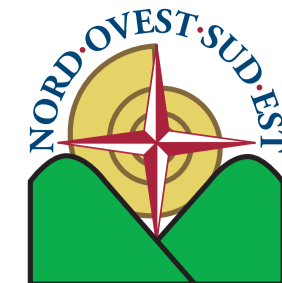




PARCO DEL CONERO

ITINERARI GEOLOGICI DEL PARCO DEL CONERO • GEOLOGICAL ITINERARIES OF THE CONERO PARK

1 Il limite Cretaceo-Terziario del Monte Conero • The Cretaceous-Tertiary boundary at Monte Conero



La Geologia e la Paleontologia al servizio dei Parchi, delle Riserve Naturali e delle Comunità Montane

Comete, dinosauri e foraminiferi: la fine di un'Era

Il mistero dell'estinzione dei dinosauri per decenni ha stimolato l'immaginazione degli scienziati, e non solo di essi. Per quali cause questi rettili che avevano ininterrottamente dominato il Pianeta per quasi 180 milioni di anni, ad un certo punto sono scomparsi? Potrebbe sembrare strano ma la risposta a questa domanda è racchiusa non tanto in quei depositi terrestri che contengono sparuti resti fossili di dinosauri, ma piuttosto nei sedimenti marini di quell'epoca, comuni a tutto gli oceani e riscontrabili in tutti i continenti del globo. Oggi questi antichi sedimenti ci appaiono come vere e proprie rocce costituite da microfossili accumulatisi molto lentamente e senza interruzioni nel tempo geologico.

Alla fine degli anni '70, un gruppo di scienziati dell'Università di Berkeley (California) costituito dal fisico Luis Alvarez, da suo figlio Walter, geologo, e dai chimici nucleari Helen Michel e Frank Asaro, fece una sorprendente scoperta. Nel sottile strato di argilla che marca il limite tra il Cretaceo ed il Terziario (meglio noto come limite K-T) intercalato nella formazione della Scaglia Rossa e affiorante nei pressi di Gubbio questi scienziati misurarono una concentrazione anomala di iridio. Il fatto importante è che l'iridio è un elemento siderofilo molto raro nelle rocce terrestri, ma decisamente più abbondante nei corpi di origine extraterrestre come gli asteroidi ed i nuclei delle comete.

Piccole quantità di iridio si accumulano continuamente sulla superficie della Terra e sul fondo dei bacini marini in seguito alla costante caduta di micrometeoriti (le stelle cadenti) e di pulviscolo cosmico. In definitiva, nelle rocce della crosta terrestre c'è una concentrazione media di iridio di 0,002-0,02 parti per miliardo, mentre nelle meteoriti si hanno concentrazioni migliaia o decine di migliaia di volte superiori. Qualora un corpo gigantesco come un asteroide o il nucleo di una cometa coidelisse con la Terra, esso si disintegreerebbe immediatamente disperdendo nell'atmosfera tutto il suo carico di elementi siderofili. Questi elementi si depositerebbero sulle terre emerse e sul fondo dei bacini marini, dando origine ad un sottilissimo strato di sedimento arricchito di materiale extraterrestre. Un evento del genere inoltre svilupperebbe un'energia enorme, tale da sconvolgere, catastroficamente, il pianeta. La collisione con la Terra di un asteroide o di una cometa del diametro di dieci chilometri che viaggia ad una velocità di 30 chilometri al secondo libererebbe un'energia pari a 100 milioni di megatoni equivalenti di trinitrotoluene (TNT) provocando un'esplosione un miliardo di volte superiore a quella della bomba di Hiroshima: sulla superficie della Terra si formerebbe un cratere di 200 chilometri di diametro. La nube generata da diamane esplosione e costituita da materiale gassoso, fuso e polverizzato dal bolide e della crosta terrestre coinvolta nell'impatto, avvolgerebbe rapidamente l'intero pianeta provocando un'oscurità totale. Tutto questo provocherebbe una catastrofe globale che sconvolgerebbe l'intero ecosistema terrestre con effetti simili all'"inverno nucleare" (oscurità, soppressione della fotosintesi), abbassamento rapido ed intenso della temperatura). Successivamente, le particelle più pesanti ricadrebbero sulla superficie terrestre, mentre i gas, ancora dispersi nell'atmosfera, causerebbero un prolungato effetto serra e lo sviluppo di persistenti piogge acide. Durante il loro rientro nell'atmosfera, le particelle che si sono condensate nelle nubi di esplosione si surriscaldano a causa dell'attrito con l'aria (un po' come succede allo "shuttle" nella fase di rientro nell'atmosfera o alle stelle cadenti) e possono innescare, in diversi parti del pianeta, incendi di enormi proporzioni che libererebbero altri gas e particelle di cenere amplificando ulteriormente i fenomeni già in atto. L'ipotesi del gruppo di Berkeley sosteneva che l'anomala concentrazione di iridio, misurata nel sottile strato di argilla di Gubbio, fosse la diretta conseguenza dell'impatto che avrebbe provocato l'estinzione di massa alla fine del Periodo Cretacico, ovvero dell'Era Mesozoica, conosciuta come l'era dei rettili. Le specie animali e vegetali che sopravvissero alla catastrofe sarebbero, in effetti, le progenitrici delle nuove forme di vita che popolarono la Terra nel Periodo Terziario. È l'inizio di una nuova era, il Cenozoico, ovvero l'era dei mammiferi.

Nelle rocce di diverse parti del mondo che contengono il limite K-T, ma in particolare nella formazione della Scaglia Rossa dell'Appennino umbro-marchigiano, si possono osservare gli indizi della catastrofe che ha causato l'estinzione non solo dei dinosauri ma anche di altre forme di vita come quelle microscopiche che costituiscono questi sedimenti calcarei. Anche nella Scaglia Rossa del Monte Conero, con una buona lente d'ingrandimento (almeno 10x), si possono identificare i foraminiferi planctonici contenuti nello strato calcareo che si trova proprio al di sotto dell'argilla del limite K-T. Le dimensioni di questi microorganismi unicellulari che vivevano nelle acque marine superficiali non superano il millimetro: ad occhio nudo essi sono quindi visibili come dei minuscoli punti scuri. Al microscopio questi punti si rivelano come gusci dalle diverse forme e dimensioni: l'elevata abbondanza e l'alta diversità testimoniano un ambiente pelagico piuttosto tranquillo. Al contrario, i foraminiferi planctonici del primo strato del Terziario ubicato immediatamente al di sopra del sottile strato di argilla, sono così piccoli da non distinguersi nemmeno con la lente d'ingrandimento. Al microscopio essi appaiono come minuscoli gusci rotondeggianti, non più grandi di un decimo di millimetro, morfologicamente piuttosto simili tra loro: sono le forme sopravvissute all'estinzione di massa e anche quelle che si sono sviluppate immediatamente dopo di essa. Saranno necessari almeno tre milioni di anni e un lento e graduale processo evolutivo affinché le associazioni a foraminiferi planctonici ritornino ad essere così diversificate come lo furono nel Cretacico.

Ma c'è un modo di vedere le evidenze dirette dell'impatto? Ovviamente l'anomalia di iridio può essere misurata solamente con sofisticatissimi strumenti analitici. Come in altre località della Terra, anche il sottile strato d'argilla del limite K-T del Monte Conero, contiene sterule mineralizzate (microcristiti) che si sono condensate nella nube prodotta dall'impatto e nei granuli di quarzo lamellare prodotti dal metamorfismo da shock. Queste particelle hanno dimensioni inferiori al millimetro e possono essere osservate al microscopio dopo essere state estratte e concentrate per lavaggio dall'argilla. Le microcristiti dell'argilla del limite K-T del Monte Conero avevano, in origine, una composizione simile a quelle delle rocce vulcaniche a composizione basica come il basalto o l'andesite. Dopo la loro deposizione sul fondo marino hanno subito dei processi di alterazione: oggi appaiono come minerali formati per autigenesi (alterazione) a bassa temperatura, come la glaucoitite (minerale verde), ed il sanidino (minerale biancastro). Al microscopio a scansione elettronica ed in sezione sottile, le microcristiti rivelano strutture interne caratterizzate da dendriti e cristalli fibrosi che testimoniano la loro origine da una roccia basica fusa e raffreddatasi molto velocemente. L'argilla del limite K-T del Monte Conero contiene una ricca associazione a foraminiferi bentonici, microorganismi che vivevano sul fondo marino, a circa 1500 metri di profondità. A differenza dei foraminiferi planctonici, più sensibili alle variazioni climatiche in considerazione del loro ambiente di vita, i foraminiferi bentonici superarono senza particolari problemi la crisi biologica provocata dall'impatto extraterrestre.

Comets, dinosaurs, and foraminifers: the end of an era.

The extinction of the dinosaurs is a mystery that has stimulated the imagination of scientists, and of others as well, for decades. Why did these reptiles, which had dominated our planet uninterrupted for nearly 180 million years, at a certain point completely disappeared? It may seem strange but the answer to this intriguing question is not contained just in those few continental deposits preserving rare dinosaur fossil remains, but rather in marine rocks, which represent the petrified deep ocean sediments of that time, and which are practically made of microfossils slowly and continuously deposited through geologic ages.

At the end of the 1970's, a team of scientists from the University of California at Berkeley, composed of physicist Luis Alvarez, his son Walter, a geologist, and nuclear chemists Helen Michel and Frank Asaro, made a shocking discovery. In a thin clay layer of the Scaglia Rossa Formation outcropping near Gubbio, in Umbria. This clay layer marks the boundary between the Cretaceous and the Tertiary Periods (the so-called K-T boundary), these scientists detected an anomalous concentration of the element iridium. The important fact was that the iridium is a siderophile element that is very rare in terrestrial rocks but significantly more abundant in extraterrestrial bodies such as meteorites, asteroids, and the rocky nuclei of comets. In fact the mean concentration of iridium in terrestrial crustal ranges between 0.002 and 0.02 parts per billion, whereas in meteorites Ir concentrations are thousands or tens of thousands times higher. If a gigantic body such as an asteroid or the nucleus of a comet were to collide with the Earth, it would disintegrate in an instant, spewing all its iridium load into the atmosphere. The iridium-rich fallout would settle on land and at the bottom of ocean basins, creating a very thin layer of sediment enriched in extraterrestrial materials.

In addition, such an event would be catastrophic: the impact against the Earth of an asteroid with a diameter of 10 kilometers, and travelling at a velocity of 30 kilometers per second, would free the energy equivalent to 100 million megatons of TNT, causing an explosion a billion times larger than that of the Hiroshima atomic bomb, and digging a crater 200 kilometers in diameter on the surface of the Earth. A cloud of vaporized, molten, and pulverized material from the asteroid and from the Earth's crust involved in the impact would then spread through the stratosphere. At first, it would completely block the Sun's light. Then, bit by bit, the heaviest particles would fall back to the surface of the Earth. The gases, still dispersed in the atmosphere, would cause a prolonged greenhouse effect. All this would cause a catastrophe involving the whole global ecosystem. The effects would be similar to a "nuclear winter" (darkness, suppression of photosynthesis, rapid and intense lowering of the temperature), followed by a "greenhouse effect" (rise in temperature) and persistent acid rains. Moreover, particles, which condensed in the explosion cloud and fell through the atmosphere, would heat due to air friction (as happens, for example, to a re-entering space shuttle or a shooting star). This would have started enormous fires in many parts of the world, which would liberate other gases and ash particles further increasing the greenhouse effect and nuclear winter.

In summary, the Alvarez hypothesis is that the anomalous concentration of iridium found in the thin clay layer of Gubbio is the result of an immense natural catastrophe, which caused the mass extinction at the end of the Cretaceous Period of the Mesozoic Era, the era of the Reptiles. The animal and plant species that survived the disaster became the ancestors of new forms of life. These repopulated the Earth in the following Tertiary Period, at the beginning of the new Cenozoic Era, the era of Mammals.

In the sedimentary rocks of many parts of the world containing the K-T boundary, and in particular in the Scaglia Rossa formation of the Umbria-Marche Apennine, it is possible to see the hints of the catastrophe that caused the extinction not only of the dinosaurs but also of numerous other life forms, including those of the microscopic marine plankton which, in fact, constitute the limestones. Also in this outcrop at Monte Conero, with a good magnifying hand lens (at least 10 x), one can recognize the microfossils of planktonic Foraminifera contained in the limestone bed immediately below the K-T boundary clay layer. These unicellular microorganisms, which used to live in the open sea at shallow depths, are barely visible on a hand sample as tiny dark dots smaller than a millimeter. With a microscope, these tiny dots appear as shells with a variety of shapes and different dimensions indicating a rich and well diversified pre-impact open sea environment. On the other hand, in the first layer of the Tertiary, just above the boundary clay, the foraminiferal microfossils are so small that they cannot be seen with a hand lens. They can be seen with a powerful microscope and they appear as tiny rounded shells not bigger than one tenth of a millimeter. They are all more or less similar in shape, indicating an environment with scarce faunal diversity dominated by a few forms that survived the catastrophe including those that developed immediately after it. The microplankton realm will take three million years after the catastrophe, through a slow and gradual evolutionary process, to regain the same biodiversity as it used to be in the Cretaceous.

Is there a way to see the direct evidence of the impact fallout? Obviously, the iridium anomaly can be detected only with very sophisticated analytical instruments. However, anywhere in the world, and also in this outcrop at Monte Conero, in the thin K-T clay layer one can find mineral microspherules (microkrystites) which were condensed from the impact cloud, and rare quartz grains exhibiting lamellae, which were produced by the impact metamorphism. These particles, which are less than a millimeter in size, can be concentrated after having washed the clay with sieves and water, and observed with an optical microscope. The microkrystites in the K-T boundary clay at Monte Conero, which at their origin had compositions similar to that of basic volcanic rocks such as basalt or andesite, were altered after their deposition on the sea floor. Today we found them transformed into minerals generated by low-temperature authigenesis (alteration), such as glaucoity (green mineral), and sanidine (whitish mineral). In thin section or with a scanning electron microscope, these spherules exhibit internal structures characterized by dendrites and fibrous crystals, which indicate their origin as molten droplets of basaltic composition that quenched rapidly while flying through the atmosphere.

The K-T boundary clay also contains tests of benthic Foraminifera, which are microorganisms that lived at great depths on the sea floor. Thanks to the remote living environment, benthonic Foraminifera, unlike their planktonic cousins that lived in shallow waters (and thus they were more vulnerable to climatic changes), survived the biologic catastrophe provoked by the extraterrestrial impact almost unaffected.

Cosa accadde 65 milioni di anni fa • What happened on Earth 65 million years ago?



Ecco cosa si pensa che accadde 65 milioni di anni fa: una cometa o un asteroide di circa 10 km di diametro, si schiantò in una zona di mare poco profondo che oggi è a cavallo tra la penisola dello Yucatan ed il Golfo del Messico. L'enorme energia sprigionata nell'impatto lanciò le polveri vetrificate e i gas prodotti nell'esplosione fino a migliaia di chilometri di altezza. L'onda d'urto produsse un eccezionale tsunami, una gigantesca onda alta fino ad un chilometro che si abbatté sulla costa e si spinse all'interno per decine di chilometri, distruggendo tutto quanto incontrava.

Here is a brief a chronicle of what happened on Earth 65 million years ago: A comet, or an asteroid, with a diameter of about 10 km, impacted in a shallow sea at the margin between the Yucatan Peninsula and the Gulf of Mexico. The enormous energy produced by the impact produced ejecta such as vitrified dust particles and gases that reached several thousands of kilometers high, while the shock wave triggered a huge tsunami, a sea wave a kilometer high that hit the coast destroying anything it encountered in its path for tens of kilometers inland.

The heat produced by the impact explosion, and the re-entry of the coarser ejecta particles overheated by the friction with the atmosphere, caused gigantic fires in various parts of the Earth. Burned ashes added to the fine impact ejecta, which were soon dispersed around the world. The atmospheric currents detatched by this cataclysm did the rest, spreading an opaque screen over the whole atmosphere, causing a drastic drop in temperature, and interrupting the vegetal photosynthesis. The calcareous oceanic plankton, essentially made of planktonic Foraminifera and calcareous microalgae, which were living in an environment with a constant temperature, and were characterized by a fairly short reproductive cycle, were exterminated.



Il calore prodotto dall'impatto e il surriscaldamento delle particelle più pesanti che rientravano nell'atmosfera terrestre causarono estesi incendi in diverse aree della Terra. Le particelle di cenere si aggiunsero alle polveri più leggere prodotte dall'impatto e molto rapidamente esse si diffusero su tutto il pianeta. Le correnti atmosferiche sconvolte dal cataclisma fecero il resto: uno schermo oscuro si diffuse nell'atmosfera, la temperatura scese di diversi gradi e la fotosintesi si bloccò. Il plankton calcareo oceanico, composto essenzialmente da foraminiferi planctonici e da microalghe calcaree che vivevano in ambienti a temperatura costante e caratterizzati da un ciclo riproduttivo piuttosto breve, fu rapidamente decimato.

The heat produced by the impact explosion, and the re-entry of the coarser ejecta particles overheated by the friction with the atmosphere, caused gigantic fires in various parts of the Earth. Burned ashes added to the fine impact ejecta, which were soon dispersed around the world. The atmospheric currents detatched by this cataclysm did the rest, spreading an opaque screen over the whole atmosphere, causing a drastic drop in temperature, and interrupting the vegetal photosynthesis. The calcareous oceanic plankton, essentially made of planktonic Foraminifera and calcareous microalgae, which were living in an environment with a constant temperature, and were characterized by a fairly short reproductive cycle, were exterminated.



L'impatto del bolide produsse anche notevoli quantità di gas come CO₂, SO₂, e NH₃, e di vapore d'acqua che rimasero nell'atmosfera ben più a lungo delle polveri più pesanti. La presenza di gas e di vapori provocò un prolungato "effetto serra" e la loro combinazione con l'umidità dell'atmosfera diede origine a piogge acide in diverse parti del globo. L'improvvisa scomparsa del plankton calcareo deve aver ulteriormente aggravato la situazione ambientale. Infatti, i Foraminiferi e le microalghe calcaree attuali assorbono una parte non trascurabile dell'anidride carbonica diffusa nell'atmosfera per la costruzione dei loro gusci e dei loro scheletri carbonatici. L'estinzione del plankton calcareo contribuì dunque, per diverso tempo, a potenziare i risultati prodotti dall'effetto serra. L'effetto serra si prolungò per centinaia o migliaia di anni, provocando l'estinzione anche di quegli organismi che erano riusciti a sopravvivere ai cambiamenti climatici immediatamente successivi all'impatto.

The bolide impact also produced huge quantities of gases such as CO₂, SO₂, NH₃, and water vapor, which remained dispersed in the atmosphere for a much longer time than the heavier dust particles. These gases caused a prolonged green house effect, and mixing up with the atmospheric water, they recondensed in the form of acid rains in various parts of the globe. The sudden disappearance of marine plankton must have aggravated the situation further. In fact, live Foraminifera and calcareous microalgae absorb a non trivial quantity of carbon dioxide from the atmosphere, and they use it to build up their carbonate shells and skeletons. Thus, the sudden extinction of the calcareous plankton in months immediately following the impact, contributed to the already critical green house conditions which lasted for hundreds or thousands of years after the impact, leading to extinction of those other organisms that survived the first drastic climatic changes.



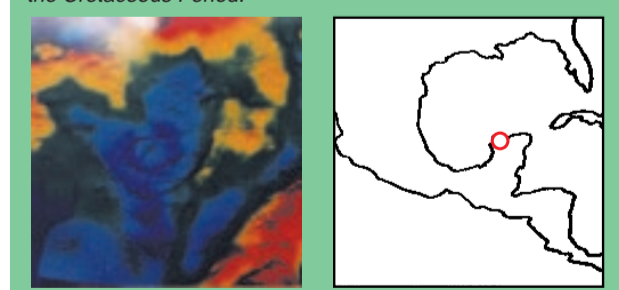
All'inizio del Periodo Terziario, il primo dell'Era Cenozoica, ovvero durante l'Epoca del Paleocene, il graduale miglioramento della situazione climatico-ambientale permette a nuove specie e generi che fino ad allora erano rimasti nell'ombra di occupare le diverse nicchie ecologiche. In particolare saranno i mammiferi ad evolversi sensibilmente: è proprio in questa epoca geologica che si svilupperà l'ordine dei Primati.

At the very beginning of the Tertiary Period, the first of the Cenozoic Era (i.e., the Paleocene Epoch), as the climatic situation was gradually normalizing, the Earth witnessed an evolutionary explosion during which every ecologic niche was recouped by new species and genera that until then remained in the shadows. This was the case especially for our direct ancestors, the Mammals, which during this geologic Epoch gave birth, among others, to the order of Primates.

Dov'è caduto il bolide killer? Where did the killer bolide fall?

Il cratere del Chicxulub, in Messico, datato proprio 65 milioni di anni, con i suoi 180 km di diametro rappresenta la prova più evidente dell'impatto avvenuto alla fine del Cretacico.

The Chicxulub crater in Mexico, which has been dated at 65 million years ago, with a diameter of about 180 km represents the strongest evidence of the impact that ended the Cretaceous Period.



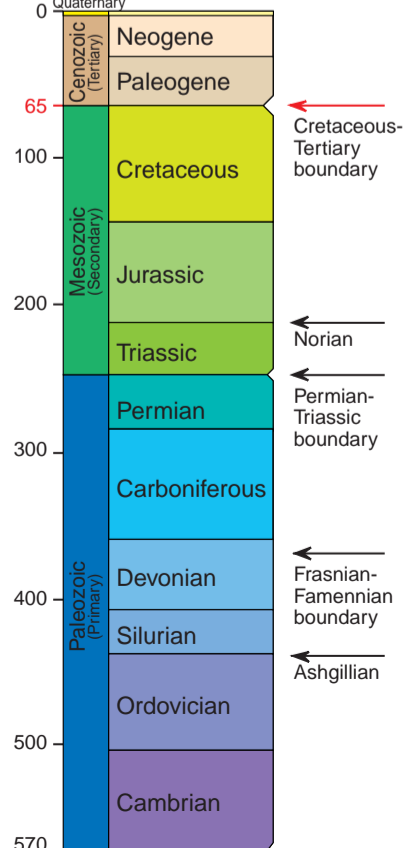
Representazione computerizzata del rilievo magnetico e gravimetrico del cratere Chicxulub, nella zona a cavallo tra la penisola dello Yucatan e il Golfo del Messico

This photo is a computerized representation of the magnetic and gravimetric relief of the Chicxulub, in the area across the northeastern tip of the Yucatan peninsula and the Gulf of Mexico

Referenze Alvarez, W., 1997. T. Rex and the Crater of Doom, Princeton University Press, Princeton, 185 pp. Alvarez, W., 1998. T. Rex e il Cratere dell'Apocalisse, Saggio Mondadori, 185 pp. Coccioni et al., 1999. Carta Geologica del Parco del Conero, Consorzio del Parco del Conero, Sirolo. Montanari, A., & Koerber, C., 2000. Impact Stratigraphy: The Italian record. Lecture Notes in Earth Sciences, Springer, 364 pp. Montanari, A., & Sandroni, P., 1995. Le Rocce del Conero: Una guida geologica del Parco del Conero. Parco Naturale del Conero, Ancona, Anibaldi Grafiche S.r.l. Ancona, 63 pp. Rossetti, G., & Montanari, A., 2001. Giallo con la Terra: musica geologica dalla stratigrafia dell'Appennino Umbro Marchigiano, libro con CD audio, edito dall'Osservatorio Geologico di Colgidoglio, distribuito da Depositi Editoriali Fagnani, Ancona, 45 musica, 57 pp

Le cinque maggiori estinzioni di massa degli ultimi 650 milioni di anni

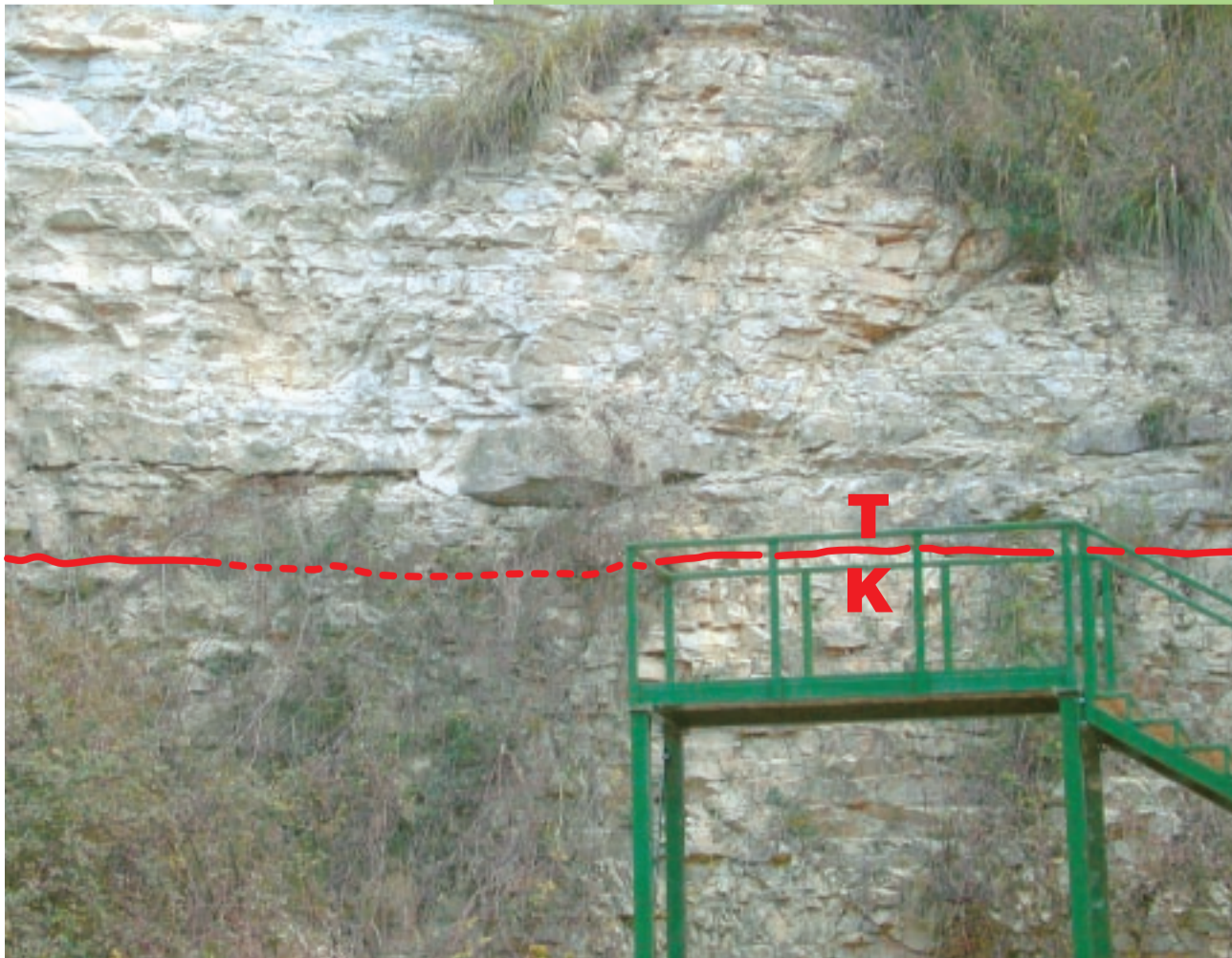
The five major mass extinctions of the last 650 millions years



Percentuale di estinzione di generi marini suddivisi per gruppi tassonomici

Extinction percent of marine genera subdivided by taxa

Table with 2 columns: Taxonomic group and Extinction percentage. Includes Foraminiferi (35%), Briozoi (35%), Coralli (37%), Brachiopodi (55%), Gasteropodi (34%), Bivalvi (55%), Ammonidi (100%), Artropodi (23%), Echinodermi (28%), Vertebrati (40%).



Il limite K-T: prima e dopo la catastrofe

The K-T boundary: before and after the catastrophe



TERZIARIO CRETACICO



L'argilla K-T: i sopravvissuti e gli indizi del fallout da impatto

The K-T clay: the survivors and the evidence of the impact fallout



Microcristiti alterate costituite da glaucoitite (minerale argilloso verde) condensate dalla nuvola d'impatto. (dimensioni massime di circa 0,8 mm).



MUSEO GEOLOGICO DIFFUSO DEL PARCO DEL CONERO

Map of the Conero Park area with geological sites marked. Includes legend and text: Progetto scientifico a cura di Alessandro Montanari e Rodolfo Coccioni. Grafica: PANGEA di Marco Astracedi.