

Guido Roghi, Eugenio Ragazzi, Piero Gianolla, Olimpia Coppellotti, Paolo Fedele *

SULL'AMBRA TRIASSICA DELLE DOLOMITI A 100 ANNI DALLA SEGNALAZIONE DI ERNST KOKEN (1913-2013)

Abstract - Since the first report of Koken from the early 20th century very few studies have been conducted on Triassic amber of the Dolomites, which passed virtually unnoticed until a few years ago. This article presents an overview of the main steps of the study that led to the geological, physico-chemical and paleontological characterization of this peculiar kind of amber; thanks also to organisms contained in it, recently it has been possible to obtain new information about life during the Triassic period.

Keywords: amber, Triassic, Dolomites, Southern Alps, Heiligkreuz Formation

Riassunto - Dalla prima segnalazione di Koken risalente agli inizi del XX secolo, pochissimi sono i riferimenti successivi inerenti all'ambra triassica delle Dolomiti, passata praticamente inosservata sino a pochi anni fa. In questo articolo viene presentata una rassegna delle principali tappe di studio che hanno portato alla caratterizzazione geologica, chimico-fisica e paleontologica di questa peculiare ambra che, grazie anche a organismi in essa racchiusi, recentemente ha permesso di ricavare nuove indicazioni sulla vita durante il periodo Triassico.

Parole chiave: ambra, Triassico, Dolomiti, Alpi Meridionali, Formazione di Heiligkreuz

*Guido Roghi - Istituto di Geoscienze e Georisorse - CNR Sezione di Padova c/o Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova - Via Gradenigo 6, I - 35131 Padova, Italy - e-mail: guido.roghi@igg.cnr.it; Eugenio Ragazzi - Dipartimento di Scienze del Farmaco, Università di Padova, L. go Meneghetti 2, I - 35131 Padova, Italy - e-mail: eugenio.ragazzi@unipd.it; Piero Gianolla - Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Polo Scientifico e Tecnologico, Via Saragat, 1 - Blocco B - 44100 Ferrara, Italy - e-mail: glr@unife.it; Olimpia Coppellotti Krupa - Dipartimento di Biologia, Università di Padova, Via U. Bassi 58/B - 35131 Padova, Italy - e-mail: olimpia.coppellotti@unipd.it; Paolo Fedele - Museo Paleontologico Rinaldo Zardini, Via Marangoi, 1 - loc. Pontechiesa, I-32043 Cortina d'Ampezzo, Italy - e-mail: museo@regole.it

Introduzione: L'ambra nelle Dolomiti

Ernst Friedrich Rudolf Karl von Koken (1860 - 1912, Fig. 1) nel suo lavoro uscito postumo nel 1913 sugli strati di Santa Croce (KOKEN, 1913) scriveva (pag. 9):

"Soprattutto a Romerlo si nota una roccia arenacea marrone piena di *Trigonodus rablensis*, *T. bittneri* e *Physocardia ogilviae*, dalla quale si sono erosi bene i bivalvi. Si tratta di una oolite arenacea e nel bosco molto sopra Pocol si può notare come venga a contatto con i calcari oolitici successivi. Sono inclusi dei cristalli di quarzo e inoltre resti carboniosi di piante. È interessante anche la presenza di ambra fossile che dovrebbe essere identica alla *Kochenite* di Pichler. Non ho indagato ulteriormente e la definisco in seguito come *Retinite*. È presente solo sotto forma di piccoli frammenti ma in numero talmente elevato che non si riesce a sbagliare roccia. Il fatto che ho trovato l'ambra anche a Heiligenkreuz negli strati a *Ostea montis caprilis* è stato già detto, ma lì è rara.

La *Retinite* degli strati di Raibl del Gruppo delle Tofane è di interesse particolare, visto che anche nel Nord-Tirolo secondo Pichler è stata riscontrata *Kokenite* negli stessi livelli. L'Autore li descrive anche nelle Carditaschichten superiori della Valle di Achen. La presenza dell'ambra fossile ricorda i frammenti di ambra del Krant marino (?) della costa del Samland; in modo analogo a Langenargen, nei pressi del Lago di Costanza (Bodensee), sono stati descritti da parte di Kirchner anche depositi più giovani. I frammenti di ambra si sono depositati insieme a frammenti di legno e corteccia e sono conosciuti come ambra di abete rosso. Vista la loro sensibilità allo sbriciolamento, sembra che conservazioni di questo genere siano più probabili maggiore è la vicinanza con la costa."

Dalla prima segnalazione di Koken agli inizi del XX secolo pochissimi sono i riferimenti successivi inerenti questa antichissima resina fossile, passata praticamente inosservata sino a pochi anni fa. Se ne trova menzione nel libro *Geologia e Fossili delle Dolomiti di Cortina e dintorni*

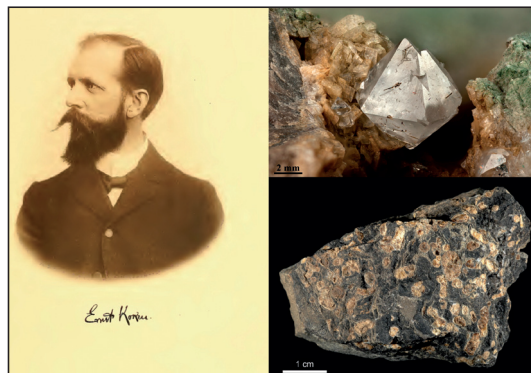


Fig. 1. Ernst Friedrich Rudolf Karl von Koken (1860-1912). Per gentile concessione di E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung OHG - www.schweizerbart.de. Sulla destra un cristallo di quarzo proveniente dal Col dei Bos.

di Rinaldo Zardini (ZARDINI, 1973) dove l'autore indica "molti resti di piante, piccole cavità con la presenza di resine fossili". Successivamente WENDT & FÜRSICH (1980) segnalano ambra e frammenti di piante nell'unità C e D della sezione di Passo Falzarego, ma studi approfonditi incominciano solo alla fine degli anni '90 (GIANOLLA ET AL., 1998A) e proseguono in maniera esponenziale con i ritrovamenti di numerosi protozoi (ciliati, flagellati e tecamebe), e fino alle ultimissime novità riguardanti acari ed insetti fossili inclusi all'interno di questa peculiare resina fossile (SCHMIDT ET AL., 2012). Una importante svolta, ma anche chiave di volta per questi studi è stata nel 1999 l'individuazione, a opera del Dott. Nereo Preto del Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova, di un paleosuolo estremamente ricco di goccioline di ambra, sempre all'interno degli strati di Santa Croce, attualmente denominata Formazione di Heiligenkreuz, e che sarà il "serbatoio" di materiale per tutti i successivi approfonditi studi su questa resina fossile.

Ma la sua storia è incominciata ben prima, ovvero circa 230 milioni di anni fa, nel Triassico Superiore, quando piante popolavano zone costiere prossime ad un mare tropicale.

La Formazione di Heiligenkreuz

I primi studi stratigrafici e paleontologici su questa Formazione risalgono alla prima metà del XIX secolo e sono per lo più incentrati sul-

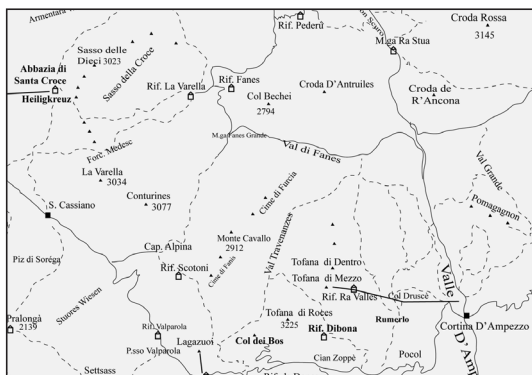


Fig. 2. Cartina geografica delle principali località citate nel testo.

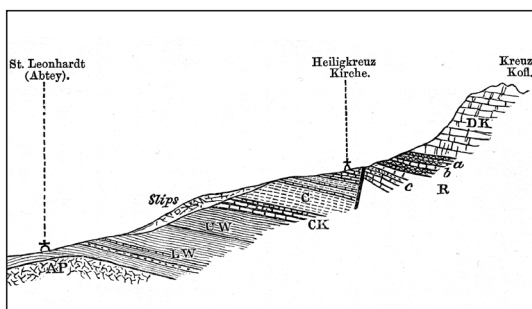


Fig. 3. Profilo Geologico nella zona del Santuario di Santa Croce/Heiligkreuz (da OGILVIE GORDON, 1893).

le sequenze nei dintorni dell'Ospizio di Santa Croce/Heiligkreuz Hospiz (Fig. 2), da cui prendono il nome, posto ad Est del paese di San Leonardo, in Val Badia. Il primo ad usare questo termine fu Wissmann (in MÜNSTER & WISSMANN, 1841), descrivendo in tale località la successione degli *Schichten von Heiligkreuz*, mentre Klipstein (KLIPSTEIN, 1843-45) indica fossili provenienti sempre dalla zona del santuario e Majer, sempre all'interno del lavoro di Klipstein (p. 294), segnala il ritrovamento anche di resti di rettili. Nel 1860 il barone Ferdinand von Richthofen (RICHTHOFEN, 1860) descrive una serie stratigrafica sempre nei livelli intorno al santuario, al di sotto del *Dachstein Kalk* (Dolomia Principale), attribuendoli all'orizzonte più alto degli *Strati di San Cassiano*. Stur invece, nel 1871, come pure Mojsisovics nel suo famoso lavoro *Die Dolomit Riffe* (MOJSISOVICS, 1879), attribuisce gli *Heiligkreuz Schichten* alla parte bassa degli *Strati di Raibl* delle Dolomiti, mentre sulla base della fauna contenuta correla gli

Heiligkreuz Schichten con i *Torer Schichten*, questi ultimi corrispondenti invece alla parte alta degli *Strati di Raibl* austriaci.

Nella zona di Cortina d'Ampezzo gli studi sulla Formazione di Heiligkreuz sono più rari e Loretz fu il primo a segnalare delle faune fossili provenienti dall'Alpe di Specie, dalla strada per il Passo Falzarego e nella zona verso Misurina (LORETZ, 1875). La geologa scozzese Maria Matilda Ogilvie Gordon nel suo importante lavoro sulla stratigrafia e tettonica relativo anche alla zona di Cortina (OGILVIE-GORDON, 1893) suddivide in due livelli gli *Heiligkreuz Schichten* e ne inserisce la parte bassa negli *Strati Cassiani*, mentre considera la porzione superiore (*Ostrea limestone*) come strati di Raibl (Fig. 3). A questo punto arriva il lavoro di Koken che attraverso una attenta revisione descrive gli strati di Heiligkreuz (*Schichten von Heiligenkreuz*) ed equivalenti, fino alla zona di Cortina dove appunto segnala l'ambra fossile assieme a ricche associazioni del bivalve *Trigonodus bittneri* Waagen (KOKEN, 1913) (Fig. 4). La Formazione di Heiligkreuz (in passato definita Formazione di Dürrenstein) con i suoi litotipi da carbonatici a terrigeni testimonia un ambiente di piana tidale interrotta da zone più lagunari e deltizie interessate dall'apporto di sedimenti, come sabbie e ciottoli, provenienti da limitrofe zone emerse (PISA ET AL., 1980; DE ZANCHE ET AL., 1993; GIANOLLA ET AL., 1998B; KEIM ET AL., 2001; BOSELLINI ET AL., 2003; PRETO & HINNOV, 2003; NERI ET AL., 2007; BREDA ET AL., 2009). Questa



Fig. 4. Arenaria ricca di *Trigonodus* proveniente da Rumerlo (Cortina d'Ampezzo). Molto spesso questi bivalvi si trovano associati a gocce e frammenti di ambra.

situazione paleoambientale, ereditata da ambienti più schiettamente marini (Formazione di San Cassiano e Piattaforme Cassiane) si andrà poi trasformando in un ambiente ancora più continentale testimoniato dalle facies della Formazione di Travenanzes, tipiche di ambienti di “sabhka” caldo arido (BREDI ET AL., 2009, BREDI & PRETO, 2011) (Fig. 5).

Una delle sezioni più interessanti, che poi è quella che ha anche fornito la maggiore quantità di ambra, è quella del Rifugio Dibona (46°31'N, 12°04'E), dove affiora la parte alta della Formazione di Heiligkreuz (Fig. 6). In un affioramento dello spessore di circa 300 metri, posto al di sotto di Punta Anna, si rinvencono calcari dolomitici, arenarie dolomitiche e arenarie ibride, a volte con stratificazione incrociata, intercalate a paleosuoli argillosi ricchi di sostanza organica. Verso l'alto si passa ad un bancone più carbonatico molto ben evidente sino al Lagazuoi, che marca la fine della Formazione di Heiligkreuz. Al di sopra, sempre molto ben evidenti nella sezione del Rifugio Dibona, si passa alle siltiti e arenarie rosse intercalate a dolomie e siltiti con noduli di gesso della Formazione di Travenanzes, che rappre-

senta l'ultimo gradone prima delle pareti verticali della Dolomia Principale (Fig. 7).

I fossili più comuni della Fm. di Heiligkreuz sono bivalvi e gasteropodi, rari invece i cefalopodi (ammonoidi e nautiloidi), che vivevano nel mare poco profondo limitrofo alle terre emerse. Tra i vertebrati sono stati trovati resti di Placodonti (rettili che, grazie alla loro peculiare dentatura, riuscivano a frantumare la conchiglia di molluschi di cui si cibavano), Notosauri e Tecodonti che vivevano sulle terre emerse. Di questi animali molto comune è il ritrovamento dei denti (DALLA VECCHIA & AVANZINI, 2002), mentre decisamente meno frequenti sono i rinvenimenti di resti di ossa, come quello descritto appunto nel lavoro di Koken (KOKEN, 1913). Per una revisione delle associazioni fossili si rimanda al lavoro di BIZZARINI & ROTTUNARA (1997) o DALLA VECCHIA & AVANZINI (2002). L'età della Fm. di Heiligkreuz è stata definita attraverso lo studio degli ammonoidi e dall'analisi delle associazioni palinologiche. Il ritrovamento di *Shastites cf. pilari* (Diener), ammonioide tipica della parte bassa del Carnico superiore, e di grani pollinici attribuibili ai generi *Patinasporites*, *Enzonalasporites*, *Lage-*

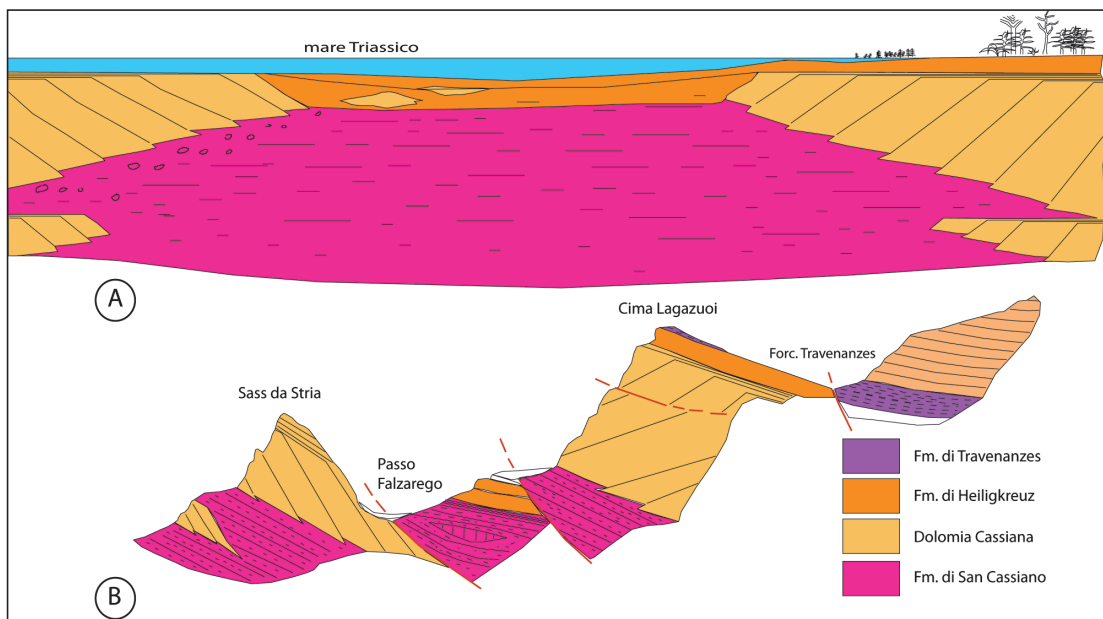


Fig. 5. A: Ricostruzione della paleotopografia durante il periodo della deposizione dei sedimenti della Formazione di Heiligkreuz. Nella sezione si notano i rapporti stratigrafici che esistevano durante il Triassico tra le Dolomie Cassiane e la Formazione di San Cassiano. B: Profilo geologico attuale da Cima Lagazuoi al Passo Falzarego.



Fig. 6. Formazione di Heiligkreuz dietro il Rifugio Dibona.

nella ed *Equisetosporites* hanno permesso di attribuire all'intervallo ad ambra una età che va dal Carnico inferiore (Julico), per la parte bassa della Fm. di Heiligkreuz, fino al Carnico superiore (Tuvalico), ricoprendo un intervallo di tempo che approssimativamente va da 235 a 230 milioni di anni fa (GIANOLLA ET AL., 1998A; DE ZANCHE ET AL., 2000; ROGHI, 2004).

Paleobotanica della Formazione di Heiligkreuz

Nei livelli carboniosi posti nella parte medio-alta della Fm. di Heiligkreuz, assieme all'ambra, sono stati trovati resti di piante fossili più o meno preservati. Inoltre, dagli stessi sedimenti è stata estratta una grande quantità di grani di polline e di spore provenienti dalla vegetazione che viveva nelle aree limitrofe (ROGHI ET AL., 2006A, KUSTATSCHER ET AL., 2011).



Fig. 7. L'evidente ultimo gradone costituito dalla Formazione di Travenanzes prima delle verticali pareti della Dolomia Principale al di sotto della Tofana di Rozes.

Tra i resti di piante sono da segnalare frammenti di equiseti e di conifere che, nei casi più fortunati, hanno conservato la struttura cellulare delle foglie, ovvero la cuticola (Fig. 8). L'analisi di questa struttura ha permesso di evidenziare la presenza di piante appartenenti alla famiglia delle Cheirolepidiaceae, un gruppo di conifere oggi estinto (ROGHI ET AL., 2006A, SCHMIDT ET AL., 2012). Il recente ritrovamento di alcune fronde di conifera (Fig. 9) molto ben conservate e che mostravano particolari concentrazioni di resina fossile proprio in prossimità dei resti vegetali ed anche al loro interno ha però aperto una nuova prospettiva sulle piante triassiche produttrici di resina. La sorpresa più grande è avvenuta quando alcuni frammenti di queste antichissime piante sono stati osservati alla luce ultravioletta, che sull'ambra produce l'emissione di una carat-

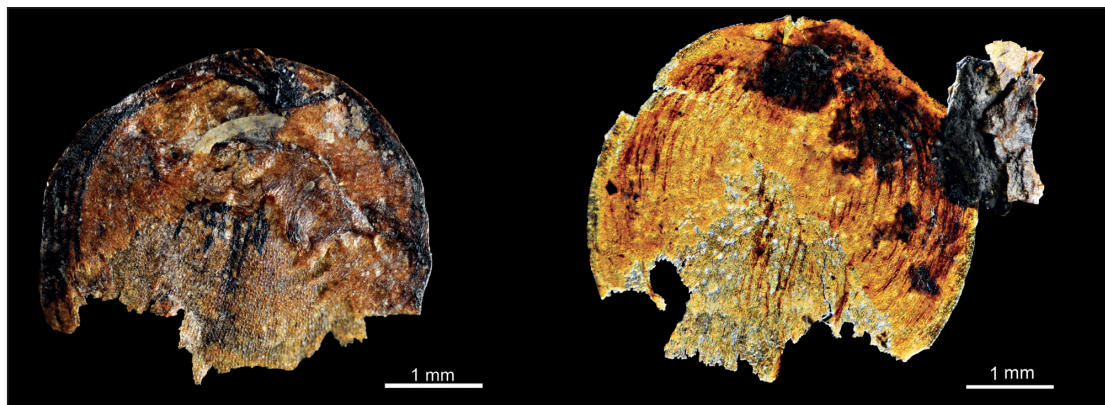


Fig. 8. Foglie di conifere triassiche dalla forma piatta ed arrotondata in cui è possibile osservare, perfettamente preservati, la cuticola e gli stomi.

teristica fluorescenza bluastra. Sfruttando tale espediente, in una fronda ramificata è stato possibile mettere in evidenza come all'interno dei sottili rami fosse presente abbondante ambra, distribuita molto probabilmente lungo canali resiniferi (Fig. 10). Questo reperto, una volta determinato, permetterà di incrementare ulteriormente le conoscenze sulle piante che essudarono questa resina. Già il ritrovamento di goccioline di ambra all'interno delle lamine fogliari di conifere appartenenti alle Cheirolepidiaceae aveva dato precise indicazioni sulle piante produttrici (SCHMIDT ET AL., 2012). Tra le nuove piante rinvenute, alcune fronde esibiscono una morfologia fogliare tipica delle Cheirolepidiaceae, mentre altre possono essere associate a *Voltzia*, ma solo le analisi cuticolari, ora in corso, permetteranno di risolvere definitivamente la questione. Lo studio di singoli macrofossili vegetali fornisce generalmente un quadro incompleto della vegetazione presente all'epoca, mentre le analisi palinologiche, attraverso le quali si studiano centinaia, se non migliaia di grani pollinici, danno un panorama della vegetazione sicuramente più vasto. Le

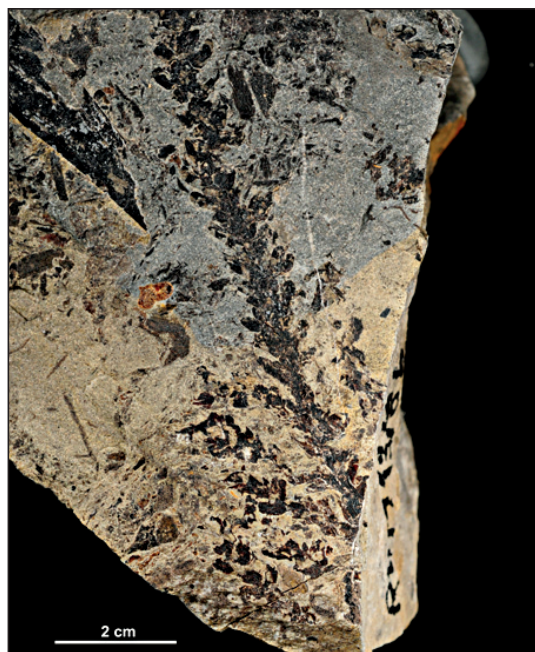


Fig. 9. Fronde di conifera dalla località Rumerlo (Cortina d'Ampezzo), con conservata struttura cellulare delle foglie e morfologia degli stomi.

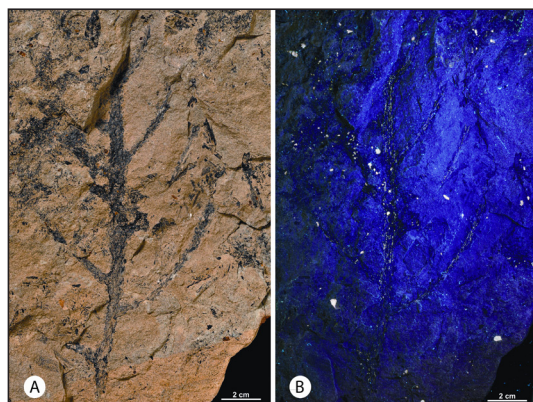


Fig. 10. A: frammento di arenaria con una fronda ramificata di conifera. B: lo stesso frammento sotto luce ultravioletta che mette in evidenza le goccioline sparse e la resina presente anche all'interno della fronda.

associazioni palinologiche trovate nei livelli ad ambra hanno permesso di definire la presenza di lycopodiali, filicali e sfenopodiali e, tra le Gimnosperme, conifere, pteridosperme e cicadali.

L'ambra

I reperti di ambra inglobati all'interno dei livelli carboniosi rappresentano antiche gocce di resina essudata dagli alberi di un tempo presenti nella zona i quali, per qualche motivo, producevano questo fluido viscoso che, nel corso di milioni di anni ed attraverso una sequenza di processi chimici, è diventato ambra (ROGHI ET AL., 2006A, MANAIGO ET AL., 2007). Dal livello stratigrafico principale, rappresentato da un paleosuolo, ovvero la testimonianza di una antica superficie di emersione, sono state estratte più di 70 000 goccioline che vanno a costituire un giacimento che potremmo definire un unicum mondiale per questa età. La maggior parte dei campioni rinvenuti ha una tipica forma a goccia, quindi sferica e con un picciolo all'estremità (Fig. 11); altri campioni mostrano dei veri e propri lobi, a volte concentrici o multipli, ad indicare fuoriuscite successive di flussi resinosi. Molto spesso le goccioline presentano un reticolo di fratture, conseguenza dell'essiccamento superficiale dovuto all'esposizione al clima caldo o anche direttamente ai raggi del sole. La notevole quantità di resina fossile ha permesso di effettuare molteplici analisi di la-



Fig. 11. Gocce di ambra provenienti dal paleosuolo posto nella parte alta della Fm. di Heiligkreuz nella sezione del Rifugio Dibona.

boratorio che hanno condotto ad una precisa caratterizzazione dal punto di vista chimico-fisico (GIANOLLA ET AL., 1998B; RAGAZZI ET AL., 2003, ROGHI ET AL., 2006A). La maggior parte del materiale è ora conservata presso il Dipartimento di Geoscienze e il Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Padova, e nel Museo delle Regole di Cortina d'Ampezzo.

Le inclusioni all'interno dell'ambra triassica delle Dolomiti

Come è risaputo, l'ambra ha la capacità di preservare in maniera perfetta gli organismi che vengono intrappolati al suo interno. Uno dei limiti, che poi è quello che interessa l'ambra triassica delle Dolomiti, è quello dimensionale; in gocce piccole ci possono stare solo organismi, o frammenti di essi, piccoli. Pur con questa consapevole limitazione, sin dagli inizi del XXI secolo quest'ambra ha dimostrato essere promettente per le analisi degli inclusi; dalla fattiva collaborazione instaurata con studiosi in ambito nazionale ed anche internazionale, tra i quali il Dott. Alexander Schmidt del *Museum für Naturkunde der Humboldt Universität* di Berlino, che hanno portato le loro specifiche ed indispensabili competenze, sono iniziati i primi studi che hanno condotto alla pubblicazione dei primi lavori preliminari (ROGHI ET AL., 2003, 2005). Successivamente le indagini allargate ad una quantità immensa di goccioline hanno permesso di definire le biocenosi a microorganismi presenti nell'ambiente in cui vivevano le piante che essudavano

la resina. E così, oltre a grani di polline e spore, batteri e funghi, sono stati scoperti i più antichi ciliati ed amebe testate conservati in ambra (SCHMIDT ET AL., 2006), microorganismi che sono rimasti inglobati all'interno di quello che era un liquido viscoso, poi

solidificato, per più di 230 milioni di anni. Più di recente, quando oramai si era arrivati ad analizzare molte migliaia di goccioline, come premio a questo lunghissimo e paziente lavoro è giunta la scoperta di organismi multicellulari, in questo caso artropodi, ed in particolare due specie di acari eriofidi e un dittero (SCHMIDT ET AL., 2012). L'insetto, purtroppo incompleto e rappresentato solo da frammenti del capo, un'antenna, addome e alcune zampe (Fig. 12), appartiene ai Ditteri Nematoceri; insieme agli acari eriofidi, perfettamente conservati, rappresentano i più antichi organismi in ambra finora rinvenuti (Fig. 13). Artropodi in ambra del Cretaceo inferiore, risalenti a circa 130 milioni di anni fa, erano stati sino ad ora la segnalazione degli animali più antichi; la scoperta all'interno dell'ambra delle Dolomiti retrodata il ritrovamento degli organismi animali di ben 100 milioni di anni. Lo studio di questi piccolissimi organismi è stato effettuato coinvolgendo una equipe di specialisti tra cui David A. Grimaldi del Museo di Storia Naturale di New York e Evert E. Lindquist di Ottawa. Un acaro presenta forma allungata, vermiforme e con strane strutture adatte alla masticazione/triturazione (Fig. 13a) ed è stato chiamato *Triasacarus fedelei*, mentre l'altro ha una forma più triangolare, compatta, possiede un apparato boccale più discreto, ed è stato chiamato *Am-*



Fig. 12. Dettaglio dell'insetto trovato dentro l'ambra triassica. Si intravede il capo e una zampa ripiegata.

pezzoa triassica (Fig. 13b) (SCHMIDT ET AL., 2012). L'habitat di organismi simili viventi tutt'oggi risiede normalmente all'interno di spazi ristretti come corteccia, galle e germogli, dove rimangono protetti dall'essiccamento o, per le forme più tozze come *l'Ampezzoa*, sulla superficie delle piante e delle foglie.

Gli organismi del Triassico probabilmente erano dotati di comportamenti simili a quelli delle specie odierne, e tale modalità di vita ha reso possibile che fossero intrappolati dal flusso vischioso di resina e conservati sino ad oggi. I numerosi resti di piante fossili, come foglie e frustoli appartenenti ad antiche conifere, rappresentano ciò che rimane del loro originario luogo di vita e della sorgente principale di cibo. Gli eriofidi infatti sono un gruppo di artropodi fitofagi oggi molto specializzato e rappresentato da numerosissime specie (oltre 3500), delle quali attualmente il 97% si ciba di Angiosperme, mentre solo il 3% si nutre di Gimnosperme come quelli del Triassico, fatto che si è rivelato essere un'altra caratteristica ancestrale.

Le ricerche future sull'ambra triassica sono promettenti e si spera avranno profonde implicazioni sulla comprensione dell'evoluzione degli artropodi terrestri.

Altre ambre risalenti al Triassico

L'ambra triassica non è esclusiva delle località dolomitiche italiane già sopra citate, anche se esse spiccano per l'abbondanza dei reperti. In ambito europeo vi sono segnalazioni di ambra triassica provenienti dai depositi del Keuper spagnolo di Alicante (PEÑALVER & DELCLÒS IN PENNEY 2010, PAG. 236–270), dagli *Schilfsandstein* in Svizzera (GRAESER & STALDER 1976; SOOM, 1984; SOOM & SCHLEE, 1984; KELBER, 1990; KELBER & HANSCH, 1995), e dai *Raibler Schichten* in Austria (PICHLER, 1868), questi ultimi due entrambi depositi che testimoniano un ambiente fluviale. Sempre in Austria è stata segnalata ambra dai depositi continentali dei *Lunzerschichten* (SIGMUND, 1937, CITATO DA VÁVRA, 1984), mentre in Ungheria resina fossile è stata trovata nella Formazione di Sándorhegy nell'*Hungarian Transdanubian Range* (BUDAI ET AL., 1999; GÁBOR & FÖLDVÁRI, 2005) (Tab. 1). Ambra triassica extraeuropea è stata trovata

in Nord America e più precisamente in Arizona, sempre risalente al Triassico superiore, entro il Membro della Foresta Pietrificata della *Chinle Formation* (LITWIN & ASH, 1991). Quest'ambra è stata rinvenuta anche in altri stati limitrofi all'Arizona, negli USA sud-occidentali, come Utah e New Mexico (Sid Ash, comunicazione personale, 2002).

Altra ambra è stata segnalata nella Formazione Ischigualasto del Triassico Superiore dell'Argentina (COLOMBI & PARRISH, 2008) e sempre nel Triassico Superiore del Sudafrica, nella Molteno Formation (ANSORGE, 2007) (Tab. 1).

Paleoecologia dei livelli ad ambra triassica delle Dolomiti

Il ritrovamento di piante fossili sotto forma di fronde strutturate o frustoli non è sempre associato a resina fossile; anzi, se si osservano alcuni dei principali *Lagerstätten* a piante fossili italiani del Triassico e Giurassico, si può rilevare che quasi mai ad essi è associato il ritrovamento di ambra (vedi Tabella 2). Tenendo presente che da alcune località elencate in tabella 2 sono state estratte varie centinaia di resti vegetali, risulta importante capire come mai queste associazioni terrestri, comprendenti anche vari tipi di conifere, tra cui Cheirolepidiaceae, non sono accompagnate dal ritrovamento di resina. La ragione più semplice è che le flore non fossero soggette a patologie o a stress ambientali tali da rendere necessaria una essudazione particolarmente abbondante di resina e, al contrario, che al tempo della

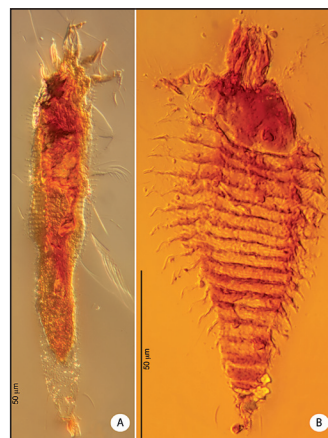


Fig. 13. A: *Triasacarus fedelei*, acaro eriofide, visione ventrale da cui sono evidenti il capo, il corpo segmentato e la zona della coda. B: *Ampezzoa triassica*, l'altro acaro eriofide dall'aspetto più tozzo, anch'esso con capo e addome segmentato ben visibili.

Tabella 1 – Ritrovamenti mondiali finora noti di ambra triassica

Paese	Località	Formazione geologica	Età	Bibliografia
SPAGNA	Alicante	Keuper	Carnico	DELCLÒS ET AL., 2005
SVIZZERA	Neuwelt	Münchestein (Basel)	Carnico	SOOM, 1984, KELBER & HASCH, 1996
ITALIA	Dolomiti	Formazione di Heiligkreuz	Carnico	KOKEN, 1913; GIANOLLA ET AL., 1998A; ROGHI ET AL., 2006B
AUSTRIA	(Lunz area) Eastern NCA (Kochental, Tyrol) Western NCA	Raibler Schichten (1st shale)	Carnico	SIGMUND, 1937 IN VÁVRA, 1984; PICHLER, 1868
UNGHERIA	Balaton Highland	Formazione di Sándorhegy	Carnico	BUDAI ET AL., 1999; GÁBOR & FÖLDVÁRI, 2005
USA	NE Arizona	Membro della Foresta Pietrificata. Chinle Formation	Carnico	LITWIN & ASH, 1991
SUDAFRICA	Leshoto	Molteno Formation	Carnico	ANSORGE, 2007
ARGENTINA		Formazione Ischigualasto	Carnico	COLOMBI & PARRISH, 2008

Tabella 2 – Principali ritrovamenti di piante fossili triassiche e giurassiche italiane. Queste flore hanno tutte un'età diversa rispetto a quella dei livelli ad ambre delle Dolomiti.

ETÀ	LOCALITÀ	AMBRA	CONIFERE	BIBLIOGRAFIA
Anisico	Braies	assente	presenti	BROGLIO LORIGA ET AL., 2002
Ladinico	molte località sparse da Braies allo Zoldano e dalla Val Gardena a Sappada	assente	presenti	si veda ad esempio: KUSTATSCHEK & VAN KONJINENBURG-VAN CITTERT, 2005
Carnico	Dogna, Alpi Giulie	presente	presenti	ROGHI ET AL., 2006B
Carnico	Monte Pore - Lombardia	assente	presenti	PASSONI & VAN KONJINENBURG-VAN CITTERT, 2003
Giurassico	Altopiano di Asiago e Monti Lessini	assente	presenti	WESLEY A., 1956, 1958

deposizione della Formazione di Heiligkreuz stesse accadendo un evento in grado di indurre una fuoriuscita anomala di resina, cosa che peraltro sappiamo è tipica in situazioni di stress da parte delle piante. Solo in Carnia, in livelli leggermente più vecchi di quelli corrispondenti alla Fm. di Heiligkreuz, è stato possibile individuare la presenza di ambra associata a resti di piante, seppur in quantità inferiore rispetto alle Dolomiti (ROGHI ET AL., 2006B). Quindi, la presenza di ambra sembra non essere casuale ma legata a qualche peculiare motivo. Varie sono le ipotesi che possono, a tal proposito, essere formulate.

I ipotesi: massiva produzione di resina dovuta ad un evento climatico che ha stressato le piante; *II ipotesi:* periodo particolarmente delicato per quanto riguarda la speciazione dei principali gruppi di piante, che ha visto evolversi gruppi non ancora completamente adatti

all'ambiente, con incapacità di adattamento ad ambienti inizialmente disagiati; *III ipotesi:* trasgressioni marine che hanno causato una sollecitazione ambientale alterandone la normale fisiologia.

Nulla esclude che i fattori contemplati dalle tre ipotesi possano essere coesistiti e che si siano influenzati uno con l'altro. Ma cosa è successo dal punto di vista climatico in questo periodo? Analisi palinologiche quantitative hanno messo in evidenza un brusco cambiamento climatico verso condizioni umide proprio durante l'intervallo di deposizione della resina (ROGHI, 2004). Già da tempo si sapeva che durante questo preciso periodo è avvenuta una variazione del clima verso l'umido (SIMMS & RUFFEL, 1989; SIMMS ET AL., 1995), evento dimostrato anche da precise analisi geochimiche (DAL CORSO ET AL., 2011, 2012). Questo cambiamento potrebbe essere la causa dello stress sulle conifere. Si

tratta anche di un momento di svolta evolutiva poiché sempre in questo periodo si osserva la nascita di nuovi gruppi di conifere (MILLER, 1977, 1982): ad esempio a Dogna (Alpi Carniche) è stata trovata resina fossile associata a conifere diverse appartenenti al gruppo delle Majonicaceae (ROGHI ET AL. 2006B).

All'interno della formazione di Heiligkreuz sono registrate fasi di trasgressione marine durante le quali il mare, andando a ricoprire vaste aree costiere popolate da arbusti ed alberi, ingenerava condizioni di stress ambientale alle flore presenti: la produzione di resina può essere interpretata come una reazione a tali cambiamenti ambientali.

Il ritrovamento di ambra in questo ristretto intervallo di tempo quindi, sembra una anomalia giustificata solo con una massiva essudazione legata a difficoltà patologiche delle piante. Come recentemente dimostrato, una grande perturbazione climatica deve avere modificato

il clima e, in questo contesto, l'ambra può essere considerata un indicatore paleoclimatico. Sicuramente quando Koken trovò questa resina fossile nulla o poco sapeva delle variazioni climatiche che hanno interessato il nostro pianeta, ma sicuramente ha dimostrato una acutezza di osservazione, individuando in quelle piccole gocce la presenza di ambra e proponendone esatte correlazioni con altre ambre triassiche.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Dr. Evelyn Kustatscher per le pazienti traduzioni dei testi originali in tedesco e Stefano Castelli del Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova per la parte iconografica. Si ringraziano anche le Regole d'Ampezzo ed il Parco Naturale delle Dolomiti d'Ampezzo per il loro indispensabile supporto.

Bibliografia

ANSORGE J., 2007. *Upper Triassic insects and amber from Leshoto (South Africa)*. IV International Congress FossilX3, 4-9 May, Victoria-Gasteiz, Spain, abstract book, pag. 52.

BIZZARINI F. & ROTTONARA E., 1997. *La tanatocenosi a vertebrati delle Heiligenkreuzschichten in alta Val Badia*. Boll. Mus. Civ. St. Nat. di Venezia, 47, 307-313.

BOSELLINI A., GIANOLLA P. & STEFANI, M., 2003. *The Triassic carbonate platforms of the Dolomites (Northern Italy): their evolution and stratigraphic framework*: Mem. Sci. Geol., 54, 111-114.

BREDA A., PRETO N., ROGHI G., FURIN S., MENEGUOLO R., RAGAZZI E., FEDELE P. & GIANOLLA P., 2009. *The Carnian pluvial event in the Tofane Area (Cortina D'Ampezzo, Dolomites, Italy)*. Geo.Alp, 6, 80-115, 2009.

BREDA A. & PRETO N., 2011. *Anatomy of an Upper Triassic continental to marginal-marine system: the mixed siliciclastic-carbonate Travenanzes Formation (Dolomite, Northern Italy)*. Sediment. 58, 1613-1647.

BROGLIO-LORIGA C., FUGAGNOLI A., VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT J.H.A., KUSTATSCHE E., POSENATO R., & WACHTLER M., 2002. *The Anisian macroflora from the Northern Dolomites (Kühwiesenkopf/Monte Pra della Vacca, Braies): a first report*. Riv. Ital. Paleont. Strat. 108 (3), 381-389.

BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., DUDKO A., KOLOSZÁR L. & MAJOROS G., 1999. *A Balaton-felvidék földtana*: Geological Institute of Hungary, Budapest, 257 pp.

COLOMBI C. & PARRISH J.T., 2008. *Taphonomy of the paleofloral assemblages in the Ischigualasto Formation, Upper Triassic (Carnian), Argentina*. Palaios 23:778-795.

DAL CORSO J., PRETO N., KUSTATSCHE E., MIETTO P., ROGHI G. & JENKYN H., 2011. *Carbon-isotope variability of Triassic amber, as compared with wood and leaves (Southern Alps, Italy)*, Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoec., 302, 187-193.

DAL CORSO J., MIETTO P., NEWTON R.J., PANCOST R.D., PRETO N., ROGHI G. & WIGNALL P.B., 2012. *Discovery of a major negative ^{13}C spike in the Carnian (Upper Triassic) linked to the eruption of Wrangellia flood basalts*. Geology, 40, (1), 79-82.

- DALLA VECCHIA F.M. & AVANZINI M., 2002. *New findings of isolated remains of Triassic reptiles from Northeastern Italy*. Boll. Soc. Paleont. It. 41 (2-3), 215-235.
- DELCLÒS X, PENARVEL E., ARILLO A., ORTUNO V., LÓPEZ DEL VALLE R. & SORIANO C., 2005. *Spanish Mesozoic amber localities*. Fossil X 3, 7-11 February 2005, Pretoria (South Africa), Abstract Book, pag. 43.
- DE ZANCHE V., GIANOLLA P., MIETTO P., SIORPAES C. & VAIL, P.R., 1993, *Triassic sequence stratigraphy in the Dolomites (Italy)*: Mem. Sci. Geol., 45, 1-27.
- DE ZANCHE V., GIANOLLA P. & ROGHI G., 2000. *Upper Carnian stratigraphy in the Raibl/Cave del Predil area (southern Julian Alps, Italy)*. Eclogae geol. Helv., 93, 331-347.
- GÁBOR C. & FÖLDVÁRI M., 2005. *Upper Triassic amber fragments from the Balaton Highland, Hungary*. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2005, pp. 37-46.
- GIANOLLA P., ROGHI G. & RAGAZZI E., 1998A. *Upper Triassic amber in the Dolomites (Northern Italy). A paleoclimatic indicator?* Riv. It. Paleont. e Strat., 104, 381-390.
- GIANOLLA P., DE ZANCHE V. & MIETTO P., 1998B. *Triassic sequence stratigraphy in the Southern Alps (Northern Italy). Definition of sequences and basin evolution: in de Graciansky, P.C., Hardenbol, J., Jacquin, T., and Vail, P.R., eds., Mesozoic-Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins, SEPM Special Publication 60, 723-751.*
- GRAESER S. & STALDER H., 1976. *Mineral-neufunde in der Schweiz und angrenzender Gebiete II* - Schweizer Strahler 4(4): 158-171; Thun.
- KELBER K. P., 1990, *The sunken flora of the Main swamps and of Main-Franconia 203 million years ago*. Beringeria, 1:1-67.
- KELBER K. P. & HANSCH W., 1995. *Keuperpflanzen. Die Enträtselung einer über 200 Million- en Jahre alten Flora. [Keuper plants. The unraveling of a flora more than 200 million years old]* Museo 11:1-157.
- KEIM L., BRANDNER R., KRZYSTYN L. & METTE W., 2001. *Termination of carbonate slope progradation: an example from the Carnian of the Dolomites, Northern Italy*: Sed. Geol., 143, 303-323.
- KLIPSTEIN A., 1843-45. *Beiträge zur Geologischen Kenntnis der östlichen Alpen*. Ed. Heyer, Giessen 311 pp.
- KOKEN E., 1913. *Beiträge zur Kenntnis der Schichten von Heiligenkreuz (Abteital, Südtirol)*. Abhandlungen der K. k. Geologischen Reichsanstalt; 16. (4), Wien, 43 pp.
- KUSTATSCHER E. & VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT J.H.A., 2005. *The Ladinian flora (Middle Triassic) of the Dolomites: Palaeoenvironment reconstructions and palaeoclimatic consideration*. Geo.Alp, 2, 31-51.
- KUSTATSCHER E., BIZZARINI F. & ROGHI G., 2011. *Plant fossil in the Cassian Beds and other Carnian Formations of the Southern Alps (Italy)*. Geo.Alp, 8, 146-155.
- LITWIN R.J. & ASH S.R., 1991. *First early Mesozoic amber in the western hemisphere*: Geology, 19, 273-276.
- LORETZ H., 1875. *Einige Petrefacten der alpinen Trias aus den Südalpen*. Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesell., vol. XXVII, 784-841.
- MANAIGO A., FEDELE P., ROGHI G. & RAGAZZI E., 2007. *Le perle delle Dolomiti*. In Le Dolomiti Bellunesi, Anno XXX, n.58, 64-68.
- MILLER C.N., 1977. *Mesozoic Conifers*. The Botanical Review, 43(2), 217-280.
- MILLER C.N., 1982. *Current status of Paleozoic and Mesozoic Conifers*. Rev. Paleobot. Palynol., 37, 99-114.
- MOJSISOVICS VON MOJSVÁR E., 1879. *Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien*. Beiträge zur Bildungsgeschichte der Alpen. Ed. Hödler, Wien, 552 pp.
- MÜNSTER G. & WISSMANN H.L., 1841. *Beiträge zur Geognosie und Petrefactenkunde des südöstlichen Tirol, vorzüglich der Schichten von St. Cassian*. Beiträge z. Petrefactenk., 4, 1-152.
- NERI C., GIANOLLA P., FURLANIS S., CAPUTO S. & BOSELLINI A., 2007. *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, foglio 029, Cortina d'Ampezzo*. Apat, Servizio Geologico d'Italia, 200 pp.
- OGILVIE GORDON M., 1893. *Contributions to the geology of the Wengen and St. Cassianer Strata in Southern Tyrol*. Quart. Journ. Geol. Soc., 49, 1-78.
- PASSONI L. & VAN KONIJNENBURG – VAN CITTERT J.H.A., 2003. *New taxa of fossil Carnian plants from Mount Pora (Bergamasc Alps, Northern Italy)*. Rev. Paleobot. Palynol., 123 (2003): 321-346.

- PENNEY D., 2010. *Biodiversity of Fossils in Amber from the Major World Deposits*. Siri Scientific Press, Manchester, UK, 304 pp.
- PICHLER, A., 1868. *Beiträge zur Geognosie Tirols. XI. Fossiles Harz*: Jahr. der K. K. Geol. Reich., 18, 45-52.
- PISA G., MARINELLI M. & VIEL G., 1980. *Infraraibl Group: a proposal (Southern Calcareous Alps, Italy)*, Riv. It. Paleont. Strat., 85 (1979), 983-1002.
- PRETO N. & HINNOV L. A., 2003. *Unraveling the origin of carbonate platform cyclothems in the Upper Triassic Dürrenstein formation (Dolomites, Italy)*: J. Sed. Res., 73, 774-789.
- RAGAZZI E., ROGHI G., GIARETTA A. & GIANOLLA P., 2003. *Classification of amber based on thermal analysis*, Therm. Acta, 404 (1-2), 43-54.
- RICHTHOFEN F., 1860. *Geognostische Beschreibung der Umgebung von Predazzo Sanct Cassian und Seiseralpen in Südtirol*. Ed. Perthes, XII, 327 pp.
- ROGHI G., COPPELLOTTI O. & RAGAZZI E., 2003. *Microorganismi fossili inclusi nell'ambra triassica delle Dolomiti*, Società Paleontologica Italiana, Giornate di Paleontologia 2003, Alessandria, abstract book p. 45.
- ROGHI G., 2004. *Palynological investigations in the Carnian of Cave del predil area (once Raibl, Julian Alps)*. Rev. Paleobot. Palynol. 132, 1-35.
- ROGHI G., COPPELLOTTI O. & RAGAZZI E., 2005. *Fossil micro-organisms in Triassic amber of the Dolomites*. Rend. Soc. Paleont. It. 2 (2005), 209-217.
- ROGHI G., RAGAZZI E. & GIANOLLA P., 2006A. *Triassic amber of the Southern Alps (Italy)*. Palaios, 21, 143-154.
- ROGHI G., KUSTATSCHER E. & VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT J. H.A., 2006B. *Late Triassic Plant from Julian Alps (Italy)*. Boll. Soc. Paleont. It., 45 (I), 133-140.
- SIGMUND A., 1937, *Die Minerale Niederösterreichs*. 2nd ed.: Deuticke, Wien-Leipzig, 247 pp.
- SIMMS M.J. & RUFFEL A.H., 1989. *Synchronicity of climatic change and extinctions in the Late Triassic*: Geology, 17, 265-268.
- SIMMS M.J., RUFFEL A.H. & JOHNSON L.A., 1995. *Biotic and climatic changes in the Carnian (Triassic) of Europe and adjacent areas*: in Fraser, N.C., and Sues, H.D., eds., In the Shadow of the Dinosaurs: Early Mesozoic Tetrapods: Cambridge University Press, Cambridge, pag. 352-365.
- SOOM M., 1984. *Bernstein vom Nordrand der Schweizer Alpen*: Stutt. Beit. zur Natur., Serie C, 18, 15-20.
- SOOM M. & SCHLEE D., 1984, *Fossiles Harz aus dem Gurnigel und Schlierenflysch (Schweizer Voralpen)*. Jahr. des Natur. Mus. Bern 8 , 165-191.
- SCHMIDT A., RAGAZZI E., COPPELLOTTI O. & ROGHI G., 2006. *A microworld in 220 million-year-old drops of amber*. Nature, 444, 835.
- SCHMIDT A.R., JANCKE S., LINDQUIST E.E., RAGAZZI E., ROGHI G., NASCIMBENE P.C., SCHMIDT K., WAPPLER T. & GRIMALDI D.A., 2012. *Arthropods in amber from the Triassic Period*, PNAS, 109 (37), 14796-14801.
- STUR D., 1871. *Gliederung der alpinen trias St. Cassian, Nortirol und vorarlberg (Haller, Salzberg)*. Geol. D. Steiermark. Pag. 268-313.
- VÁVRA N., 1984. *"Reich an armen Fundstellen": Übersicht über die fossilen Harze Österreichs*: Stuttgarter Beit. zur Natur., Serie C, 18, 9-14.
- WENDT J. & FÜRSICH F. T., 1980. *Facies analysis and palaeogeography of the Cassian Formation, Triassic, Southern Alps*, Riv. It. di Paleont. e Strat., 85, 1003-28.
- WESLEY A., 1956. *Contribution to the knowledge of the flora of the Grey Limestone of Veneto*, Part. I. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 19, 1-69.
- WESLEY A., 1958. *Contribution to the knowledge of the flora of the Grey Limestone of Veneto*, Part II. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 21, 1-57.
- ZARDINI R., 1973. *Geologia e fossili attorno a Cortina d'Ampezzo*, Ed. Ghedina, Cortina d'Ampezzo, 45 pp.