi *Taxus*, *Cupressus*, *Cedrus* che però possono presentarli come conseguenze di ferite o traumi. Il legno delle gimnosperme presenta anelli di accrescimento ben marcati perché le tracheidi formatesi al termine del periodo vegetativo (legno tardivo) hanno pareti più spesse di quelle formatesi precedentemente (legno primaticcio) (Berti *et al.*, 2020).



Figura 9: Sezione trasversale di legno di gimnosperma (da: atlantebotanica.unito.it)

3.3.1 Legno di conifere

I legni di conifere hanno tutti una struttura simile con poche grosse differenze, per cui è importante porre attenzione ai dettagli, ricorrendo al microscopio per riuscire a identificarli (Berti *et al.*, 2020). L'esame al microscopio prevede l'osservazione di sezioni sottili prelevate nei tre piani del campione, iniziando sempre dallo studio della sezione trasversale.

Sezione trasversale:

In sezione trasversale le tracheidi si presentano come cellule subpoligonali a pareti più o meno spesse e a lume cellulare più o meno ampio; i canali resiniferi verticali, quando sono presenti, appaiono come grossi buchi di forma da circolare a poligonale, mentre le cellule parenchimatiche, formanti i raggi, come stretti cordoni di cellule. Le cellule parenchimatiche assiali, quando sono presenti, hanno forma simile alle tracheidi, ma con pareti più sottili e lume cellulare riempito di sostanze scure. Per quanto riguarda i canali resiniferi le osservazioni non si limiteranno a rilevare la loro presenza, ma anche le loro dimensioni, la loro posizione all'interno degli anelli di accrescimento e lo spessore delle pareti delle cellule epiteliali secernenti che circondano tali canali (Berti *et al.*, 2020).

Sezione longitudinale radiale:

Nella sezione longitudinale radiale le tracheidi appariranno come tubi rettangolari con sulle loro pareti le grosse punteggiature areolate, di cui va osservata la disposizione e, a volte, anche la forma dell'orifizio, mentre nei "campi di incrocio" possiamo vedere i vari tipi di

punteggiature semplice presenti sulla parete della cellula parenchimatrica e la loro disposizione. Un carattere diagnostico utile è la presenza di cellule tracheidali nei raggi, vere e proprie tracheidi disposte parallelamente alle cellule parenchimatriche dei raggi ma facilmente riconoscibili da quest'ultime per la punteggiatura: areolata nelle tracheidi, semplice nelle cellule parenchimatriche. Nel caso in cui tali tracheidi radiali risultino presenti è utilissimo osservare se le loro pareti sono lisce o presentano delle dentellature dovute a un loro ispessimento irregolare ed anche se le loro pareti terminali presentano degli ispessimenti nodulari (Berti *et al.*, 2020).

Sezione longitudinale tangenziale:

Nella sezione longitudinale tangenziale si può osservare: l'altezza dei raggi, cioè il numero delle file di cellule che li compongono; se sono mono o biseriati; la loro forma più o meno affusolata; la forma rotonda od ovale della sezione delle cellule parenchimatriche che li compongono; la presenza o meno di canali resiniferi orizzontali e la forma e dislocazione nel raggio di questi ultimi, che non sempre è centrale, ma come in *Larix decidua*, può essere eccentrica. Anche in questa sezione è facilmente osservabile la presenza o meno di ispessimenti elicoidali delle pareti delle tracheidi (Berti *et al.*, 2020).

3.4 Xilema secondario nelle angiosperme

Nello xilema secondario delle angiosperme (Fig.10), il sistema assiale è costituito da cellule conduttrici di tipi diversi (tracheidi e trachee), di sostegno (principalmente fibre) e parenchimatriche (parenchima assiale). Nello xilema secondario quindi si trovano tracheidi, trachee e una serie di cellule con caratteristiche intermedie; la struttura risulta disomogenea e lo xilema è detto eteroxilo. Anche nello xilema secondario delle dicotiledoni sono frequenti, sia nel sistema assiale che in quello radiale, dotti resiniferi, oltre a secretori di vario tipo (oleiferi, mucipari, gummiferi, ecc.) (Pasqua *et al.*, 2019). Tracheidi e trachee possono avere dimensioni diverse e distribuirsi in vari modi, più o meno caratteristici, all'interno di ogni anello di accrescimento. In alcune specie c'è una fortissima differenza dimensionale a seconda che i vasi si siano formati all'inizio o al termine della ripresa vegetativa, che dà luogo a cerchi porosi visibili a occhio a nudo [...]. La presenza di tali cerchi porosi è un elemento diagnostico molto utile per il riconoscimento del legno. Le fibre sono di scarsa utilità ai fini diagnostici del riconoscimento del legno ma sono di primaria importanza determinando le caratteristiche fisiche e meccaniche del legno. Le cellule parenchimatriche sono presenti nelle latifoglie in

maggior numero che nelle conifere e sono disposte sia radialmente (formando raggi uniseriati o pluriseriati) sia assialmente (Berti *et al.*, 2020).

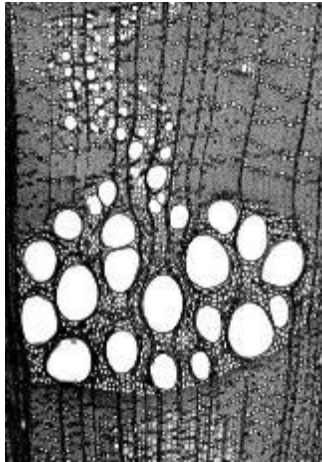


Figura 10: Sezione trasversale di *Quercus* sp. (da <https://arboretum.harvard.edu/>)

3.4.1 Legno di latifoglie

Per prima cosa si osserverà la presenza, o meno, del cosiddetto anello poroso, formato dai grandi vasi primaverili disposti a cerchio (riscontrabili, ad esempio, nelle querce caducifoglie, in *Castanea sativa*, in *Fraxinus* sp.), e poi se i raggi sono visibili ad occhio nudo (tra i legnami distribuiti in Italia, li troviamo in *Quercus* sp., *Fagus* sp. e *Platanus* sp.).

Sezione trasversale:

Nella sezione trasversale si osservano per primi i vasi e precisamente la forma della loro sezione (che può essere circolare, ellittica o poligonale), le loro dimensioni, se vi è una forte differenza tra i vasi primaverili e autunnali, il numero e la distribuzione di quest'ultimi in ogni anello di accrescimento (numerosi e distribuiti in ogni anello annuale a forma di cono capovolto nelle querce caducifoglie, meno numerosi ed a linee oblique in *Castanea sativa*, numerosissimi e disposti a bande ondulate in *Ulmus* sp. Sempre poi relativamente ai vasi osserveremo se contengono ed in qual misura tili. Passando poi all'esame dei raggi occorre rilevare quali tipi sono presenti: monoseriati, pluriseriati o aggregati. Di grande importanza diagnostica è il rilevare la presenza, la quantità e soprattutto la disposizione del parenchima assiale (Berti *et al.*, 2020).

Sezione longitudinale radiale:

Nella sezione longitudinale radiale si esaminerà dei vasi sia il tipo di perforazione vasale esistente, sia il tipo e la distribuzione delle punteggiature intervascolari e delle punteggiature raggio – vaso e l'eventuale presenza, sulle pareti dei vasi, di ispessimenti

elicoidali. Passando allo studio dei raggi, ne va rilevato il tipo (omocellulare o eterocellulare) osservando se le cellule che li compongono sono o no, tutte morfologicamente simili. Infine, un ultimo elemento da prendere in considerazione è la presenza o meno di cristalli siti all'interno delle cellule parenchimatiche radiali o longitudinali (Berti *et al.*, 2020).

Sezione longitudinale tangenziale:

Nella sezione longitudinale tangenziale possiamo di nuovo osservare il tipo dei raggi, il tipo di perforazione vasale, l'eventuale presenza di ispessimenti elicoidali delle pareti vasali, la forma della sezione dei raggi e delle singole cellule parenchimatiche che li costituiscono (Berti *et al.*, 2020).

3.5 Il riconoscimento del legno

Il legno, e il carbone che ne deriva per combustione, presentano, oltre a una struttura macroscopica che può essere un aiuto preliminare nella identificazione, una ben definita architettura microscopica che permette una differenziazione quasi sempre a livello di genere. L'architettura anatomica del legno può essere meglio definita quando si considerano i tre piani o sezioni fondamentali, nel carbone indicati come "piani di frattura" in rapporto al modo con cui vengono ottenuti, e cioè la sezione trasversale perpendicolare all'asse di accrescimento del fusto, la radiale, parallela a quell'asse e passante per il centro e la tangenziale pure parallela all'asse e corrispondente alla tangente del cerchio costituito dal piano trasversale (Castelletti, 1990).

Mentre alcuni legni hanno delle caratteristiche macroscopiche tali da renderne certo il riconoscimento con una loro attenta osservazione ad occhio nudo (p.e. *Fagus* sp.), ciò non è sufficiente per la maggior parte dei legni, per i quali l'analisi macroscopica deve essere accompagnata da quella microscopica, onde poter sperare di pervenire, se non sempre alla sicura identificazione della specie, almeno al suo genere. A complicare ulteriormente le cose c'è il fatto che un legno può presentare caratteristiche diverse anche nell'ambito della stessa specie. Le variazioni nella struttura del legno possono essere dovute a diversi fattori: agenti esterni come il clima e il terreno, ma anche fattori interni come l'età dell'albero oppure l'altezza del tronco da cui proviene il campione (Berti *et al.*, 2020).

Il riconoscimento del legno può avvenire grazie all'utilizzo di una chiave di identificazione in forma dicotomica, che, secondo Berti *et al.* (2020), deve essere "*pratica, precisa e obiettiva*". Essa deve inoltre essere per forza limitata ad un certo numero di specie

legnose di un dato paese, e ricorrere a caratteri che sono sempre presenti in una data specie legnosa. Anche una xiloteca, ovvero una raccolta sistematica di campioni di legno identificati e catalogati, può rappresentare un valido strumento di supporto per il riconoscimento e lo studio delle diverse specie legnose, soprattutto a fini comparativi e didattici.

3.6 Applicazioni all'antracologia

“Il carbone presenta un alto grado di interesse per le ricerche paleoecologiche; è di aiuto all'archeologia perché, data la sua grande diffusione e caratteristiche di conservazione, può fornire elementi conoscitivi sull'utilizzo da parte dell'uomo di quella importantissima materia prima che è stata, soprattutto in passato, il legno. [...] Non meno interessanti sono le informazioni etnografiche sull'utilizzo del legno come combustibile, in vari usi e applicazioni per attività domestiche ed artigianali, [...]. Un ultimo punto riguarda la preservazione, sotto forma carbonizzata, di legni lavorati, siano essi stati manufatti mobili o strutture fisse, di piccole o di grandi dimensioni, spesso le uniche tracce che sopravvivono di società nelle quali il legno giocava un ruolo fondamentale come materia prima dalle molteplici applicazioni (pag. 6, Castelletti, 1990).”

L'antracologia, ovvero lo studio dei resti di combustibile ligneo provenienti da siti archeologici, consiste nell'identificazione e nell'esame di resti di legno carbonizzati, basandosi sull'osservazione della struttura anatomica del legno nelle tre dimensioni (sezione tangenziale, trasversale, radiale) (Kabukcu, 2018). Le prime identificazioni note di legno in ambito archeologico vennero effettuate nel XIX secolo da Unger (1849) e successivamente da Heer e Passerini (in Pigorini 1865). Nei decenni successivi, fino agli inizi del XX secolo, le identificazioni di macro resti, inclusi i resti carpologici e antracologici, divennero più diffuse (Mabj, 1932). Nel ventesimo secolo, le tecniche per identificare legno e carbone di legna migliorarono l'efficienza dell'analisi e aumentarono il numero di campioni gestibili. Nella prima metà del secolo, i campioni venivano impregnati di resina e sezionati per l'osservazione al microscopio, ma si adottarono presto metodi più veloci e meno costosi: i frammenti venivano sezionati manualmente per le osservazioni al microscopio a basso ingrandimento, consentendo l'analisi di più campioni senza l'utilizzo della resina. Negli anni '60, la microscopia a luce riflessa e la crescente disponibilità di collezioni di riferimento, come la collezione Cecilia A. Western, resero lo studio di macro-resti di carbone di legna un metodo standard in antracologia. Parallelamente, aumentò l'interesse per la storia della vegetazione, spinti dalla consapevolezza dell'impatto umano

sull'ambiente, e si pubblicarono atlanti anatomici del legno per facilitare l'identificazione delle specie. Studi pionieristici, come quello di Salisbury e Jane (1940) a Maiden Castle, suggerirono che le proporzioni tra specie nei resti di carbone riflettessero la composizione vegetale preistorica locale, sostenendo che la raccolta della legna fosse non selettiva, in quanto le specie venivano scelte senza considerare le proprietà combustibili. Tuttavia, questa interpretazione fu criticata da Godwin e Tansley (1941), che evidenziarono come i parametri tecnologici e culturali potessero influenzare la scelta del combustibile, portando a *bias* nella rappresentazione delle specie. La loro critica introdusse una problematica centrale in antracologia: quanto i resti di legna da ardere possano davvero rappresentare la copertura vegetale del passato. Godwin e Tansley sottolinearono anche i processi tafonomici e l'importanza della selezione nei modelli interpretativi, aspetti che si rivelarono centrali per la metodologia antracologica moderna. Un ulteriore contributo importante fu la "legge della frammentazione" di Chabal (1988, 1992), che descriveva come i frammenti di carbone, indipendentemente dalla specie, tendessero a rompersi in modo lognormale, con una maggioranza di piccoli frammenti. La comprensione di questo processo tafonomico ha permesso di adattare le analisi per riflettere in modo accurato la composizione tassonomica attraverso curve di rarefazione, costituendo le basi per analizzare e ricostruire le pratiche di uso del combustibile. Negli anni successivi, il principio dello sforzo minimo (PLE), proposto da Zipf (1949), influenzò profondamente le interpretazioni antracologiche. Questo principio sostiene che l'uomo tende a ottenere il massimo risultato con il minimo sforzo, influenzando la raccolta della legna, spesso effettuata nelle vicinanze degli insediamenti e in proporzione alla disponibilità delle specie. In contesti ricchi di legname, le economie tendevano a selezionare specie preferite per le loro caratteristiche combustibili, mentre in condizioni di scarsità la selezione era meno rigorosa. Mentre alcuni ricercatori sostengono che la selezione della legna è principalmente culturale, con preferenze legate a percezioni specifiche delle qualità combustibili, studi etnoarcheologici come quelli di Picornell *et al.* (2011) hanno dimostrato che la scelta della legna possa essere dettata tanto da necessità pratiche quanto da norme culturali. In Guinea Equatoriale, ad esempio, le aree di raccolta sono determinate da percezioni spirituali e culturali, evitando la foresta abitata da spiriti, mentre si sfruttano le aree socializzate come campi e frutteti (Picornell *et al.*, 2011). Altri studi mostrano come, in Siberia, la selezione del combustibile segua criteri culturali e simbolici, con la preferenza per il larice piuttosto che per la betulla, considerata nociva (Kabukcu, 2018). La selezione del combustibile risponde a una gamma complessa di fattori antropologici, che riflettono non solo la

disponibilità di risorse, ma anche le modalità di percezione, adattamento e integrazione delle risorse naturali nelle pratiche quotidiane e nelle economie di sussistenza delle antiche comunità. I resti di carbone rappresentano quindi il risultato finale di questo complesso processo di approvvigionamento e utilizzo del combustibile (Kabukcu, 2018).

Capitolo 4

Materiali e metodi

Il lavoro di questa tesi di laurea è stato svolto sui materiali raccolti durante la campagna di scavo 2019 presso Riparo Cornafessa. Sono stati analizzati i carboni provenienti dalle seguenti unità stratigrafiche (U.S.): 204/301, 301, 301C, 301E, 305. Tutte sono riconducibili al medesimo momento di frequentazione datato alla fine del Mesolitico (7245–6954 cal BP, 7575–7721 cal BP) e inquadrabile nel Castelnoviano finale (Angelucci *et al.* 2022). La descrizione delle unità stratigrafiche oggetto di studio (da report geoarcheologico redatto dal Prof. D.E. Angelucci, Università degli Studi di Trento) è disponibile in Allegato I.

Sono stati studiati sia i macroresti carbonizzati recuperati a vista durante lo scavo, sia i campioni provenienti dalle attività di flottazione/setacciatura in acqua dei singoli sedimenti. Il flottaggio è stato eseguito con setacci con maglia 0,05 mm, mentre il resto dei materiali sono stati setacciati con grata da 0,5 mm più una rete in fibra di vetro di 0,1 mm. I carboni da setacciatura non sono stati visionati poiché attualmente conservati, per motivi di studio e ricerca, presso l'Università di Bologna. I carboni da flottazione sono stati separati manualmente dal resto dei materiali (principalmente malacofauna e sedimento) e trasferiti in provette eppendorf siglate ai fini di facilitarne la manipolazione e il trasporto. Nel frattempo, si è provveduto alla redazione di un registro, in forma di tabella Excel, dei materiali oggetto di studio in questa tesi.

Le indagini sul materiale raccolto sono state condotte presso il Laboratorio di Palinologia e Archeobotanica del Centro Agricoltura Ambiente “Giorgio Nicoli” nella sede operativa di San Giovanni in Persiceto (BO), sotto la supervisione del prof. Marco Marchesini e del suo gruppo di ricerca e presso il Laboratorio di Preistoria e Archeozoologia del MUSE sotto la supervisione della dott.ssa Rossella Duches e del suo gruppo di ricerca.

L'identificazione tassonomica è stata condotta tramite l'utilizzo di uno stereomicroscopio *Leica M 165C with magnification from 0.75 to 125x*, fotocamera e relativi software e tramite un microscopio ottico *Optech Mec 102 dic*: ogni frammento di carbone isolato è stato osservato mediante frattura manuale che ha esposto le tre sezioni fondamentali (trasversale, radiale, tangenziale; Castellano L., 2018). Le determinazioni sono state condotte tramite impiego di specifiche chiavi analitiche, di atlanti anatomici (Berti *et al.*

2020, Grosser 1977, Schweingruber 1990) e della xilo-antracoteca del Laboratorio di Palinologia e Archeobotanica del CAA “G. Nicoli”.

Tabella 1: I campioni analizzati

Quadrante/Quadrato:	US				Totale
	301	301 C	301 E	204/301	
47 G/g	2				2
47 H/a b d e f g i	21				22
47 I/a b c d e f i	11				20
48 G/i	2				2
48 H/ a b c d e f g h i	27				27
48 I/a b c d e f g h i	18	12			37
49 G/g	2				2
49 H/a b c d e f g h i	53			2	55
49 I/a b c d e f g h i	16	16	6	14	54
49 J/a	1				1
50 I/g		1			1
					223

Una prima osservazione dei campioni è stata effettuata con lo stereomicroscopio. I carboni con dimensioni > 5 mm in sezione trasversale sono stati identificati, quando possibile, a livello di taxon. Quando non possibile perché deformati, eccessivamente frammentati o fragili al tocco sono stati identificati come “legno di conifere indifferenziato” e “legno di latifoglie indifferenziato”. Complessivamente sono stati analizzati 223 campioni: di questi, 192 erano carboni da flottazione e 11 erano stati raccolti a vista durante la campagna di scavo.

Tabella 2: Campioni analizzati per quadrante, elencati in base alla pre-elaborazione archeologica

	US				
	301	301 C	301 E	204/301	Totale
Raccolti a vista	0	11	0	0	11
Vaglio*	0	0	0	0	0

Flottazione	153	18	6	16	212
*vaglio: selezione dei materiali antropogenici e degli ecofatti, fatta a mano con pinzette dopo il flottaggio in acqua.					223

Dopo l'osservazione allo stereomicroscopio, i frammenti di carbone ritrovati nei campioni da flottazione sono stati raccolti e confezionati all'interno di fogli in alluminio opportunamente siglati. La nomenclatura botanica utilizzata è in accordo con la classificazione APG IV (*Angiosperm Phylogeny Group IV* del 2016) modificata e semplificata in alcuni casi sulla base di Pignatti, come in Bettineschi *et al* (2023).

4.1 I carboni da flottazione



Figura 12: separazione dei carboni da flottazione

Il metodo scelto dal personale in scavo per separare i macroresti vegetali dalla matrice terrosa è stato quello che combina il procedimento della flottazione in acqua con quello della setacciatura in acqua. I carboni da flottazione provenienti dalle US 204/301, 301, 301C, 301E e 305 presentavano dimensioni ridotte, ossia da 2 mm a 12 mm. Sono stati analizzati tutti i carboni di dimensione superiore a 5 mm e parte dei carboni di dimensione inferiore, per un totale di 192 carboni. Dei 212 carboni selezionati inizialmente, infatti, 20 si sono

frantumati durante il processo di riconoscimento, rendendo impossibile la prosecuzione del loro studio. L'identificazione tassonomica è stata condotta tramite utilizzo delle chiavi analitiche, della xilo – antracoteca, dello stereomicroscopio e dell'affiancamento del gruppo di lavoro del centro “G. Nicoli” di San Giovanni in Persiceto. Una volta isolato il carbone, mediante frattura manuale sono state osservate le tre sezioni fondamentali (trasversale, radiale, tangenziale).



Figura 13: Osservazione dei carboni allo stereomicroscopio

Capitolo 5

Risultati e discussione

5.1 Risultati

5.1.1 Campioni da flottazione

I campioni da flottazione (intesi come sacchetti di sedimento/reperi) provenienti dallo scavo 2019 delle U.S. 204/301, 301, 305 sono 212. Di questi:

- il 67% presenta carboni;
- il 19% presenta carboni la cui separazione dal resto del sedimento non è stata possibile;
- il 14% dei materiali da flottazione non presenta carboni.

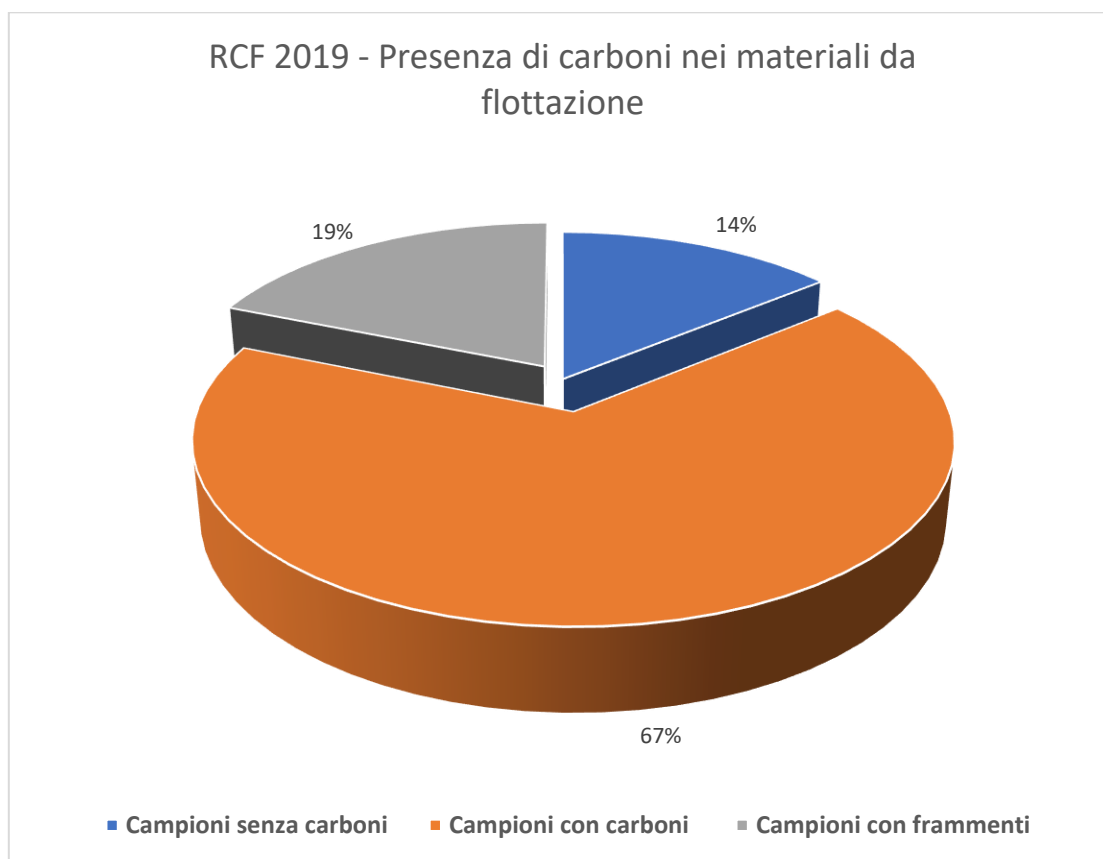


Grafico 1: RCF 2019 - presenza carboni riscontrata in campioni da flottazione

5.1.1 I materiali delle U.S. nel dettaglio:

U.S. 301

L'U.S. 301 presenta 177 campioni flottati. Di questi:

- il 9% presenta uno o più carboni di dimensione > 5 mm;
- il 52% presenta solamente carboni di dimensioni < 5 mm;
- il 23% presenta carboni la cui separazione dal resto del sedimento non è stata possibile;
- il 16% non presenta carboni.

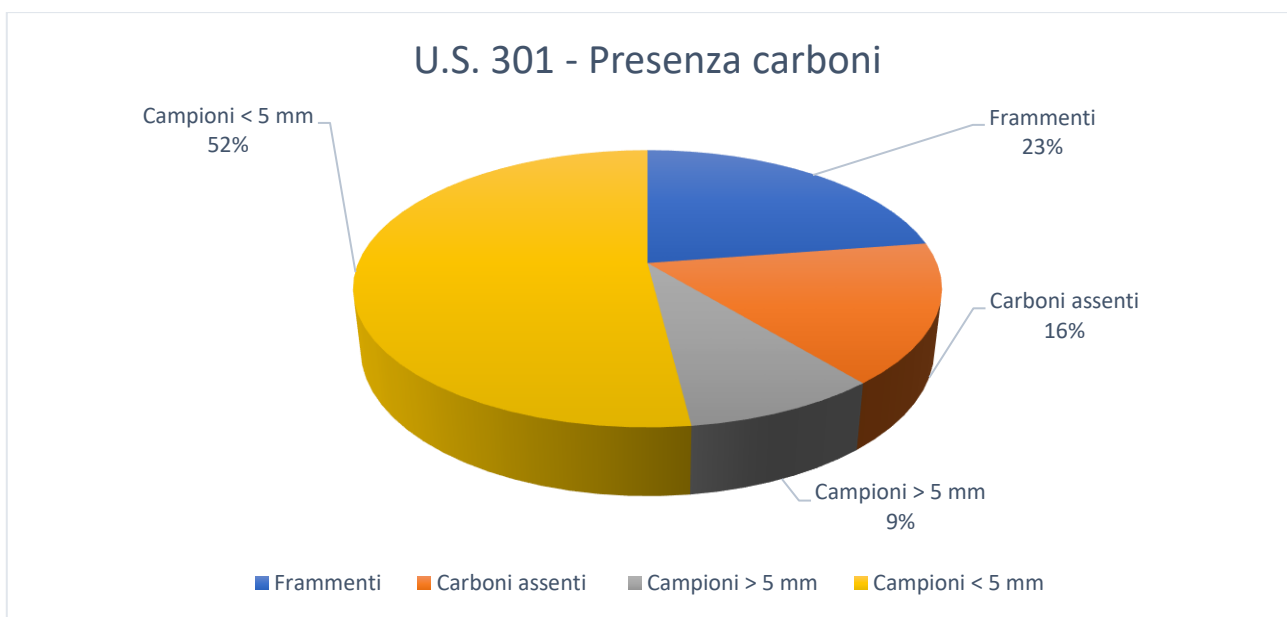


Grafico 2: US 301 - presenza carboni

U.S. 204/301

L'U.S. 204/301 (interfaccia tra i due livelli) presenta 16 campioni flottati. Di questi:

- il 50% presenta uno o più carboni di dimensione superiore ai 5 mm;
- il 50% presenta solamente carboni di dimensioni inferiori ai 5 mm;

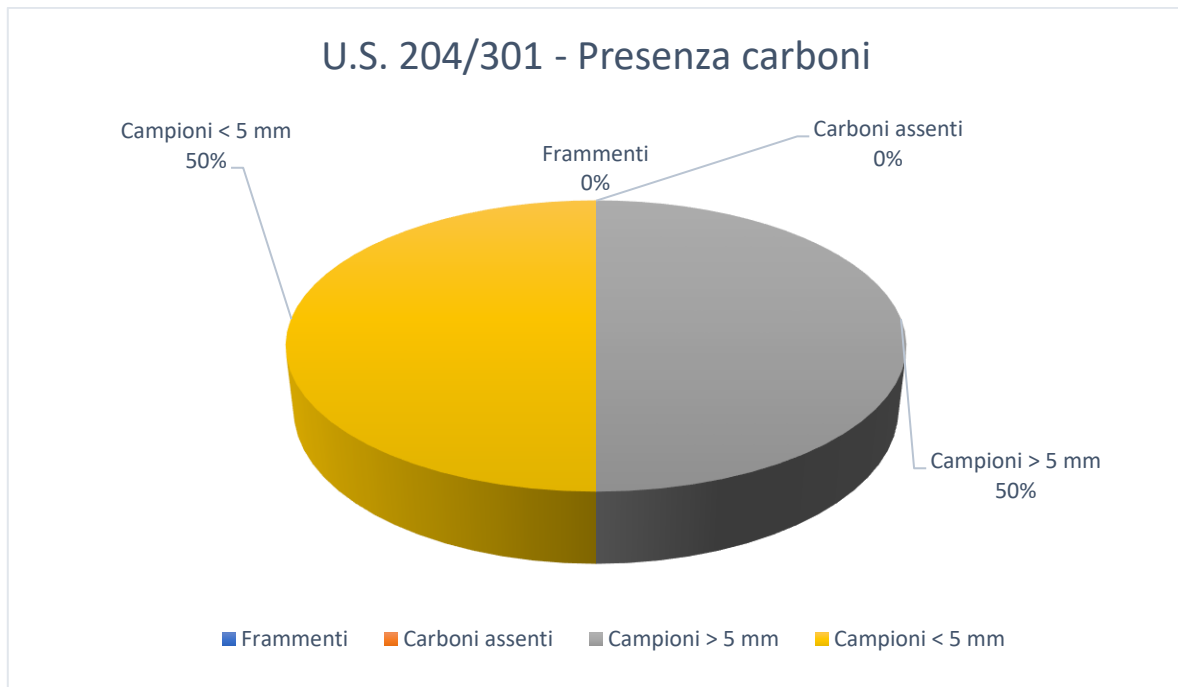


Grafico 3: US 204/301 - presenza carboni

U.S. 305

L'U.S. 305 presenta 19 campioni flottati. Di questi:

- il 26% presenta uno o più carboni di dimensione superiore ai 5 mm;

- il 69% presenta solamente carboni di dimensioni inferiori ai 5 mm;
- il 5% non presenta carboni;

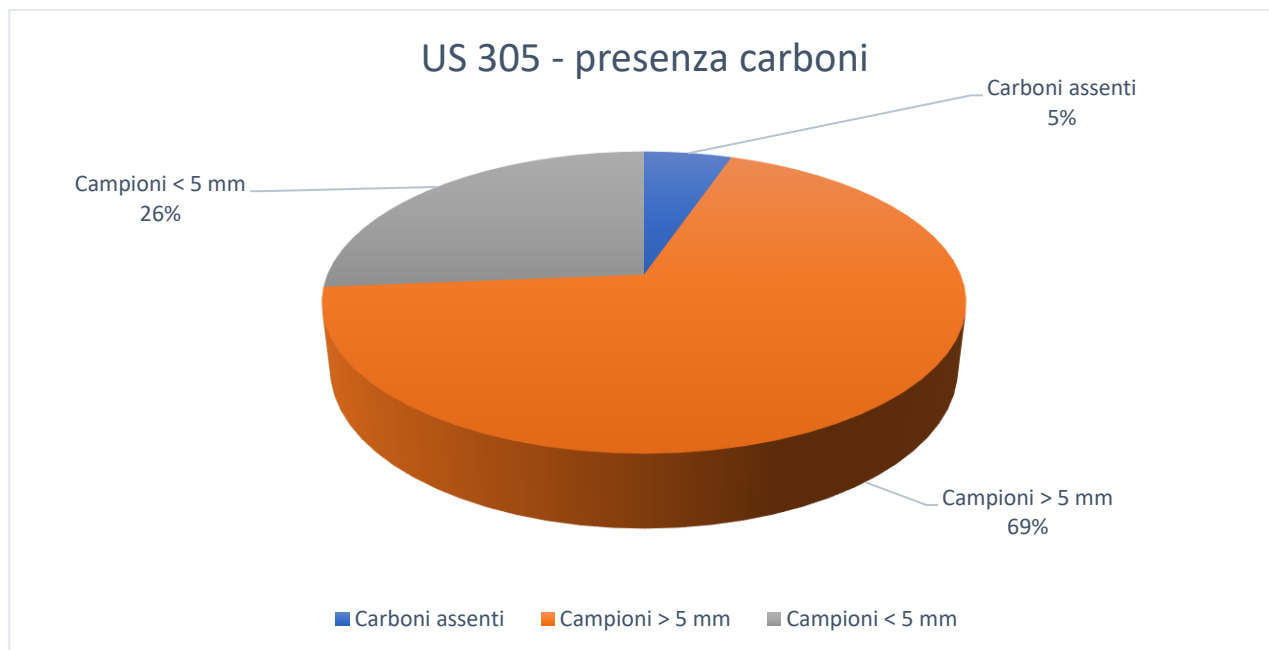


Grafico 4: US 305 - presenza carboni

Lo stato di conservazione e le dimensioni dei carboni da flottazione hanno permesso di rilevare, in 134 casi, il riconoscimento a livello di genere, e, in 5 casi, il riconoscimento a livello specifico. Il numero di reperti analizzati ammonta a 192 frammenti carbonizzati, poiché, durante il loro studio, 20 di essi si sono frammentati. Emerge una predominanza di specie arboree, legate soprattutto al genere *Ulmus* e alle conifere della famiglia delle Pinaceae. Su 192 reperti, 190 appartengono al gruppo delle arboree, e solo una (*Frangula alnus*) è classificabile come arbustiva. Delle prime, il genere più rappresentato è *Ulmus* con il 47% sul totale; a seguire la famiglia delle Pinaceae con il 32% del totale (26 Pinaceae indifferenziate, 32 *Pinus* e 1 *Abies alba*). Sono stati inoltre rilevati 3 carpini neri (*Ostrya carpinifolia*), 12 campioni del genere *Fraxinus*, 1 frangola (*Rhamnus frangula*), 1 campione appartenente alla famiglia delle Corylaceae e 1 appartenente alla famiglia delle Betulaceae. In base agli spettri è stato redatto un istogramma riportante il numero di reperti per ogni *taxon* rinvenuto (Figura 15)

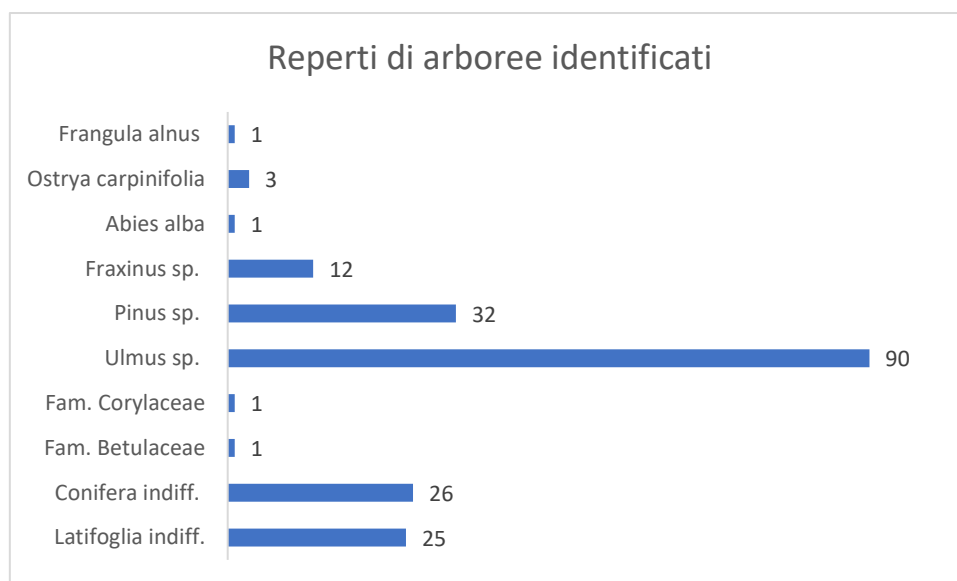


Figura 15: taxa rilevati

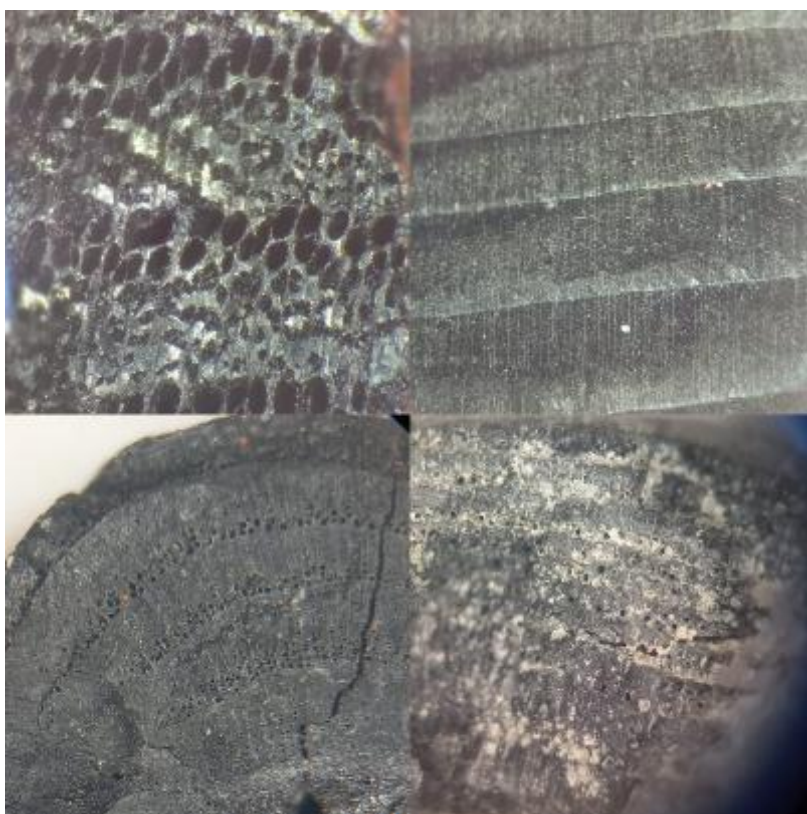


Figura 16: Fotografie allo stereomicroscopio di alcuni dei taxa rilevati. In alto a sx: Ulmus, in alto a dx: conifera indiff., in basso a sx: Frangula alnus, in basso a dx: Fraxinus (foto di campioni di proprietà del CAA)

5.2 Discussione dei risultati

Il quadro che emerge dalle analisi svolte sui campioni da flottazione conferma quanto rilevato da Kofler *et al.* (2018) che ricostruiva una composizione forestale ricca di conifere. Una novità è rappresentata dalla frequenza di ritrovamento di carboni di legna del genere *Ulmus*, in particolare nell'U.S. di interfaccia 204/301, e che Kofler *et al.* hanno ritrovato una sola volta, ipotizzando il suo probabile trasporto da parte dell'uomo, pur se non da grandi distanze. In riferimento alle conifere, i carboni predominanti documentati appartengono al genere *Pinus*, seguito da carbone di Conifere indiff. e da un reperto di *Abies alba*. Alcuni esemplari del genere *Fraxinus*, tre carpini neri (*Ostrya carpinifolia*), una frangola (*Frangula alnus*), due carboni identificati a livello di famiglia (Betulaceae e Corylaceae) e 25 carboni di latifoglie la cui identificazione non è stata possibile integrano i taxa rinvenuti nei campioni analizzati. I pezzi di carbone presentano alcune deformazioni, facendo presupporre il contatto con una fonte di calore intenso, come quello da combustione. I carboni provenienti dagli strati culturali, anche se derivanti da focolari, hanno comunque il potenziale di riflettere la vegetazione circostante e sono indicativi per ricostruzioni paleovegetazionali (Kofler *et al.*, 2018).

In riferimento al consistente ritrovamento di carboni di *Ulmus* sp., Castelletti (1990) evidenzia come i carboni, di produzione e dispersione essenzialmente antropica, tendano a trovarsi dispersi nel suolo in modo disomogeneo, e tendano a formare addensamenti. I carboni, inoltre, sono presenti in modo discontinuo lungo una colonna stratigrafica, perché legati a precisi eventi, quale la produzione di fuoco ad opera dell'uomo. Essi, quindi, possono contribuire allo studio della flora e della vegetazione intorno al sito, dando indicazioni sulla flora legnosa in particolare, in relazione all'approvvigionamento di combustibile: spesso alcune specie, perché inadatte a fare fuoco, o perché a scarsa resa o di difficile raccolta (come certe specie spinose), non compaiono o compaiono raramente negli spettri dei carboni (Castelletti, 1990).

L'analisi dei carboni provenienti dai livelli mesolitici di Riparo Cornafessa offre una possibilità di confronto con i dati antracologici già disponibili. La presenza di legno carbonizzato di *Pinus* e di altre conifere è coerente con il quadro paleoecologico del periodo, che vedeva una prevalenza di foreste di aghifoglie nelle fasce altimetriche elevate (Kofler *et al.*, 2018). Il ritrovamento di carboni di *Ulmus* rappresenta un elemento di discontinuità rispetto ai dati regionali: mentre Kofler *et al.* (2018) ne hanno documentato la presenza solo in un'occasione, i livelli mesolitici di Riparo Cornafessa mostrano

un'abbondanza relativa maggiore di questo albero. Questo potrebbe suggerire un trasporto antropico selettivo di legna, oppure la presenza di popolamenti locali di *Ulmus* (Castelletti, 1990), oppure di un singolo individuo particolarmente sfruttato. L'integrazione dei dati indica che *Ulmus* era probabilmente meno abbondante nelle zone di alta quota, e che la sua maggiore rappresentazione nei livelli di combustione potrebbe essere dovuta a pratiche di raccolta e trasporto selettivo da aree a bassa quota, dove la specie era più comune (Kofler *et al.*, 2018).

La presenza di *Fraxinus*, *Ostrya carpinifolia* e *Rhamnus frangula*, insieme ad altri frammenti di latifoglie indifferenziate, suggerisce che le comunità umane abbiano selezionato una varietà di essenze legnose per la combustione, in parte riflettendo la vegetazione locale e in parte derivando da un'attività di raccolta mirata (Kofler *et al.*, 2018). Come sottolineato da Castelletti (1990), la distribuzione spaziale dei carboni può essere disomogenea a causa delle pratiche di accumulo e combustione antropica, rendendo necessaria una prudenza interpretativa nell'uso di questi dati per la ricostruzione della vegetazione.

Altre informazioni si possono ricavare da alcune deformazioni osservate nei carboni, che potrebbero indicare un'esposizione a temperature elevate. Questo può essere correlato alla produzione di combustibile per scopi specifici, come la cottura di cibi o la lavorazione di materiali (Castelletti, 1990). Tuttavia, la ridotta dimensione dei carboni recuperati dalle unità stratigrafiche 204/301, 301 e 305 ha reso difficoltosa l'identificazione tassonomica, evidenziando la necessità di integrare questi dati con analisi palinologiche e carpologiche per ottenere una visione più completa della vegetazione e dell'utilizzo delle risorse legnose (Kofler *et al.*, 2018).

La dimensione ridotta dei carboni da flottazione delle U.S. 204/301, 301 e 305 (scavo 2019) costituisce probabilmente la principale difficoltà all'identificazione tassonomica: è pertanto necessario integrare le informazioni raccolte con i dati che verranno ricavati da ulteriori analisi sui materiali da vaglio, dalle analisi carpologiche e da quelle palinologiche.

Nel complesso, le evidenze archeobotaniche provenienti da Riparo Cornafessa confermano quanto rilevato da Kofler *et al.* (2018) e supportano le ricostruzioni paleo ambientali dell'epoca, ma introducono elementi di discussione in merito alla diffusione di *Ulmus* e alla selezione antropica del legname. Questo aspetto sottolinea l'importanza di un approccio multidisciplinare nella ricostruzione delle dinamiche ambientali e delle interazioni tra uomo e paesaggio.

Capitolo 6

Comunicazione e didattica in ambito museale

Le attività di questa tesi sono state svolte, in parte, presso il MUSE – Museo delle Scienze di Trento, il cui Ufficio Ricerca e Collezioni è responsabile delle attività di ricerca e scavo presso Riparo Cornafessa. I riferimenti alle modalità di comunicazione dei risultati sono stati pertanto adattati al contesto del MUSE.

Il museo, inteso come istituzione che raccoglie, conserva ed espone oggetti di valore culturale o scientifico, svolge un ruolo fondamentale nella società. Non è solo un luogo di custodia del passato, ma anche un'arena dinamica dove si intrecciano ricerca e divulgazione. La capacità di un museo di rappresentare una comunità risiede nella sua abilità di attribuire un significato profondo agli oggetti che custodisce. Questo processo richiede un'attenta analisi scientifica che permetta di collocare ciascun oggetto nel suo contesto storico, culturale o naturale. Solo attraverso una comprensione approfondita del passato è possibile conferire agli oggetti un significato attuale e rilevante per il pubblico. Una volta che il significato di un oggetto è stato chiarito, il museo ha il compito di comunicarlo al pubblico in modo efficace. La divulgazione scientifica diventa così un elemento essenziale dell'attività museale, rendendo accessibili a tutti le conoscenze e le scoperte frutto della ricerca. Questa interazione tra ricerca e divulgazione è particolarmente evidente nei musei di storia naturale, dove gli oggetti esposti acquisiscono un significato più profondo quando vengono collocati all'interno di un quadro interpretativo più ampio. Tuttavia, lo stesso principio vale anche per i musei d'arte e di archeologia, dove gli oggetti d'arte e i reperti archeologici sono portatori di significati simbolici e culturali che vanno oltre il loro valore estetico. Il museo è un'istituzione complessa che coniuga la passione per la conoscenza con la volontà di condividere con gli altri. Attraverso la ricerca e la divulgazione, il museo contribuisce a costruire un ponte tra il passato e il presente, fornendo alle comunità un senso di identità e appartenenza (Avanzini M., 2011).

I musei scientifici, fin dalle loro prime manifestazioni nel Cinquecento, hanno svolto un ruolo cruciale nell'educazione e nella diffusione della conoscenza scientifica. Inizialmente focalizzati sulla formazione degli studiosi e sull'elevazione culturale dell'élite, i musei hanno gradualmente ampliato il loro pubblico, includendo sempre più la popolazione in generale. Nel corso dei secoli, la funzione educativa dei musei si è evoluta e diversificata, passando da un'iniziale focalizzazione sulla trasmissione di conoscenze specialistiche a un approccio più inclusivo e partecipativo. Oggi, i musei scientifici sono chiamati a

svolgere un ruolo sempre più complesso, promuovendo non solo la comprensione dei fenomeni naturali e tecnologici, ma anche la cultura scientifica, il pensiero critico e la partecipazione attiva dei cittadini. In sintesi, la missione educativa dei musei scientifici si è trasformata nel tempo, passando da un'iniziale funzione elitaria a un ruolo di primaria importanza nella formazione dei cittadini, nella promozione della cultura scientifica e nel dialogo con la società (Rodari P., 2008).

Ad oggi, i temi dell'Antracologia, e dell'Archeobotanica in generale, non sono oggetto di attività strutturate di comunicazione e divulgazione da parte del MUSE, e anche l'attuale offerta rivolta alle scuole e al pubblico rispecchia questo aspetto. Di seguito, sono illustrate alcune proposte che mirano ad integrare in termini di contenuti, approcci e materiali i laboratori, le attività oppure le iniziative già esistenti, rendendole di fatto più facilmente concretizzabili (rispetto a progettazioni *ex novo*) in termini di utilizzo di risorse, efficienza ed economicità.

Come indicato nelle "Linee guida per la progettazione educativa" (2012) a cura del gruppo GEMS (Gruppo per l'Educazione nei Musei Scientifici) dell'ANMS (Associazione Nazionale Museo Scientifici) tutta la progettazione del museo, inclusa quella educativa, deve essere coerente con quelle che sono le finalità e missione del museo, senza tuttavia ignorare le indicazioni e le richieste degli organismi internazionali: il nostro Paese, infatti, è membro di una comunità europea ed extraeuropea e aderisce a Convenzioni e Direttive culturali stabilite a livello internazionale. La progettazione educativa dovrebbe inoltre nascere e svilupparsi in modo integrato con quella che è la vita del museo, ed essere condivisa con i vertici del museo e con tutto lo staff. La progettazione educativa nel museo non può quindi prescindere da uno stretto rapporto con tutte le altre attività e servizi che il museo svolge, in particolare con gli uffici che portano avanti le attività di ricerca e la gestione delle collezioni museali. Essi diventano fondamentali per la ricerca delle testimonianze e dei materiali da utilizzare in un progetto educativo, per la conoscenza del territorio e delle sue risorse e per contestualizzare il museo con ciò che sta fuori dalle sue mura.

6.1 Attività di mediazione per bambine e bambini, giovani e famiglie

La preistoria (e in genere l'archeologia sperimentale) si presta felicemente alla costruzione di laboratori, sulla cui importanza le *Indicazioni per il Curricolo* della scuola di base, elaborate dal MIUR nel 2007, si soffermano particolarmente, sottolineando la necessità di stimolare un ruolo attivo dello studente nel quadro di attività collaborative. I laboratori, basati sui presupposti dell'«imparare facendo», offrono oltretutto la possibilità di stimolare

le abilità manuali, da considerare elemento integrato con lo sviluppo delle capacità intellettive. In generale, l'uso didattico dell'archeologia, e di quella preistorica in particolare, offre ottime opportunità per attività incentrate sull'osservare/descrivere/comparare e, quindi, sull'individuazione di nessi basati sul riconoscimento di somiglianze/differenze. A partire da questi nessi si possono stimolare anche abilità inferenziali. La preistoria, inoltre, offre quasi sempre la possibilità di partire da documenti e scavi locali, per ricavarne conclusioni generalizzabili a tutto il genere umano (Tarantini, 2008).

Come sostiene Brown (2024), le attività sperimentali, come quelle di "scavo simulato", conducono alla conoscenza del mestiere dell'archeologo attraverso la simulazione di uno scavo e l'osservazione dal vero di un deposito archeologico e della sua stratificazione. Questo permette di comprendere meglio le diverse strategie di ricerca e scoperta dei reperti antichi, oltre che l'iter che questi affrontano prima di arrivare in laboratorio.

Attività di scavo simulato sono oggi proposte da diverse realtà museali sul territorio nazionale (es: Fondazione Brescia Musei, Museo Su Mulinu, Musei dell'Alto Vicentino, MUSE – Museo delle Scienze, Museo Archeologico Nazionale di Firenze) e le *lesson plan* (in lingua inglese) per realizzarne uno in classe sono numerose sul web, così come gli scavi interattivi fruibili online, ad esempio quello di playandlearnitalia.com.

L'attività di scavo simulato preistorico è proposta dal MUSE ad un pubblico di famiglie con bambini / e di età 5+ durante alcuni eventi speciali e giornate a tema: durante l'attività, i e le partecipanti vestono i panni dell'archeologo, scavando nel substrato con gli attrezzi del mestiere per riportare alla luce ossa, schegge di selce e frammenti di ceramica. Macroresti vegetali come i carboni, opportunamente riprodotti e adattati allo scopo didattico, possono essere inseriti all'interno dei materiali da ritrovare così da consentirne la manipolazione e accendere la curiosità verso il mondo vegetale del passato e la risorsa legno. Per facilitare la fruizione dell'esperienza anche da parte dei più piccoli, i carboni dovrebbero avere una dimensione tale da consentirne agilmente il ritrovamento e una forma che ne favorisca, per quanto possibile, la manipolazione data l'importanza che questa riveste nel processo di apprendimento in età scolare e pre-scolare (Byrne et al., 2023).

Per giovanissimi, giovani e adulti, l'esperienza dell'utilizzo di strumentazione scientifica, come uno stereomicroscopio, grazie a cui osservare un carbone opportunamente preparato, in un contesto informale come quello di un evento museale, rappresenta un momento emozionante e che stimola la curiosità e il dialogo con lo staff educativo. Lo scavo simulato potrebbe quindi prevedere, per chi lo desidera, un secondo momento di

approfondimento e osservazione di un “vero” carbone allo stereomicroscopio oppure al microscopio.

Un'altra attività ludico – scientifica in forma di “pillola” (vedi allegato II) del tempo di fruizione indicativo di 20 – 30 minuti, e quindi adatta a giornate a tema ricche di proposte culturali ed educative (es. giornata a tema “Tutti al Riparo!” presso Riparo Cornafessa (TN) oppure giornata a tema “*Ice Age Europe Day*” presso Giardino Botanico Alpino Viote del Monte Bondone (TN)) è quella in cui, attraverso l’approccio coinvolgente dello *storytelling*, i partecipanti sono invitati a risolvere, insieme allo staff educativo, un puzzle dove si associano le immagini di carboni scattate allo stereomicroscopio con le immagini dell’albero corrispondente. Al termine dell’attività, i partecipanti vengono invitati ad osservare alcuni dei carboni dal vivo, attraverso l’utilizzo dello stereomicroscopio oppure del microscopio.

6.2 Le attività di mediazione scientifica per il pubblico interessato: un possibile contributo al contrasto della *plant blindness*.

La formazione scientifica “pubblica” è stata ritenuta a livello mondiale un obiettivo fondamentale (OCSE, UNESCO), non solo per motivi culturali, ma anche per garantire la partecipazione democratica “informata” e critica alle scelte politiche, economiche, in particolare quelle ambientali. Le nostre società “scientifiche e tecnologiche” (che tuttavia incontrano una crisi generalizzata di fiducia sul ruolo ed il valore della scienza) richiedono una qualche pratica e confidenza con il sapere scientifico; i progetti di *Public Understanding of Science* (PUS) e di *Public Engagement in Science and Technology* (PEST), sostenuti e diffusi in tutte le società industrializzate negli ultimi anni del secolo passato, avevano questo scopo. Il progetto di alfabetizzazione scientifica e di coinvolgimento dei cittadini nella scienza e nelle scelte tecnologiche viene ancora oggi considerato irrinunciabile a livello mondiale. Pertanto, l’obiettivo di formazione scientifica dei cittadini resta tra quelli prioritari dei musei ed assume un significato ulteriore in vista della preparazione delle persone alla gestione consapevole delle nostre politiche socioeconomiche (Celi *et al.*, 2013).

Ogni anno le ricercatrici e i ricercatori del Muse condividono i risultati emersi dall’ultima campagna di scavo archeologico e le novità più interessanti delle analisi in corso sui materiali archeologici. La ricerca a Riparo Cornafessa vede la collaborazione del MUSE con numerosi istituti di ricerca nazionali e internazionali, ognuno dei quali sta approfondendo aspetti diversi secondo un approccio multidisciplinare. Grazie a questi

contributi, dopo oltre otto anni di indagine, è possibile tracciare un quadro pressoché completo sulle frequentazioni umane di questo sito durante il Paleolitico ed il Mesolitico.

Le informazioni ricavate dalle analisi sui carboni di Riparo Cornafessa, sebbene necessitino di ulteriori approfondimenti, possono essere comunicate al pubblico nell'ambito di iniziative come quella sopra citata, e contribuire non solo ad accrescere la consapevolezza del pubblico rispetto all'importanza dell'approccio multidisciplinare, ma anche a contrastare il fenomeno della "cecità alle piante / cecità vegetale" o *plant blindness*.

La cecità alle piante (*plant blindness*) o cecità vegetale è una forma di *bias* cognitivo proposta in modo informale, che nel suo significato più ampio consiste nella tendenza a ignorare le specie vegetali da parte del genere umano. Ciò comprende fenomeni come il non notare le piante nell'ambiente circostante, il non riconoscere l'importanza della vita vegetale per l'intera biosfera e per le vicende umane, una visione filosofica delle piante come forma di vita inferiore agli animali e/o l'incapacità di apprezzare le caratteristiche uniche o estetiche delle piante (Allen, 2003). Il termine è stato coniato dai botanici e educatori di biologia J.H. Wandersee e E.E. Schussler nella loro pubblicazione del 1999 "*Preventing Plant Blindness*" (Wandersee *et al.*, 1999). Gli scienziati hanno suggerito che il motivo per cui alcune persone non notano le piante è perché le piante sono stazionarie e hanno colori simili, sebbene altre ricerche abbiano suggerito che la cecità alle piante sia influenzata da pratiche culturali (Dasgupta, 2016). Nonostante i cambiamenti sociali e tecnologici, gli esseri umani continuano a fare largo uso di piante selvatiche e di altre risorse ambientali locali per soddisfare bisogni quotidiani legati alla sussistenza e alla salute. Le conoscenze tradizionali (TK) associate a queste risorse rappresentano un importante patrimonio di resilienza, trasmesso di generazione in generazione (Quave e Pieroni, 2015). Alla base dell'indagine etnobotanica vi è proprio questo sapere esperienziale condiviso all'interno delle comunità che si riconoscono in una determinata cultura, arricchito anche dal contributo di idee e pratiche provenienti dall'esterno. Le conoscenze e le pratiche possono differire tra gruppi culturali che convivono nello stesso ecosistema, riflettendo specifiche visioni culturali dell'ambiente, che a loro volta possono influenzare le modalità di gestione e utilizzo delle risorse naturali (Mercuri, 2022).

Uno studio statunitense ha esaminato il modo in cui piante e animali sono percepiti utilizzando il "battito di palpebre attento" (la capacità di notare una tra due immagini presentate rapidamente): lo studio ha dimostrato che i partecipanti erano più accurati nel rilevare gli animali nelle immagini, piuttosto che le piante (Balas *et al.*, 2014). Secondo la

giornalista della BBC Christine Ro, la cecità alle piante è potenzialmente collegata al disturbo da deficit di natura, che, secondo lei, sta causando una drammatica riduzione dei finanziamenti e un minor numero di corsi di botanica (Ro, 2019).

Il ruolo dei musei nell'educazione e nella divulgazione scientifica è in continua evoluzione: in questo contesto, l'archeobotanica offre un'opportunità per coinvolgere il pubblico e far conoscere l'importanza delle piante nel passato. Le attività proposte, come i laboratori di scavo simulato e l'osservazione dei resti vegetali al microscopio, rappresentano un punto di partenza per avvicinare i pubblici al mondo della botanica. Queste attività stimolano la curiosità e la capacità di osservazione, promuovendo un approccio attivo all'apprendimento. Valorizzare l'archeobotanica all'interno dei musei significa non solo mostrare reperti vegetali, ma anche approfondire il tema delle relazioni tra umani e ambiente nel passato. Attraverso le indagini archeobotaniche, è possibile, ad esempio, ricostruire i paesaggi del passato e indagare le abitudini, anche alimentari, delle comunità antiche. Queste informazioni possono essere utilizzate per sensibilizzare il pubblico sull'importanza della ricerca nell'indagare le dinamiche del passato per comprendere meglio le dinamiche del presente e del futuro. Attività incentrate su queste tematiche possono aggiungersi agli strumenti utili a comunicare la scienza, contribuendo a promuovere la consapevolezza del nostro patrimonio naturale e culturale.

Conclusioni

Riparo Cornafessa rappresenta una testimonianza importante per comprendere le dinamiche di popolamento e le strategie di sussistenza delle comunità preistoriche nelle Alpi meridionali. La combinazione di evidenze faunistiche, litiche e cronologiche offre una panoramica delle interazioni degli esseri umani con l'ambiente circostante durante una fase cruciale di transizione climatica e culturale (Duches *et al.*, 2016).

Sono stati identificati alcuni siti archeologici nelle Alpi Meridionali che, nonostante le difficili condizioni climatiche del periodo, attestano la presenza umana durante il Dryas Recente (Dalmeri *et al.*, 2013). I dati provenienti da Riparo Cornafessa, in continuo aggiornamento grazie alle attività di studio e ricerca portate avanti dal gruppo di lavoro, possono contribuire a far luce sui modelli di insediamento e di comportamento dei cacciatori-raccoglitori del tardo Epigravettiano e sulla transizione tra Pleistocene e Olocene nelle Alpi. Su scala regionale, Riparo Cornafessa è significativo perché è un sito che venne più volte reinsediato da cacciatori-raccoglitori mesolitici durante l'inizio dell'Olocene. Il futuro lavoro sul campo e la raccolta di dati aiuteranno a chiarire la natura e la funzione dell'occupazione tardo glaciale e del primo Olocene nel sito (Angelucci *et al.*, 2022).

L'analisi condotta sui carboni provenienti dai livelli mesolitici di Riparo Cornafessa ha fornito nuove informazioni sul sito e sulla vegetazione del passato, e conferma l'utilizzo del combustibile legno da parte delle comunità che hanno abitato il Riparo. I risultati indicano una prevalenza di conifere, insieme a un contributo minore di latifoglie. Unica eccezione è rappresentata da *Ulmus*, che rappresenta una parte consistente del campione analizzato.

Le caratteristiche morfologiche dei carboni indicano che il legname impiegato derivava prevalentemente da rami e tronchi di piccole dimensioni, suggerendo una raccolta opportunistica piuttosto che una gestione pianificata delle risorse forestali. Il confronto con altri studi condotti in contesti alpini mostra una sostanziale continuità nell'utilizzo della risorsa legno durante il Mesolitico, pur con possibili variazioni dovute a fattori climatici e a specifiche strategie insediative. La presenza di legno appartenente a specie vegetali forse provenienti da fasce altitudinali differenti da quelle in cui si trova Riparo Cornafessa potrebbe suggerire una mobilità stagionale o pratiche diversificate di raccolta della legna.

Questo studio contribuisce alla ricostruzione del contesto ambientale delle Alpi meridionali durante il Mesolitico. Studi futuri potranno approfondire questi aspetti mediante analisi comparative su campioni più estesi e l'integrazione con dati di altra natura, offrendo un

quadro ancora più dettagliato dell'evoluzione del paesaggio vegetale e delle strategie di sussistenza.

Le attività di divulgazione ed educazione citate in questa tesi svolgono un ruolo rilevante nella valorizzazione del sito di Riparo Cornafessa. L'organizzazione di giornate a tema, con laboratori e visite guidate, e di conferenze, consente di trasmettere al pubblico i risultati delle ricerche, favorendo un dialogo tra il mondo accademico e la società. Questo approccio è arricchente per entrambe le parti, e promuove una maggiore sensibilità verso il patrimonio naturale e culturale.

Infine, progettare e proporre attività sul regno vegetale, sia in contesti educativi informali che formali, può contribuire a riconoscere l'importanza della vita vegetale per l'intera biosfera e per le vicende umane, a contrastare la visione filosofica delle piante come forma di vita inferiore agli animali e promuovere la capacità di apprezzare le loro caratteristiche uniche, anche estetiche.

ALLEGATO I

Descrizione delle unità stratigrafiche oggetto di studio (da report geoarcheologico redatto dal Prof. D.E. Angelucci, Università degli Studi di Trento):

US 204: L'unità 204 è un'unità lenticolare composta da breccia a supporto clastico, formato da pietre calcaree, eterometriche (da pochi mm fino a 15 cm max.), angolose e occasionalmente subangolose, di forma variabile (equanti, tabulari, con presenza di occasionali placchette da gelo) e orientation pattern casuale (anche se nella parte bassa alcune pietre tabulari sono orientate parallelamente al limite inferiore), generalmente patinate; oltre a frammenti di calcari oolitici si riconoscono anche frammenti di calcari in facies RAV e, tra i frammenti più grossolani, litologie esterne alla parete del riparo; la matrice è limosa, micacea, apparentemente priva di struttura pedogenetica, friabile; il limite inferiore, abrupto, è rappresentato dalla superficie erosiva che taglia US 4 ed è inclinato verso l'esterno del riparo. Questa unità sembra rappresentare dei depositi di versante con apporti grossolani di tipo detritico e apporti fini derivanti dall'erosione e dal rimaneggiamento di suoli o sedimenti (in parte loessici) preesistenti; si tratta forse del primo momento di erosione proveniente dal 'conoide' a Sg del riparo, che si intensifica successivamente con l'evento correlato alla deposizione dell'unità 203.

Le unità definite nello scavo in estensione del 2017 e 2018 vengono denominate con i numeri a partire da 301 in poi.

US301: Lente discontinua, organica, identificata nei qq. 50H, 51H e 52H, individuata dopo l'asportazione di US204, intercalata all'interno di US4. Stratigraficamente, sembra formata da più "chiazze" sottili di sedimento grigio o grigio scuro \ molto scuro, disposte caoticamente, in parte arricchite da prodotti di combustione (microcarboni e, forse, cenere), contiene materiali archeologici. Durante lo scavo (2018), l'unità è stata suddivisa in varie facies: US301A; US301B; US301C – chiazza organica nell'angolo NW(g) del q. 50I; US301D; US301E - durante lo scavo dei q. 49H-I (2019) è stato necessario operare un'ulteriore distinzione dell'US 301 per indicare una porzione carboniosa (tracce di combustione, microcarboni, cenere) con andamento ed estensione autonoma rispetto ad US301A individuata durante la campagna di scavo dell'anno precedente (2018). Il sedimento che compone US301E ha una colorazione relativamente scura. La geometria di questa unità per come si presenta attualmente ha un andamento lenticolare e risulta circoscritta da limiti relativamente netti all'interno dei qq. 49H-I. La matrice (fine material) franco-limosa che rappresenta il 40-50% circa del sedimento totale, con possibili apporti

eolici, è interessata da una moderata bioturbazione con canali e alterazioni cromatiche prodotti da fauna e apparati radicali. Lo scheletro (*coarse material*) si compone di clasti eterometrici (dimensione massima: 8cm circa, dimensione minima intorno a pochi millimetri: 0,4-0,5cm) principalmente breccia calcarea di origine locale. La frazione grossolana è costituita per la maggior parte da calcari oolitici con concrezioni di ossidi di Fe sulla faccia inferiore.

US 305: rappresenta un livello dapprima interpretato come una delle facies afferenti all'unità relativa alla frequentazione mesolitica, US 301, ma è stato successivamente rinominato in corso di scavo come US305. Si tratta di un sedimento molto arricchito in sostanza organica situato nel quadrato 50 I in corrispondenza della *dripline* lungo la scarpata e contiene breccia calcarea a supporto clastico *partially open work* con una matrice franco limosa che intercorre a colmare i vuoti con colore 2,5Y3/2. Durante la messa in luce dell'unità sono emersi alcuni elementi di fauna e di litica.

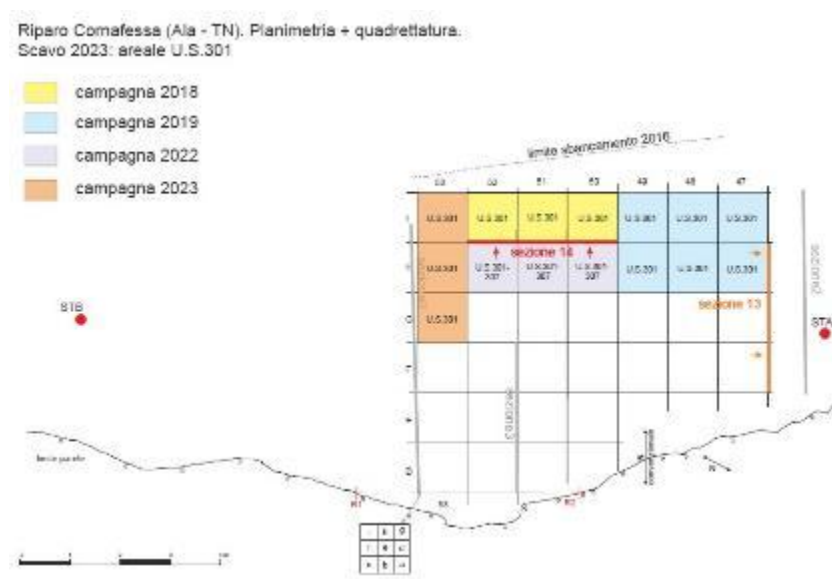


Figura 11: RCF - areale U.S. 301

ALLEGATO II

Un focolare biodiverso

Sintesi attività:

L'attività può essere proposta nell'ambito delle giornate a tema che, con cadenza annuale, vengono organizzate a Riparo Cornafessa e, più in generale, nelle occasioni in cui un contributo didattico di ambito archeobotanico / antracologico sia coerente con l'obiettivo dell'occasione stessa. L'attività può essere inclusa all'interno di una proposta più ampia, ad esempio una caccia al tesoro a tappe in una giornata a tema, oppure può essere proposta come pillola di una mostra o anche come parte di un laboratorio di durata maggiore.

Il pubblico sta partecipando ad un evento a tema, dove l'offerta educativa è varia. Si saluta e si dà il benvenuto. Ci si presenta: si vestono i panni di un archeologo / un'archeologa che ha tra le mani un reperto preistorico in selce scheggiata. Si interagisce con i partecipanti, chiedendo loro un'opinione su cosa sia il reperto e si prova a descriverlo insieme, ipotizzando a che periodo della preistoria potrebbe risalire. L'archeologo confessa di non ricordarsi più da dove proviene il reperto. Aiutalo a scoprire in quale ambiente è stato ritrovato grazie all'antracologia, il ramo dell'archeobotanica che studia i carboni vegetali:

- a) Bosco
- b) Prateria
- c) Lago
- d) Montagna

Per risolvere il quesito e aiutare l'archeologo, i partecipanti dovranno risolvere un semplice puzzle, trovando le giuste corrispondenze tra piante e carboni. Solo sei coppie, alla fine, potranno essere incastrate correttamente. Le coppie incastrabili rappresentano un determinato tipo di ambiente: il bosco.

Finalità:

L'attività consiste nella risoluzione di un semplice puzzle il cui scopo è quello di far conoscere i carboni e l'utilità della ricerca antracologica nel campo dell'archeologia. Il puzzle si basa sulla ricerca dell'abbinamento corretto tra una tessera con foto del carbone (*tessera carbone*), una tessera con foto della specie arborea relativa (*tessera pianta*) e

una tessera con foto dell'ambiente in cui vivono queste specie. Lo svolgimento del puzzle servirà da spunto per parlare di alcune specie vegetali presenti nei boschi del Trentino, sia attuali sia passati, e di altre, rappresentate sulle tessere prive della tessera carbone corrispondente, che rimandano a specie che, solo in epoca recente, sono comparse sul territorio. L'attività sarà accompagnata da un'esperienza di osservazione allo stereomicroscopio.

Target:

L'attività è pensata per un pubblico di famiglie con bambini / e dagli otto anni in su (attività 8+). Se proposta ad un pubblico scolastico, l'attività va proposta a partire dalla fine del III anno di scuola primaria.

Durata:

L'attività ha una durata indicativa di 30 minuti: il tempo impiegato dipende dal livello di coinvolgimento e di interesse del gruppo e dal livello di approfondimento che si desidera dare all'attività.

Approcci didattici utilizzati:

Storytelling, attività *hands on*, osservazione diretta.

Budget richiesto:

La maggior parte del materiale può essere prodotto oppure reperito internamente. Si consiglia di prevedere un budget indicativo di 300 euro per l'eventuale assistenza, non sempre necessaria, per la realizzazione grafica e la stampa del puzzle.

Materiale necessario:

- 1) Puzzle con tessere carbone, tessere pianta, tessere ambiente, tessere spaiate per le specie di recente introduzione così suddivise:
 - a) Sei coppie carbone – pianta – ambiente che si incastrano tra di loro, relative alle seguenti specie:
 - i) *Fraxinus excelsior* L. - frassino maggiore;
 - ii) *Abies alba* Mill. – abete bianco;
 - iii) *Pinus cembra* L. - pino cembro;
 - iv) *Ulmus glabra* Huds. – olmo montano;
 - v) *Larix decidua* Mill. - larice;

- vi) *Ostrya carpinifolia* Scop. - carpino nero.
- b) Sei tessere per le specie intrusive (neofite a carattere invasivo e non) che non si incastrano con il resto del puzzle;
 - i) *Robinia pseudoacacia* L. - robinia o acacia;
 - ii) *Ailanthus altissima* (Mill.) - ailanto;
 - iii) *Pinus nigra* J.F. Arnold - pino nero;
 - iv) *Quercus rubra* L. - quercia rossa;
 - v) *Buddleja davidii* Franch. - albero delle farfalle;
 - vi) *Pyrus nivalis* Jacq. - pero alpino;
- 2) Stereomicroscopio;
- 3) Carboni già montati su supporto per l'osservazione allo stereomicroscopio;
- 4) Reperto in selce;

Ogni tessera carbone reca il nome comune della relativa specie, in modo da semplificare il riconoscimento della tessera pianta corrispondente.

Allestimento (tempo: 15 minuti):

Lo stereomicroscopio e i carboni vengono preparati per l'osservazione. Le tessere pianta e le tessere ambiente vengono disposte in disordine sul tavolo. Ai partecipanti verrà consegnato il mazzo delle tessere carbone. Il reperto verrà mostrato ai partecipanti dall'educatore.

Scaletta attività:

1. Introduzione:

L'educatore è un archeologo che recentemente ha partecipato a varie campagne di scavo e che, riordinando gli ultimi reperti rinvenuti, si è trovato tra le mani un manufatto in selce scheggiata e si chiede da quale sito provenga. Le ha provate tutte: ha cercato tra le carte degli scavi, tra i suoi appunti, sui libri, ma niente...non riesce proprio a ricordare da quale sito provenga! Per scoprirlo chiede l'aiuto dei partecipanti all'attività. L'unica speranza di poter ricondurre il reperto al sito di provenienza è riposta in alcune fotografie che l'archeologo ha ritrovato tra le sue scartoffie. Le fotografie mostrano alcune piante, ma non solo...ci sono anche foto dei carboni corrispondenti, che l'archeologo aveva studiato utilizzando ben due microscopi: un microscopio ottico e uno stereomicroscopio. Egli è, infatti, un archeologo che studia l'ambiente caratterizzante i siti archeologici oggetto di

scavo tramite l'archeobotanica, in particolare l'antracologia. A questo punto verrà fornita qualche informazione di base sui carboni e sui dati che l'antracologia permette di ottenere.

“Magari con l'aiuto delle foto che ho scattato riusciremo insieme a trovare la soluzione a questa domanda. In effetti sono confuso, non mi ricordo se l'ambiente fosse caratterizzato da un lago, un bosco, un prato o la cima di una montagna...”

2. Chi è e cosa fa un antracologo? Cenni sull'antracologia in ambito archeologico.

L'archeobotanica consiste nella ricostruzione degli ambienti e delle economie del passato tramite il recupero e l'identificazione dei resti vegetali trovati in contesti archeologici. L'antracologia, ovvero lo studio dei resti di combustibile ligneo provenienti da siti archeologici, consiste nell'identificazione e nell'esame di resti di legno carbonizzati, basandosi sull'osservazione della struttura anatomica del legno nelle tre dimensioni. L'antracologia si è evoluta dal XIX secolo, con le prime identificazioni macrobotaniche, fino alle moderne tecniche microscopiche e alla microscopia a luce riflessa. Inizialmente, l'analisi era manuale e richiedeva impregnazione in resina, ma con il tempo si sono sviluppate tecniche più efficienti e meno costose, come la sezione manuale per l'osservazione al microscopio a basso ingrandimento. Studi pionieristici hanno suggerito che i resti di carbone riflettono la composizione della vegetazione preistorica locale, ma le critiche hanno evidenziato l'influenza di fattori culturali e tafonomici nella scelta del combustibile. La "legge della frammentazione" di Chabal ha ulteriormente affinato le analisi, permettendo di adattare le tecniche per riflettere accuratamente la composizione tassonomica. Il principio dello sforzo minimo (PLE) di Zipf ha evidenziato come la raccolta della legna sia influenzata dalla disponibilità delle specie e dalla prossimità agli insediamenti, con una selezione variabile a seconda della ricchezza di legname. Studi etno - archeologici hanno dimostrato che la scelta della legna è dettata sia da necessità pratiche che da norme culturali, con percezioni spirituali e simboliche che influenzano le aree di raccolta e le specie preferite. In definitiva, la selezione del combustibile è un processo complesso, influenzato da fattori antropologici, culturali, ambientali e tecnologici. I resti di carbone rappresentano quindi il risultato finale di questo processo di approvvigionamento e utilizzo del combustibile.

3. Perché lo studio di legni e carboni?

Il legno, e il carbone che ne deriva per combustione, presentano, oltre a una struttura macroscopica che può essere di qualche aiuto preliminare nella identificazione, una ben definita architettura microscopica che permette una differenziazione quasi sempre a livello di genere e spesso anche a livello di specie. L'architettura anatomica del legno può essere meglio definita quando si considerano i tre piani o sezioni fondamentali, nel carbone indicati come " piani di frattura " in rapporto al modo con cui vengono ottenuti, e cioè la sezione trasversale perpendicolare all'asse di accrescimento del fusto, la radiale, parallela a tale asse e passante per il centro e la tangenziale pure parallela all'asse e corrispondente alla tangente del cerchio costituito dal piano trasversale (Castelletti, 1990). Mentre alcuni legni hanno delle caratteristiche macroscopiche tali da renderne certo il riconoscimento con una loro attenta osservazione ad occhio nudo (p.e. *Fagus* sp.), ciò non è sufficiente per la maggior parte dei legnami, per i quali l'analisi macroscopica deve essere accompagnata da quella microscopica, onde poter sperare di pervenire, se non sempre alla sicura identificazione della specie, almeno al suo genere. A complicare maggiormente le cose vi è il fatto che un legno può presentare caratteristiche diverse anche nell'ambito della stessa specie. Le variazioni nella struttura del legno possono essere dovute a diversi fattori: agenti esterni come il clima e il terreno, ma anche fattori interni come l'età dell'albero oppure l'altezza del tronco da cui proviene il campione (Berti *et al.*, 2020).

Il riconoscimento del legno può avvenire grazie all'utilizzo di una chiave di identificazione in forma dicotomica, che, secondo Berti *et al.* (2020), deve essere pratica, precisa e obiettiva. Essa deve: essere per forza limitata ad un certo numero di specie legnose di un dato paese, e ricorrere a caratteri che sono sempre presenti in una data specie legnosa.

4. Svolgimento del puzzle

Ora che l'educatore ha spiegato cos'è l'antracologia e perché è importante, mostra ai partecipanti le tessere pianta distribuite in disordine sul tavolo. Ci sono dodici tessere a colori. Consegna poi ai partecipanti sei tessere carbone. Con l'aiuto del nome della specie stampato sul retro della tessera carbone, i partecipanti cercheranno di abbinare ciascuna tessera carbone alla relativa specie vegetale. Sei tessere pianta rimarranno spaiate. Quando la prima parte del puzzle sarà completata, i partecipanti potranno aggiungere le tessere ambiente.

5. Descrizione specie vegetali e cenni sul sito archeologico di Riparo

Cornafessa

Lo svolgimento del puzzle è un'ottima occasione per approfondire di volta in volta le specie cui le tessere pianta e le tessere carbone si riferiscono. Qui di seguito sono riportate alcune informazioni e curiosità sulle specie del puzzle, utili anche per un rapido controllo sulla completezza dei materiali ai fini di allestimento e disallestimento.

Nell'approfondimento potrebbe essere molto interessante fare dei cenni sulla presenza di queste specie anche all'interno delle analisi antracologiche (e dello spettro pollinico) relative a Riparo Cornafessa (Kofler *et al.*, 2018) contestualizzandolo nel quadro di occupazione preistorica dell'area (Duches *et al.*, 2018 e Angelucci *et al.*, 2022).

Gli insediamenti di Riparo Cornafessa sono stati scoperti nel 2014 in seguito a un saggio stratigrafico; uno scavo archeologico è stato effettuato nel 2015 dal MUSE – Museo delle Scienze di Trento. Questo primo scavo, che ha interessato un'area totale di 6 metri quadri, ha accertato l'esistenza di un deposito di riempimento caratterizzato da almeno un'unità antropica, collocata a una profondità di circa 2 m dal livello del suolo. Lo strato, datato al passaggio Pleistocene-Olocene ha restituito un'industria litica ascrivibile all'Epigravettiano recente. Poiché il lavoro sul campo presso Riparo Cornafessa è ancora in corso, lo studio dell'associazione di reperti archeologici è tuttora in via di sviluppo (rapporti preliminari sono stati pubblicati da Duches *et al.*, 2019 e in tesi di dottorato di Nannini, 2018–2019; Patauner, 2019–2020; Zammarchi 2019–2020). L'assemblaggio faunistico comprende 4255 resti, di cui 3698 provenienti da strati Epigravettiani. L'elevato tasso di frammentazione ossea (oltre il 95% delle ossa misura meno di 2 cm) e l'alterazione termica (19%) rendono difficile determinare le parti anatomiche e, ad oggi, solo 112 frammenti sono stati identificati tassonomicamente. Il basso valore del NISP (numero di reperti identificati) è coerente con i dati di altri contesti Epigravettiani tardi del nord-est Italia (vedi Bertola *et al.*, 2007; Fiore & Tagliacozzo, 2005). L'orso bruno (*Ursus arctos*) domina l'assemblaggio faunistico epigravettiano con 48 resti (circa il 43% dei reperti identificati, mentre il MNI, numero minimo di individui, è tre). Altre specie comprendono principalmente mammiferi di grandi e medie dimensioni provenienti da ambienti distinti (*Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus*, *Capra ibex*, *Rupicapra rupicapra*), mentre i resti di carnivori come lupo/cane o mustelidi sono rari. La rappresentazione scheletrica e l'analisi delle superfici ossee indicano che il trattamento delle carcasse di orso è stato effettuato sul sito. Su una costola di orso è stato anche riconosciuto un segno di impatto di proiettile

(PIM, *Projectile Impact Mark*), prova che gli orsi erano cacciati direttamente utilizzando arco e proiettili compositi litici (Duches *et al.*, 2016, 2019). L'insieme litico consiste in 524 manufatti (≥ 1 cm), 480 dei quali provenienti da strati riconducibili al periodo Epigravettiano recente. Il materiale grezzo utilizzato è selce proveniente da formazioni calcaree del Cretaceo, raccolto sotto forma di piccoli noduli e placchette da affioramenti primari e depositi di versante intorno al sito. Oltre 100 frammenti rimontati suggeriscono che la lavorazione sia avvenuta sul posto, mentre la presenza di materiali introdotti già parzialmente lavorati, come nuclei preformati o strumenti ritoccati, è scarsa. Gli strumenti sono rari e sono stati fabbricati utilizzando schegge di messa in forma o gestione del nucleo. Le datazioni al radiocarbonio disponibili sono coerenti con le evidenze archeologiche e l'attribuzione crono - culturale basata sull'insieme litico raccolto nel sito (Angelucci *et al.*, 2022).

Descrizione delle specie trattate:

1. *Fraxinus excelsior* – frassino maggiore

Stato di conservazione IUCN: NT

Il frassino maggiore o frassino comune (*Fraxinus excelsior* L.) è una specie della famiglia delle Oleaceae, diffusa dall'Asia minore all'Europa. È un albero di notevoli dimensioni fino a 40 m di altezza, lo si trova in tutta la penisola italiana, meno sporadicamente nell'Appennino centro settentrionale, dove prospera nelle zone fitoclimatiche del *Castanetum*, del *Fagetum* e più raramente del *Lauretum*; ha il tronco dritto e cilindrico con corteccia dapprima liscia e olivastro, successivamente grigio-brunastro e screpolata longitudinalmente; le gemme sono vellutate e di colore nerastro; ha grandi foglie caduche composte imparipennate formate da 4-7 paia di foglioline sessili opposte e minutamente seghettate di colore verde cupo e lucente sulla pagina superiore, più chiare su quella inferiore; i fiori, ermafroditi, sono riuniti in infiorescenze ascellari a pannocchia e sono piccoli, di colore verdastro e compaiono prima delle foglie; sono privi di calice e di corolla con stami brevissimi sormontati da un'antera globosa di colore porpora scuro; i frutti sono samare bislunghe a forma variabile con base arrotondata o troncata, con un unico seme, riunite in grappoli pendenti.

Utilizzi: pianta ornamentale, estrazione di tannini dalla corteccia, come foraggio in zone povere di pascoli, come legname. Fino al '600 fu, assieme al corniolo, uno dei legnami più impiegati nella produzione di lance, giavellotti e picche (oltre che alle ruote dei carri, sin

dall'età del bronzo, quando il carro da guerra era uno status symbol militare), tanto che il frassino venne legato sovente a divinità pagane della guerra, fraternità di guerrieri o società di carattere militare.

2. *Abies alba* – abete bianco

Stato di conservazione IUCN: LC

L'abete bianco è un albero sempreverde e monoico (cioè presenta sulla stessa pianta fiori maschili e femminili distinti e separati). È una pianta vascolare (*Tracheobionta*), con semi (*Spermatophyta*) contenuti in un cono portato eretto. Vive ad altitudini comprese fra 500 e 1.900 metri, in alcune zone oltre 2.000 metri e risulta essere un albero molto longevo: può superare i seicento anni d'età. L'abete bianco è una specie sciafila (cioè che può vivere in zone d'ombra); allo stato di giovane, può restare sotto copertura anche per trent'anni, con conseguente malformazione del fusto, mentre allo stato adulto ha la necessità di vegetare in piena luce. L'abete bianco ama umidità, terreni freschi e profondi, tipici delle zone ombreggiate e piovose. Vegeta in zone montane, ad altitudini comprese tra i 500 e i 2100 m s.l.m., trovando il suo clima ideale nelle zone a piovosità e umidità atmosferica medio-alte comprese tra i 900 e i 1800 m. L'abete bianco è una specie sciafila che raramente forma boschi puri (abetine), è invece una componente importante dei boschi misti del piano montano e subalpino, ad esempio può formare estese foreste associandosi al faggio (*Fagus sylvatica*), albero con il quale condivide esigenze climatiche e pedologiche, mentre a quote subalpine si può trovare associato al larice (*Larix decidua*) e all'abete rosso (*Picea abies*), inoltre, nelle Alpi sud-occidentali forma una caratteristica associazione (denominata *Rhododendro-Pinetum uncinatae subas. abietosum*) con il rododendro rosso (*Rhododendron ferrugineum*) e con il pino uncinato (*Pinus mugo subsp. uncinata*).

Utilizzi: legname, alberi di Natale, medicinali, olio essenziale, liquori, miele di melata.

3. *Pinus cembra* - pino cembro

Stato di conservazione IUCN: LC

Il pino cembro, detto anche semplicemente cembro o cirmolo, è un albero sempreverde aghifoglie del genere *Pinus* che vive sulle Alpi. Il suo legno è molto pregiato ed è usato in modo particolare per le sculture (per esempio, in val Gardena). È l'unico pino a cinque aghi spontaneo in Europa. Specie montana, l'areale è disgiunto: quello principale in Siberia centrale, disgiunzioni sull'arco alpino più due zone nei Balcani e in Europa

centrale. Cresce dai 1200 metri di quota fino al limite superiore dei boschi di conifere subalpini, trovando condizioni ottimali tra i 1600 e i 2100 m di altitudine. Predilige suoli a reazione acida, ma può vivere anche su substrati calcarei acidificati o dilavati in superficie dall'azione delle acque meteoriche. Può formare boschi misti con l'abete rosso, con il larice o boschi puri, particolarmente pregiati, come il famoso bosco dell'Alevè della valle Varaita, nelle Alpi Cozie. In Piemonte è presente sulle Alpi Cozie e Marittime (nelle valli Varaita, Gesso, Maira, Stura, Susa, Chisone, Pesio); è raro in val Sesia e Ossola. Forma cembrete pure (1.500 ettari) e miste al larice (3.500 ettari) o con abete rosso; in passato eliminato per far spazio a lariceti pascolati, oggi è in lenta ripresa. In Lombardia è molto diffuso nel Bormiese e nel Livignasco, dove forma sia boschi misti con il larice sia boschi puri, come la cembreta di Valfurva, mentre è presente solo in boschi misti nell'alta val Chiavenna, val Malenco, alta val Camonica e Adamello, raro sulle Orobie. In Trentino è diffuso perlopiù in boschi misti in alta val di Pejo, val di Fumo, alta val di Fassa, val Travignolo e catena del Lagorai. In Alto Adige è presente in tutta la provincia, ma forma boschi puri soprattutto sulle Dolomiti in val Gardena, val Badia e alta Pusteria. Nel Veneto non forma mai boschi puri ma misti con il larice e l'abete rosso, spingendosi a est fino alla conca di Misurina e a sud fino ai passi Giau, Falzarego, San Pellegrino e Valles. Manca nei boschi del Friuli in conseguenza del clima umido delle Alpi Carniche e Giulie. Utilizzi: rimboschimenti, sculture, sciroppi e liquori, alimentare (pinoli).

4. *Ulmus glabra* – olmo montano

Stato di conservazione IUCN: dati insufficienti

L'olmo montano può essere alto fino a 25 metri. La corteccia quando è giovane è liscia, poi diventa squamosa. Le foglie cadono in autunno, hanno forma ellittica e picciolo breve; sono facilmente riconoscibili per l'asimmetria della base. I fiori compaiono prima delle foglie verso marzo-aprile e sono ermafroditi composti in 5-6 stami di colore fra il rosa ed il porpora. I frutti vengono chiamati samare di forma simil ovale e hanno un seme centrale. La pianta deve essere piantata in terreni fertili profondi calcarei o silicei. Si tratta di una specie d'importanza secondaria forestale, molto sensibile alla grafiosi, che può portare la pianta alla morte. In Italia lo si trova nelle Alpi e negli Appennini centrali e settentrionali ad una quota che varia dai 400 m ai 1400 m s.l.m. insieme ad altre latifoglie. Stazioni isolate di *Ulmus glabra* sono state scoperte sulle Madonie settentrionali e sui Nebrodi in Sicilia e rappresentano ad oggi il limite meridionale di distribuzione areale della specie in Europa.

Utilizzi: impiallaccature, produzione di legname per mobili e compensati

5. *Larix decidua* – larice

Stato di conservazione IUCN: LC

Il larice comune è una conifera nativa delle montagne dell'Europa centrale, delle Alpi e dei Carpazi. Possiede una caratteristica che lo distingue dalle altre conifere europee, infatti il larice comune, o alpino, perde totalmente le foglie in inverno. Questa caratteristica gli permette, senza dubbio, di avere una maggiore resistenza nei confronti del freddo e di poter essere riconosciuto a prima vista in un bosco montano invernale. In primavera la pianta mette su foglie verdi, aghiformi e resistenti, mentre in autunno tutto il fogliame diviene di colore giallo e cade al suolo. In Italia è molto comune in tutte le Alpi, dove si spinge anche a quote molto elevate (oltre i 2.500 metri). Dove il bosco lascia il posto alle praterie alpine si incontrano vecchi individui isolati, deformati dal vento e dalla neve. Il larice è una aghifoglia e caducifoglia, è molto longevo e può vivere migliaia di anni.

Utilizzi: legname, oli essenziali, prodotti fitoterapici, trementina,

6. *Ostrya carpinifolia* - carpino nero

Stato di conservazione IUCN: LC

Il carpino nero, carpinella, ostria o, meno frequentemente, carpinello è un albero della famiglia delle *Betulaceae*. Il carpino nero ha tronco dritto e chioma raccolta e un po' allungata; le sue foglie sono a forma ovale, allungate e con il bordo seghettato; la nervatura principale è molto evidente e infatti si dicono penninervie. I frutti sono acheni a grappolo di colore bianco/verde.

Il carpino nero, in Italia, si trova nelle fasce medie delle colline in posizioni mediamente soleggiate. La formazione forestale nella quale il carpino nero risulta nel suo optimum è l'*Orno-ostrietum*, vale a dire in associazione con l'orniello (*Fraxinus ornus*). Tale associazione (di cui l'orniello e il carpino sono le specie rappresentative) è tipica della "vegetazione illirica", ben rappresentata in Italia, specie nella zona dei Laghi lombardi, presente anche nella parte alta del lago di Garda, dove il carpino si trova associato alla roverella (*Quercus pubescens*) o al cerro (*Quercus cerris*). Boschi di carpino nero sono molto diffusi anche nell'Appennino settentrionale e centrale, meno consueti nel Meridione, Sicilia e Sardegna. Il carpino nero presenta un areale limitato all'Europa sud-orientale (Italia, Austria, Balcani, Grecia, Anatolia). In Italia è presente nell'area prealpina centro-

orientale e nell'area peninsulare (dall'Appennino settentrionale alla Calabria), con presenze sporadiche nelle isole maggiori e nell'isola d'Elba. In Italia vi sono circa 800 000 ettari di boschi con presenza di carpino nero; è la specie correlata ai querceti di roverella e di cerro. È una specie che necessita di un lungo periodo vegetativo. In Italia vegeta fino a 1 000-1 200 m s.l.m.; negli ambienti collinari peninsulari occupa soprattutto i versanti nord. Ha esigenze idriche superiori a quelle della roverella, predilige i suoli calcarei e marnosi, teme il ristagno idrico, e non sopporta i terreni troppo argillosi.

Utilizzi: ornamentale, legname

7. *Robinia pseudoacacia* L. - robinia o acacia

Stato di conservazione IUCN: LC

Robinia pseudoacacia L., comunemente nota come robinia o falsa acacia, è una specie arborea decidua appartenente alla famiglia delle *Fabaceae*, originaria dell'America settentrionale e ampiamente naturalizzata in Europa, inclusa l'Italia. Può raggiungere un'altezza di 20–25 metri, presentando un fusto eretto spesso biforcuto e una chioma irregolarmente espansa. La corteccia, di colore grigio-bruno, è profondamente solcata longitudinalmente. I rami giovani sono dotati di spine robuste e appuntite, mentre le varietà ornamentali possono esserne prive. Le foglie, caduche e alterne, sono composte da 11–21 foglioline ovate a margine intero, di colore verde pallido e glabre, lunghe fino a 6 cm; presentano un comportamento nyctinastico, chiudendosi durante la notte. La fioritura avviene tra fine aprile e inizio maggio, con infiorescenze pendule di fiori bianchi o bianco-crema, profumati e ricchi di nettare, rendendo la specie una pianta mellifera di rilievo. I frutti sono baccelli piatti, inizialmente verdi e successivamente marroni, lunghi circa 10 cm, contenenti numerosi semi scuri. La robinia mostra una notevole capacità di propagazione agamica attraverso polloni radicali e basali, contribuendo alla sua diffusione in ambienti disturbati. È una specie pioniera, tollerante a suoli poveri e ben drenati, ma può comportarsi come invasiva, competendo con la flora autoctona. In Italia è diffusa dal livello del mare fino a circa 1000 m di altitudine nel centro-nord e fino a 1600 m nel sud. Introdotta in Europa nel 1601 da Jean Robin, è oggi utilizzata sia per scopi ornamentali, grazie alla sua fioritura e alla forma della chioma, sia per la produzione di miele e legname. Tuttavia, la sua gestione richiede attenzione per prevenire l'espansione incontrollata e l'impatto sulle specie indigene.

Usi: trova impiego come pianta ornamentale per la sua fioritura, ed è una delle principali specie mellifere grazie alla produzione di un miele chiaro e delicato. Il suo legno, duro e durevole, viene utilizzato per pali, mobili rustici e lavori di carpenteria. Inoltre, è impiegata nel consolidamento del suolo e nel recupero di aree degradate.

8. *Ailanthus altissima* – ailanto

Noto come ailanto o albero del paradiso, è stato introdotto in Europa come pianta ornamentale per la sua rapida crescita e la tolleranza a condizioni ambientali difficili. In passato, è stato utilizzato per il consolidamento di terreni instabili e scarpate ferroviarie, grazie al suo apparato radicale robusto. In Cina, le sue foglie servivano da nutrimento per il baco *Samia cynthia*, impiegato nella produzione di una seta grezza nota come "*Soie de Shantung*". Dall'ailanto si ricava anche un miele monoflorale raro, dal profumo fruttato e tropicale. In medicina tradizionale cinese, varie parti della pianta sono utilizzate per trattare disturbi gastrointestinali e dermatologici. Tuttavia, la specie è considerata invasiva in molte regioni, inclusa l'Italia, a causa della sua capacità di diffondersi rapidamente e competere con la flora autoctona.

9. *Pinus nigra* - pino nero

Il pino nero, o pino d'Austria, è una conifera sempreverde ampiamente utilizzata per scopi ornamentali grazie alla sua forma piramidale, alla chioma densa e alla tolleranza all'inquinamento urbano. Il suo legno, di colore chiaro e a grana diritta, è impiegato in edilizia, nella produzione di carta e come combustibile, sebbene sia meno resistente rispetto ad altre specie di pino. Inoltre, è frequentemente piantato per il consolidamento del suolo, la creazione di frangivento e la riforestazione di aree degradate, grazie alla sua resistenza alla siccità e alla capacità di crescere in suoli poveri e calcarei.

10. *Quercus rubra* – quercia rossa

Albero originario del Nord America, introdotto in Europa nel XVII secolo per scopi ornamentali. Apprezzata per il suo fogliame che in autunno assume tonalità rosso intenso, viene spesso piantata in parchi e giardini pubblici. In ambito forestale, è stata utilizzata per il rapido accrescimento e la capacità di adattarsi a diversi tipi di suolo, sebbene in alcune aree, come la Lombardia, sia considerata invasiva e ne sia vietata la coltivazione per proteggere la biodiversità locale. Il legno di quercia rossa è duro, pesante e presenta una tessitura grossolana con fibra diritta. È ampiamente impiegato nella produzione di mobili, pavimenti, rivestimenti interni e falegnameria generale. Tuttavia, a causa della sua

porosità e della minore resistenza alla decomposizione rispetto ad altre querce, non è adatto per la fabbricazione di botti da vino o per usi esterni senza adeguati trattamenti.

11. *Buddleja davidii* – albero delle farfalle

Arbusto deciduo originario della Cina, introdotto in Europa a scopo ornamentale alla fine del XIX secolo. Apprezzata per la sua abbondante fioritura estiva e per la capacità di attrarre farfalle e altri impollinatori, è ampiamente coltivata nei giardini. Oltre al suo valore ornamentale, è specie utilizzata nella medicina tradizionale cinese per le sue proprietà antinfiammatorie, antiossidanti e cicatrizzanti. Estrahendo i principi attivi dalle foglie e dalle radici, si ottengono preparati impiegati nel trattamento di ferite, infiammazioni oculari e disturbi epatici. Inoltre, i fiori di questa pianta possono essere utilizzati per la tintura naturale di tessuti, producendo tonalità che variano dal giallo all'ocra, a seconda del metodo di estrazione e del materiale trattato. È considerata una specie invasiva in molte regioni europee, inclusa l'Italia, a causa della sua capacità di diffondersi rapidamente e competere con la flora autoctona.

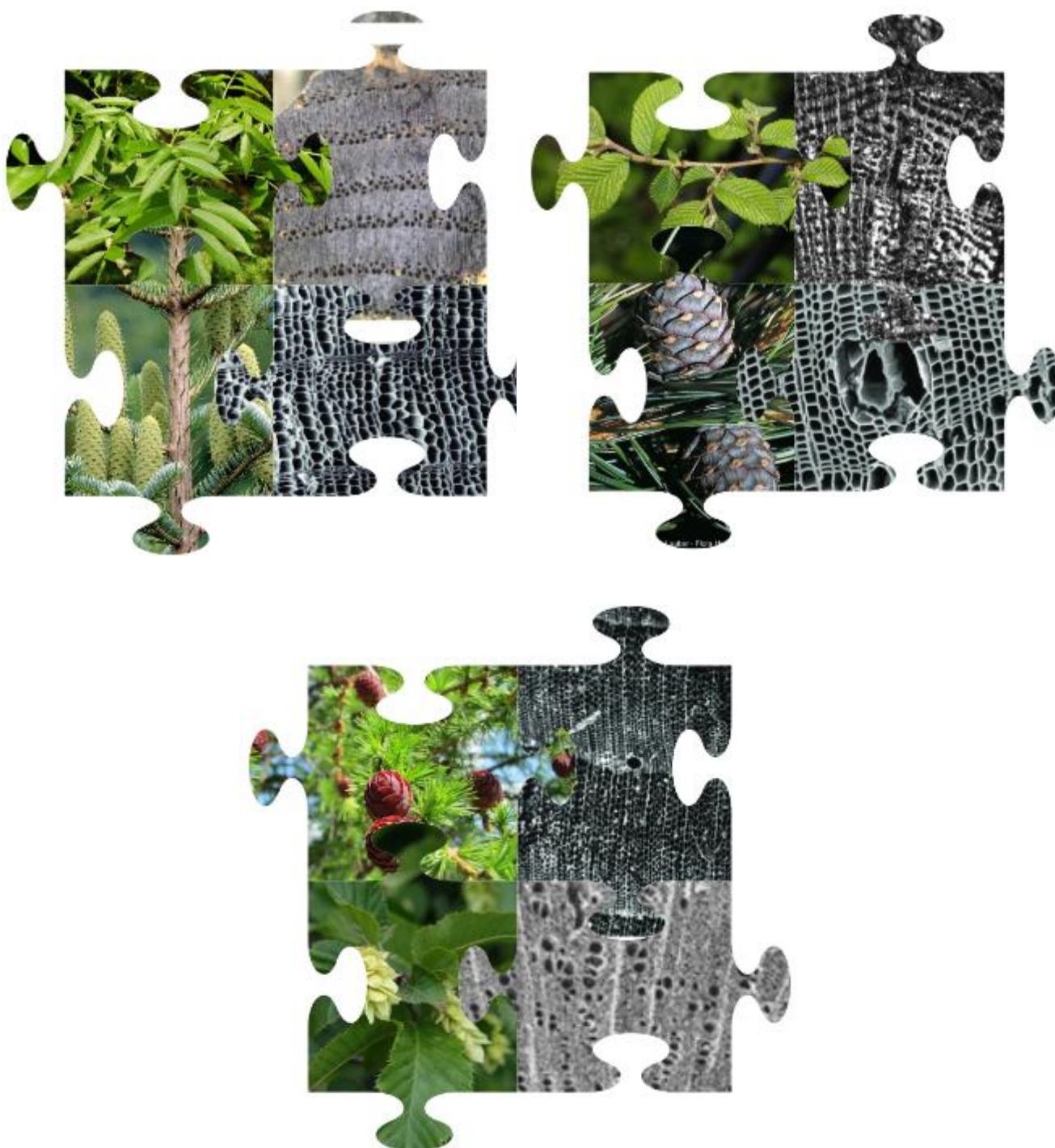
12. *Pyrus nivalis* – pero alpino

Specie arborea decidua della famiglia delle *Rosaceae*, originaria dell'Europa sud-orientale e dell'Asia occidentale. Può raggiungere un'altezza di 6–10 metri e una larghezza di 5–7 metri, con una chioma arrotondata e rami eretti. Le giovani ramificazioni presentano una peluria biancastra, mentre le foglie, inizialmente argentate, diventano verde-grigiastre con il tempo, mantenendo il lato inferiore vellutato. In primavera, produce abbondanti fiori bianchi riuniti in ombrelle, seguiti da frutti sferici giallo-verdastri dal sapore acidulo, maturi in autunno. Il pero delle nevi è apprezzato come albero ornamentale per la sua fioritura primaverile e il fogliame autunnale rosso intenso. È resistente alla siccità, al freddo e all'inquinamento atmosferico, adattandosi a vari tipi di suolo, inclusi quelli poveri e calcarei. I suoi frutti, sebbene aspri da crudi, possono essere consumati cotti o utilizzati per la produzione di perry, una bevanda fermentata simile al sidro. Il legno, duro e fine, è stato tradizionalmente impiegato nella realizzazione di strumenti musicali, incisioni su legno e mobili. In Trentino è considerata alloctona naturalizzata.

Conclusione:

Quando il puzzle sarà completo, l'educatore invita i e le partecipanti ad osservare i carboni allo stereomicroscopio, facilitando l'interpretazione del campione e fornendo la descrizione di quanto si sta vedendo.

Tessere pianta - carbone:



Tessere specie “intruse”:



Tessere ambiente:



Bibliografia

- Allen, W. (2003). *Plant blindness*. BioScience, 53(10), 926. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053 \[0926: PB\] 2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0926: PB] 2.0.CO;2)
- Angelucci, D. E., & Bassetti, M. (2009). *Humans and their landscape from the Alpine Last Glacial Maximum to the Middle Holocene in Trentino: Geoarchaeological considerations*. Preistoria Alpina, 44, 59–78.
- Angelucci, D., E., Patauner, E., Duches, R. (2022). *Geoarchaeological characterisation of a Younger Dryas site in the Alpine uplands: Cornafessa rock shelter (Italy)*. Geoarcheology, 38, 35–56.
- Avanzini M., (2011). *La ricerca nei musei tra tradizione e innovazione*. La ricerca nei musei scientifici – Museologia scientifica memorie N° 11 – 2014 / 9 – 12. ISSN 1972-6848
- Bassetti, M., & Borsato, A. (2007). Evoluzione geomorfologia della Bassa Valle dell'Adige dall'ultimo massimo glaciale: sintesi delle conoscenze e riferimenti ad aree limitrofe. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica*, 82,
- Berti, S., Fioravanti, M., Macchioni, N. (2020). *Raffaello Nardi Berti La struttura anatomica del legno ed il riconoscimento dei legnami italiani di più corrente impiego*. II° edizione, III ristampa, 2006, CNR – IBE.
- Bettineschi, C., Fiorentin, A., Magnini, L., Marchesini, M., De Guio, A., (2023). *Tecnologia edilizia e determinazione dei resti lignei da una struttura produttiva della seconda età del Ferro al Bostel di Rotzo (VI)* in Terra, legno e materiali deperibili nell'architettura antica vol. 1 L'età preromana – Costruire nel mondo antico. Edizioni Quasar.
- Brown, S., (2024). *AIA Lesson Plans: Basics of Archaeology for Simulated Digs*. The Archaeological Institute of America.
- Byrne, E. M., Jensen, H., Thomsen, B. S., & Ramchandani, P. G. (2023). *Educational interventions involving physical manipulatives for improving children's learning and development: A scoping review*. *Review of Education*, 11(1), e3400.
- Castellarin, A., Vai, G. B., & Cantelli, L. (2006). *The Alpine evolution of the Southern Alps around the Giudicarie faults: A Late Cretaceous to Early Eocene transfer zone*. Tectonophysics, 414, 203–223.

Castellano, L. (2018). *Le analisi antracologiche sui pali in AREA MEGALITICA DI SAINT-MARTIN-DE-CORLÉANS UNA VISIONE AGGIORNATA*. Regione Autonoma Valle d'Aosta.

Cattani, L. (1977). *Dati palinologici inerenti ai depositi di Pradestel e di Vatte di Zambana nella Valle dell'Adige (TN)*. Preistoria Alpina – Museo Tridentino di Scienze Naturali, vol. 13, pag. 21 - 29

Celi, M., Cioppi, E., Falchetti, E., Guaraldi Vinassa de Regny, I., & Miglietta, A. M. (2016). *Linee guida per l'organizzazione dei servizi educativi nei musei scientifici*. Associazione Nazionale Musei Scientifici.

Cusinato, A. e Bassetti, M., 2007. *Popolamento umano e paleoambiente tra la culminazione dell'ultima glaciazione e l'Olocene in area trentina e zone limitrofe*. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol., 82: 43-63.

Dalmeri, G., et al., 2013. *Frequentazione delle medie quote montane durante il Dryas recente: nuove informazioni dal sito epigravettiano di Palù Echen (Altopiano di Folgaria, Trentino)*. Preistoria Alpina, 47: 153-181.

Dasgupta, S. (2016, September 27). *Can plant blindness be cured?* Pacific Standard.

Duches, R., Nannini, N., Fontana, A., Crezzini, J., Bernardini, F., Tuniz, C., Dalmeri, G. (2018). *Archeological bone injuries by lithic backed projectiles: new evidence on bear hunting from the Late Epigravettian site of Cornafessa rock shelter (Italy)*. Archaeological and Anthropological Sciences ISSN 1866-9557.

GEMS – Gruppo per l'Educazione nei Musei Scientifici (2013). *Linee guida per l'organizzazione dei servizi educativi nei musei scientifici*. Associazione Nazionale Musei Scientifici (ANMS).

Godwin, H., & Tansley, A. G. (1941). *Prehistoric charcoals as evidence of former vegetation, soil and climate*. Journal of Ecology, 19, 117–126.

Grosser, D. (1977). *Die Hölzer Mitteleuropas: Ein mikrophotographischer Lehratlas*, Springer, 978-3540080961.

Hein, A. (2013). *Digital museums: New media, new practices*. Routledge.

International Council of Museums. (2016). *Museums as catalysts for change*. ICOM.

- Kabukcu, C. (2018). *Wood Charcoal Analysis in Archaeology*. 10.1007/978-3-319-75082-8_7.
- Kofler, W., Außerlechner, M., Oegg, K. (2018). *RIPARO CORNAFESSA Pollen- and Charcoal Analyses Report 2018*. Institut für Botanik, Universität Innsbruck.
- Maby, C. J. (1932). *The identification of wood and wood charcoal fragments*. The Analyst, 57, 2–8.
- Mercuri, A. M. (2022). *Plant use*. In Oxford Research Encyclopedia of Anthropology. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190854584.013.50>
- Oberdorfer E. (2001). *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete*. 8. Auflage. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Pany, P., Lörntz, A., Auleitner, L., Heidinger, C., Lampert, P., & Kiehn, M. (2019). *Using students' interest in useful plants to encourage plant vision in the classroom*. Plants, People, Planet, 1(3), 261–270.
- Pasqua, G., Abbate, G., Forni, C. (2019). *Botanica generale e diversità vegetale IV* edizione Piccin Nuova Libreria.
- Picornell, G. L., Asouti, E., & Martí, E. A. (2011). *The ethnoarchaeology of firewood management in the Fang villages of Equatorial Guinea, central Africa: Implications for the interpretation of wood fuel remains from archaeological sites*. Journal of Anthropological Archaeology, 30, 375–384.
- Pola, M., Ricciato, A., Fantoni, R., Fabbri, P., & Zampieri, D. (2014). *Architecture of the western margin of the North Adriatic foreland: The Schio-Vicenza fault system*. Italian Journal of Geosciences, 133(2), 223–234.
- Preziosi, R. (2017). *Digital humanities e patrimonio culturale*. Carocci editore.
- Prosser F., Bertolli A., Festi F., Perazza G. (2019). *Flora del Trentino*, Fondazione Museo Civico di Rovereto con Edizioni Osiride.
- Quave, C. L., & Pieroni, A. (2015). *A reservoir of ethnobotanical knowledge informs resilient food security and health strategies in the Balkans*. Nature Plants, 1(2), 14021. <https://doi.org/10.1038/nplants.2014.21>

Regione Veneto (2010). *Piano di gestione Zona di Protezione Speciale IT3210040 Monti Lessini - Pasubio Piccole Dolomiti Vicentine*.

Ro, C. (2019, April 29). *Why 'plant blindness' matters — and what you can do about it*. BBC-Future. Archived from the original on October 4, 2019.

Rodari P., (2008). *Educazione e musei della scienza. Riflessioni italiane e sull'Italia*. Journal of Science Communication, SISSA. ISSN 1824 – 2049

Salisbury, K. J., & Jane, F. W. (1940). *Charcoals from Maiden Castle and their significance in relation to the vegetation and climatic conditions in prehistoric times*. Journal of Ecology, 28, 310–325.

Schweingruber F. H., (1990). *Anatomie europaischer Holzer. Anatomy of European woods* Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research.

Tarantini, M., (2008). *La preistoria a scuola. Pregiudizi, stereotipi e potenzialità didattiche*. Relazione presentata al convegno di Venaria Reale, «Storia e cittadinanza», marzo 2008, organizzato dal MIUR per illustrare le Indicazioni per il Curricolo.

Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (1999). *Preventing plant blindness*. The American Biology Teacher, 61, 82–86.

Zipf, G. K. (1949). *Human behavior and the principle of least effort*. Cambridge, MA: Addison-Wesley.