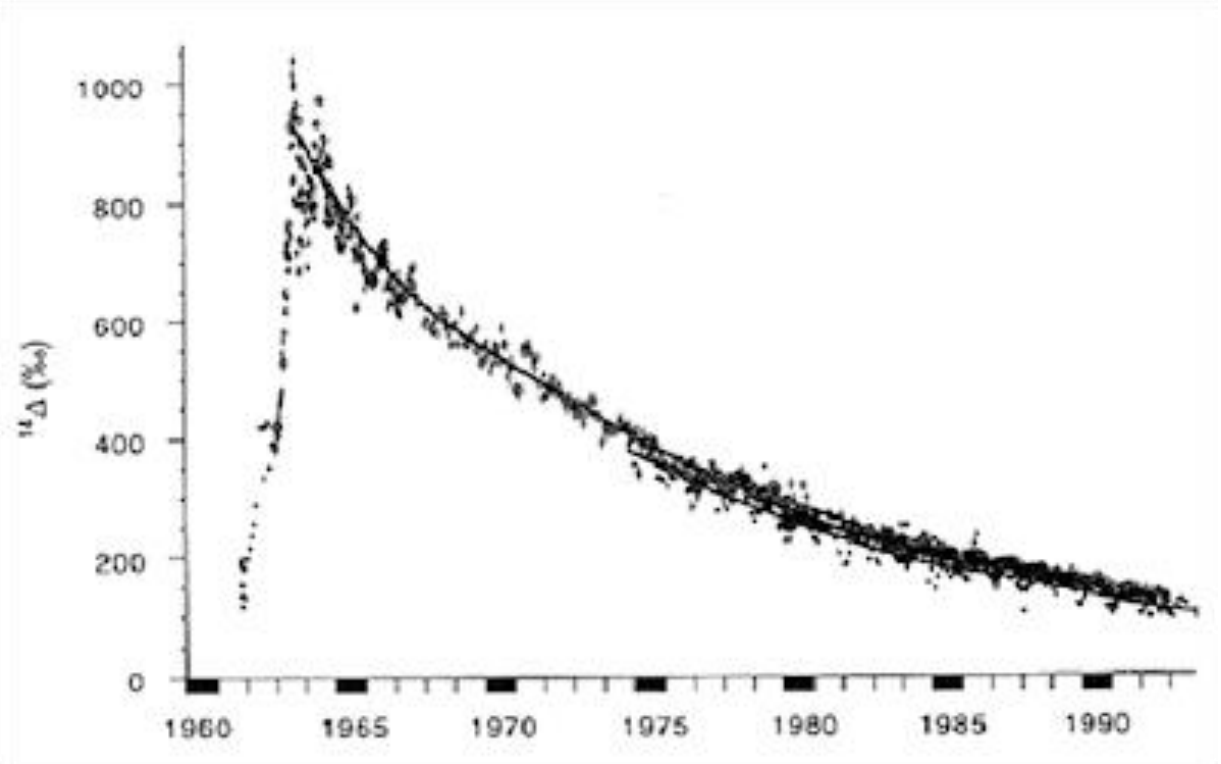
ZPŘESNĚNÍ RADIOUHLÍKOVÉHO DATOVÁNÍ SLONOVINY

Ing. Vojtěch Valášek
Ústav jaderné fyziky AV ČR

9.11. 2021 v 10:10

Radiouhlíkové datování slonoviny pomocí bombového píku

- V důsledku atmosférických testů jaderných zbraní v 50. a 60. letech 20. století došlo téměř ke zdvojnásobení aktivity ^{14}C v životním prostředí.
- Maximum aktivity ^{14}C bylo na severní polokouli pozorováno v roce 1963 a na jižní polokouli v roce 1964.
- Pomocí záznamu průběhu aktivity ^{14}C byla vytvořena křivka bombového píku, pomocí které lze provádět kalibraci pro radiouhlíkové datování vzorků s obsahem bombového ^{14}C (v našem případě slonovinových artefaktů).
- Pomocí bombového píku lze provádět datování artefaktů s přesností na jednotky let.

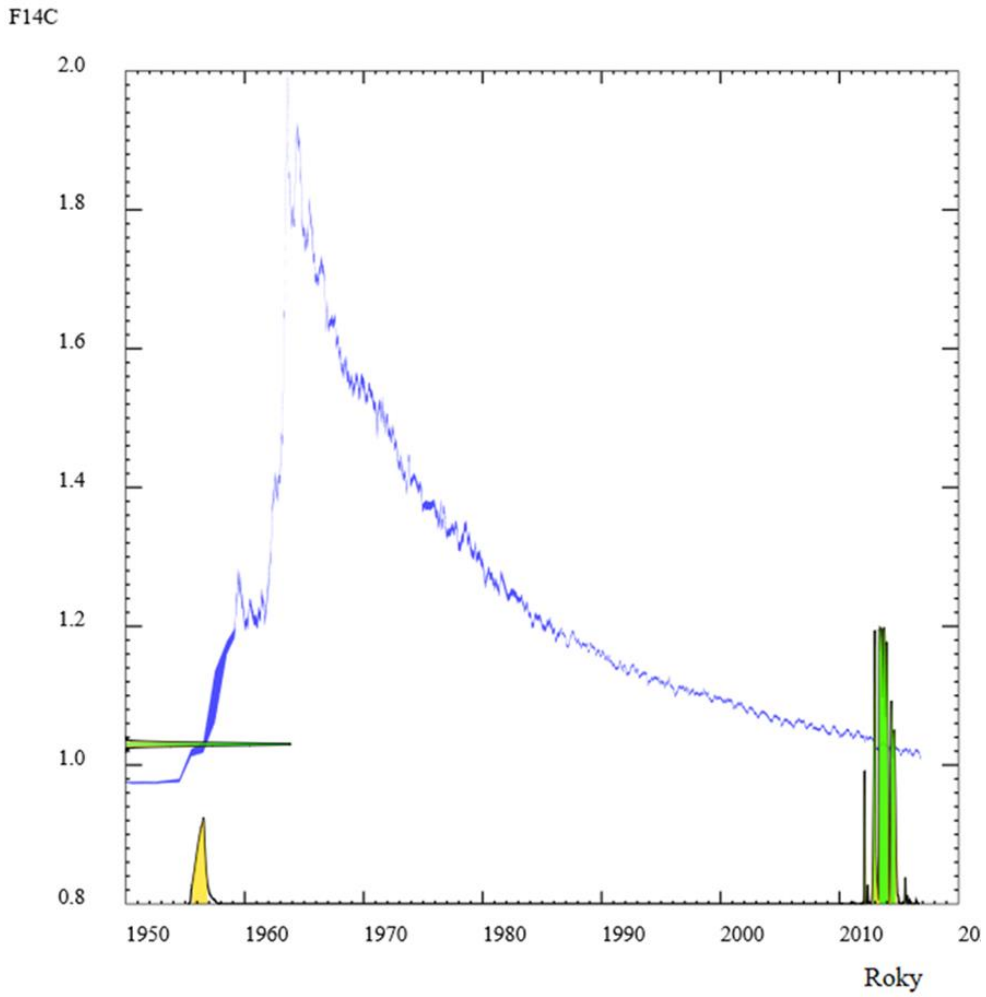


Záznam bombového píku[1]

[1]Stuiver, M., Polach, H. A. Discussion reporting of 14c data. Radiocarbon, 19, 355–363 (1977).

Radiouhlíkové datování slonoviny pomocí bombového píku

- Nevýhodou bombového píku je tzv. dvojznačnost výsledků.
- Dnes je pozorován poklesu uplatnění radiouhlíkového datování za účelem přesného určení stáří artefaktů v důsledku návratu aktivity ^{14}C na hodnotu předbombové aktivity.
- Výsledkem této události bude neschopnost rozeznat novodobé vzorky od velmi starých vzorků.
- Řešením je využívání vzorků se známou relativní chronologií.



Bombový pík dle křivky LEVIN

Ilegální obchod a Pytláctví

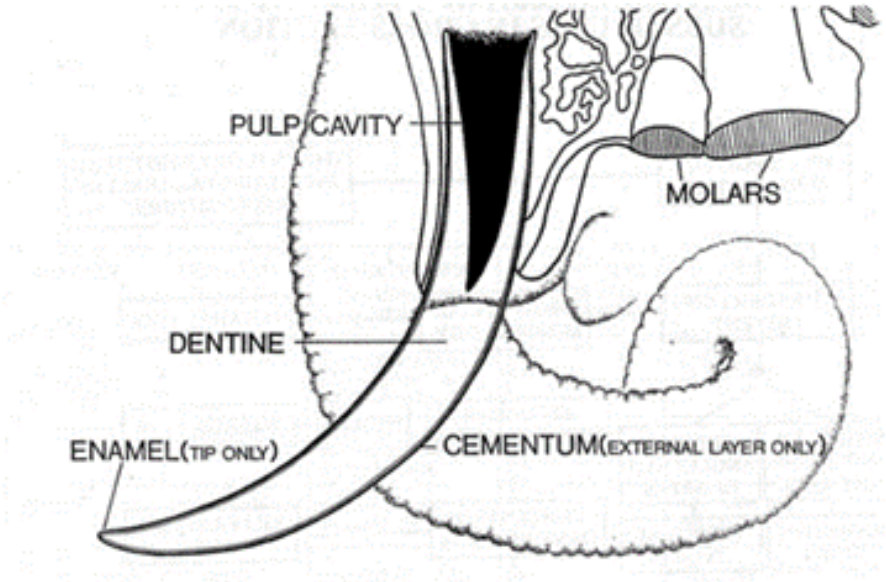
- Hlavním zdrojem slonoviny jsou kly slona afrického (*Loxodonta africana*), slona indického (*Elephas maximus*) a slona afrického pralesního (*Loxodonta cyclotis*).
- Nejčastější obětí pytláctví je slon africký z oblastí střední a východní Afriky především z důvodu větší velikosti klů.
- Slonovina slona indického je předmětem ilegálního obchodu zcela výjimečně, jelikož její dostupné množství je velmi malé.
- V posledních letech lze pozorovat veliký nárůst ilegálního obchodu se slonovinou a rozvoj pytláctví, způsobující značný úbytek počtu slonů na území Afriky.
- Studie odhadují, že mezi lety 2007 až 2014 došlo k třetinovému poklesu populace slona afrického.
- Každý den je průměrně usmrceno přibližně 55 slonů za účelem zisku slonoviny.
- Ilegální obchod:
  - Státy EU
  - USA
  - Země Dálného východu

Mezinárodní úmluva CITES

- Všechny tři druhy slonů jsou dnes řazeny do přílohy CITES I.
- Některé populace slonů afrických, konkrétně ze Zimbabwe, Jihoafrické republiky, Botswany a Namibie, jsou řazeny do přílohy CITES II pod omezujícími podmínkami. Ty uvádí, že z těchto 4 zemí je povolen pouze vývoz loveckých trofejí pro nekomerční účely, vývoz živých zvířat pro chov v zoologických zahradách, je povolen obchod s kůžemi a žíněmi, je povolen vývoz tradičních ozdob ekipa jako součástí tradiční bižuterie, dále je povolen vývoz slonoviny z registrovaných státních zásob uvedených států a známého původu, pokud nepochází ze zabavených kontingentů, a je povolen prodej slonoviny, jejíž prodej byl schválen na 12. konferenci smluvních stran CITES v roce 2002. V celkovém součtu se jedná o minoritní množství slonoviny, která by mohla být použita k mezinárodnímu obchodu.
- V zemích EU je povolen legální obchod se slonovinovými artefakty, které byly vytvořeny a získány před rokem **1947.**

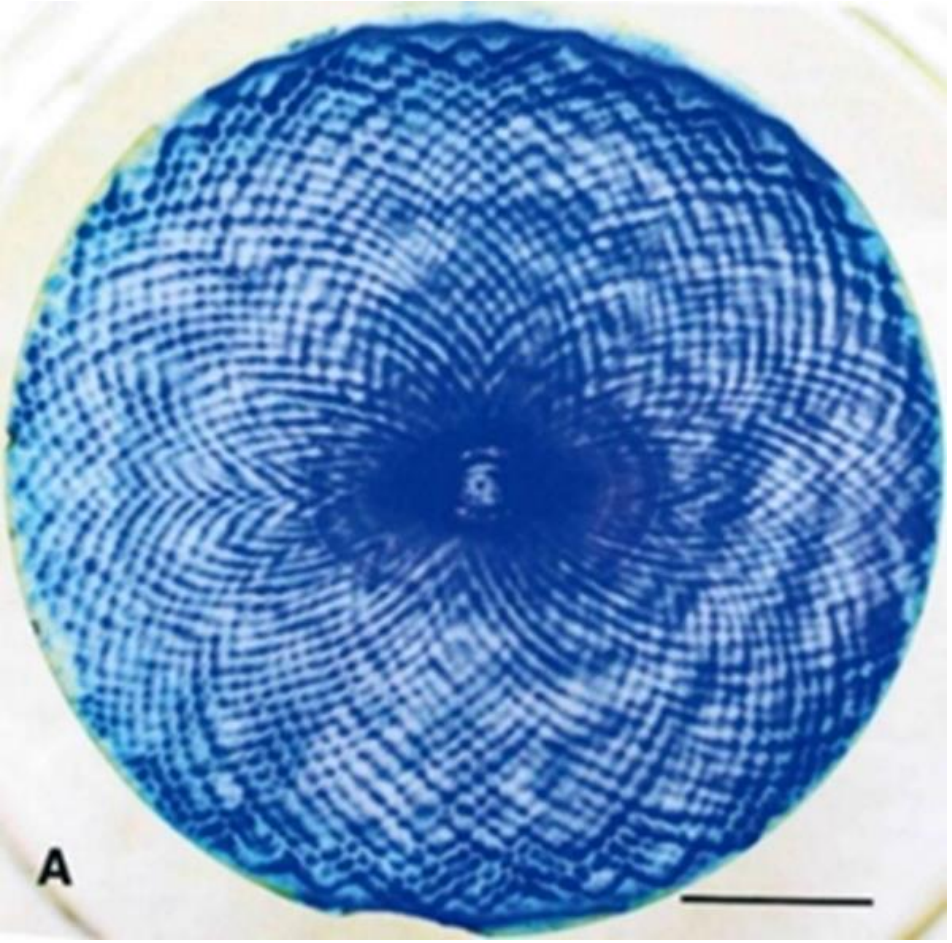
Identifikace slonoviny

- Sloní kly jsou dva modifikované řezáky horní čelisti, klasifikované jako dlouhé, směrem od kořenu ke špičce se zužující a mírně zakřivené útvary.
- Zakřivení sloních klů je obecně ovlivněno původní orientací čelistní jamky, ale míra zakřivení klů se může u jedinců lišit.
- Fyzická struktura klu
  - Dřeňová (matečná) dutina
  - Dentin
  - Cement
  - Sklovina
- Uvnitř klů v blízkosti báze se nachází tzv. dřeňová (matečná) dutina, která dosahuje přibližně 1/3 – 1/2 jejich délky.
- Matečná dutina obsahuje měkkou tkáň s cévním a nervovým systémem a zajišťuje prokrvení, výživu a růst klu.
- Kořeny klů jsou otevřené a během života slona neustále dorůstají.



Elder, W. H. Morphometry of elephant tusks. Zoologica Africana, 5, 143–159 (2015).

Schregerovy linie



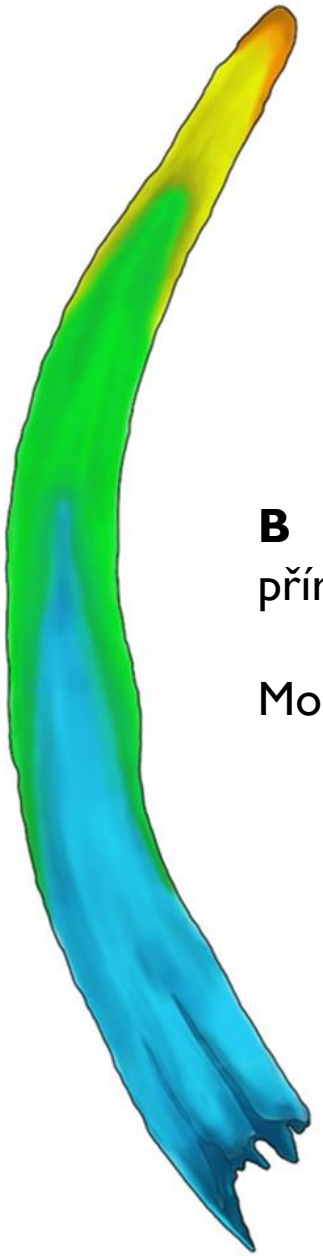
A – Schregerovy linie v klu slona afrického[2]

Jiné druhy slonoviny lze rozlišovat dle morfologických znaků.

[2]Singh, R. R., Goyal, S. P., Khanna, P. P., Mukherjee, P. K., Sukumar, R. Using morphometric and analytical techniques to characterize elephant ivory. Forensic Sci Int, 162, 144–151 (2006).

Růst slonoviny

- Průměrný roční přírůstek klu slona afrického je v rozmezí 2 – 5 cm (*dle literatury*).
- Rychlost růstu jeho klů závisí na genetických předpokladech daného jedince, pohlaví, rychlosti a míře obrušování klů a na výživě.
- Nárust slonoviny slona afrického ve formě tzv. kuželů.
- Nejmladší částí klu je báze a nejstarší částí klu je špička.



B – Isochrony znázorňující přírůstky klu slona afrického

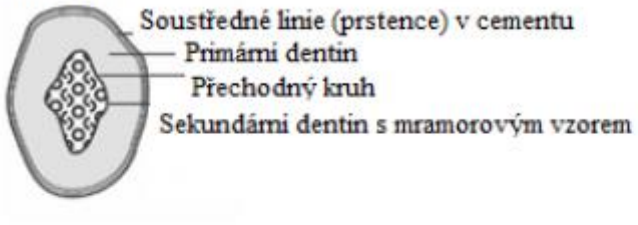
Modrá – nejmladší část klu

Slon africký – zajímavosti

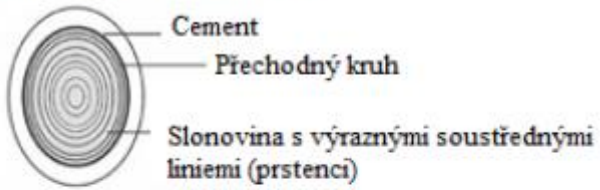
- Podle klů lze také zjistit, zda se jedná o praváka či leváka, a to porovnáním délky levého a pravého klu a dle míry jejich opotřebení.
- Mládě slona afrického má tzv. mléčné kly, které jsou po roce života nahrazeny kly trvalými.
- Bylo pozorováno, že kly jsou přítomny již v prenatálním období slona a dosahují délky přibližně 5 cm.
- Slon africký se dožívá věku 40 – 45 let ve volné přírodě a 50 – 69 let v zajetí.

DALŠÍ PŘÍRODNÍ ZDROJE SLONOVINY

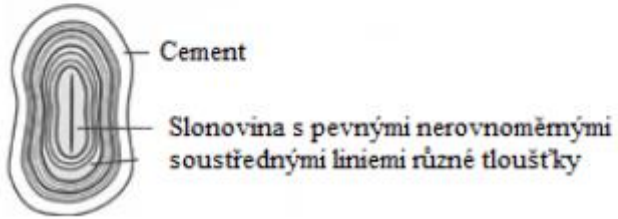
Mrož lední



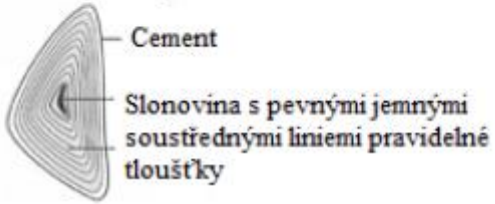
Vorvaň obrovský a Kosatka dravá

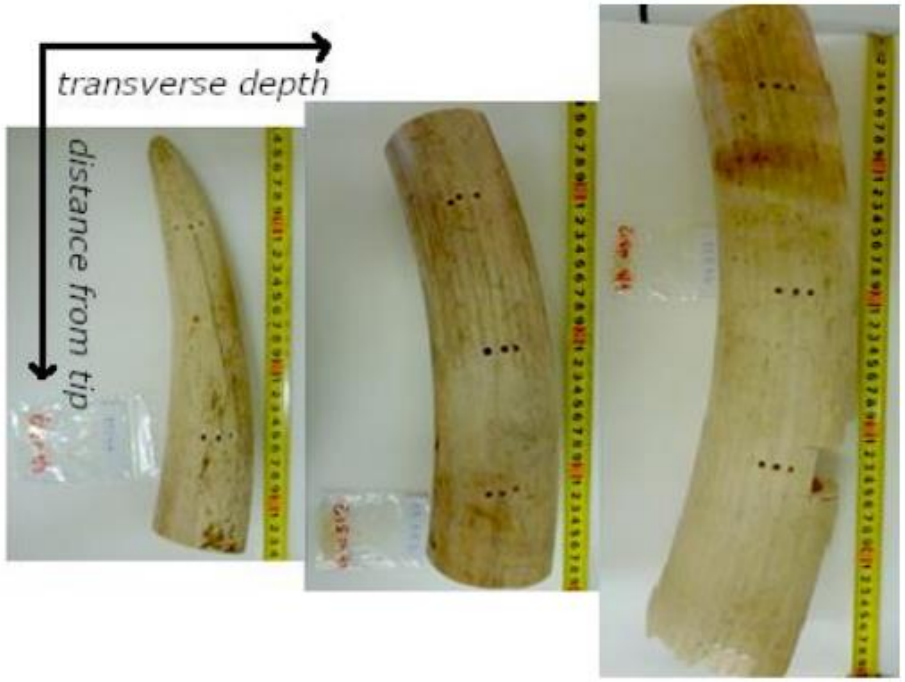


Prase savanové



Hroch obojživelný





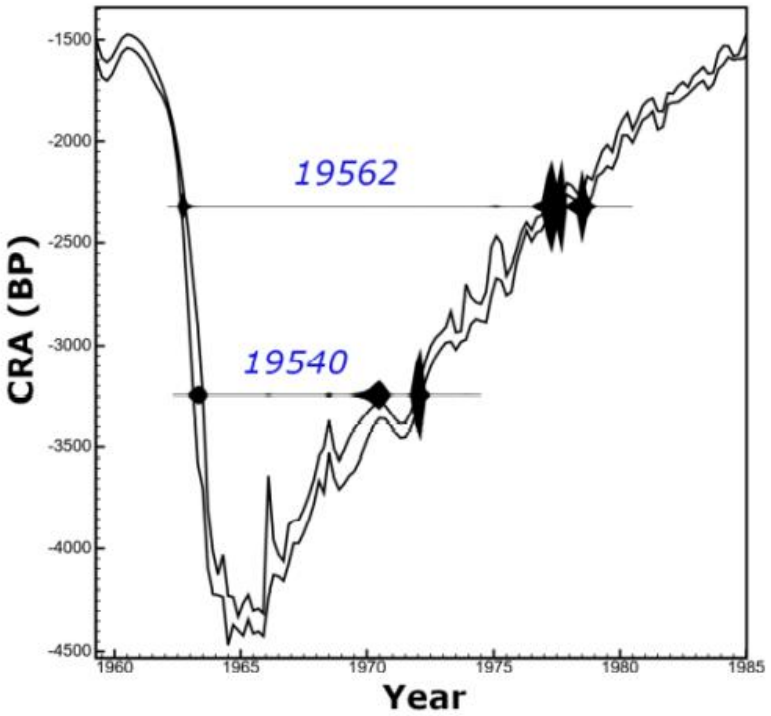
Analyzované vzorky

- Odběr vzorků slonoviny z artefaktů zapůjčených Celní správou ČR a ČIŽP.
- Jeden celý kel slona afrického rozdělený na tři části.
- Celková délka klu byla 93 cm.
- Hmotnost klu byla 4,57 kg.

- Bylo provedeno podélné i příčné vzorkování.
- Odběr vzorků byl proveden pomocí pomalého odvrtání vrtákem o průměru 1mm.
- Kel byl odebrán v devíti vzdálenostech a ve třech různých hloubkách (kromě tří vzdálenostech nejbližších bázi klu).
- Celkem bylo odebráno 23 vzorků.

Výsledky ^{14}C datování

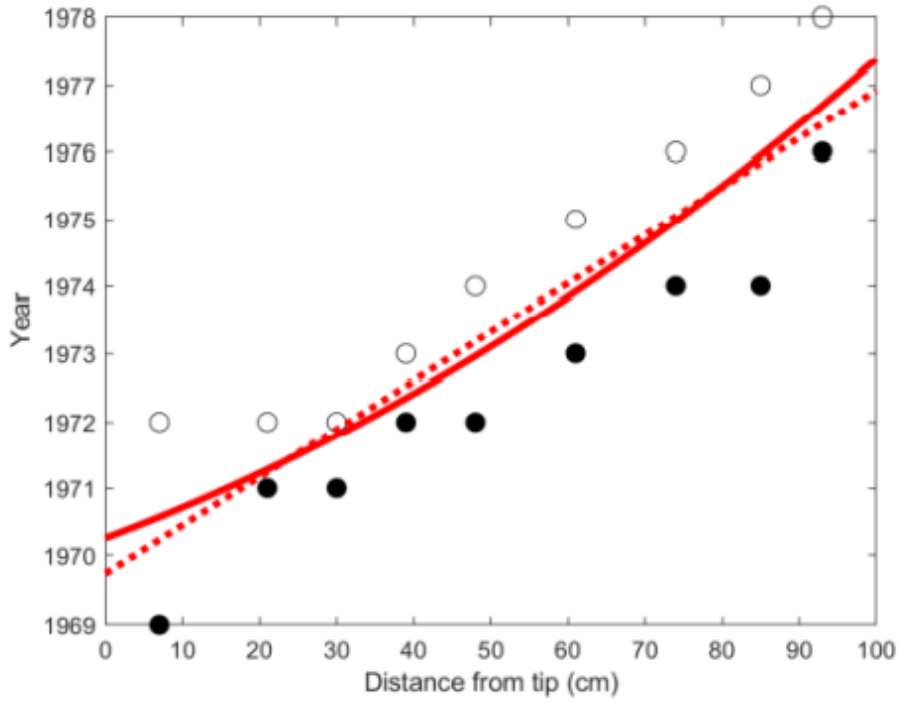
- Na základě celkové délky klu slona (93 cm) je zřejmé, že se jednalo o samce.
- Přítomnost bombového ^{14}C (tj. původ po roce 1955).
- Trestná činnost.
- Vznik v období klesající aktivity ^{14}C po letech 1963/1964.
- Nejvyšší aktivita ^{14}C odpovídá roku 1968 (nejstarší vzorek), představuje počátek vznikání klu a nejnižší aktivita ^{14}C odpovídá roku 1978 (nejmladší vzorek), době ulovení slona.
- Chronologická posloupnost a statisticky významné rozdíly aktivit v rámci celého klu.
- Kuželovitý růst slonoviny.



Odstranění nejednoznačnosti výsledků ^{14}C datování pomocí bombového píku na základě vztahu mezi dvěma vzorky. Vzorek 19_540 (špička klu) musí být starší než vzorek 19_562 (základna klu). To vylučuje starší intervaly (1962–1964 pro vzorek 19_540 a rok 1962–1963 pro vzorek 19_562).

Číslo vzorku	Vzdálenost od špičky [cm]	CRA ± 1σ	Kalibrované stáří [roky AD]	P [%]
19_540	7	-3242 ± 19	1962–1964	10
			1968–1973	85
19_562	93	-2321 ± 17	1962–1963	7
			1976–1978	88

Výsledky radiouhlíkového datování

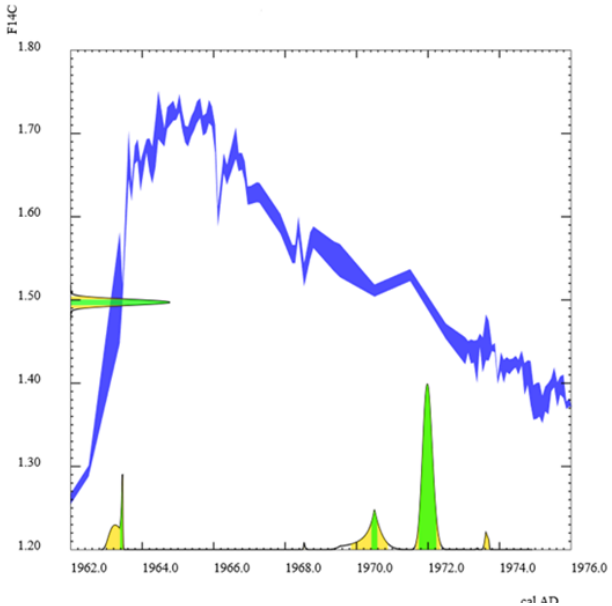


Kalibrované intervaly byly osazeny lineární (tečkovaná čára) a polynomickou funkcí (plná čára).

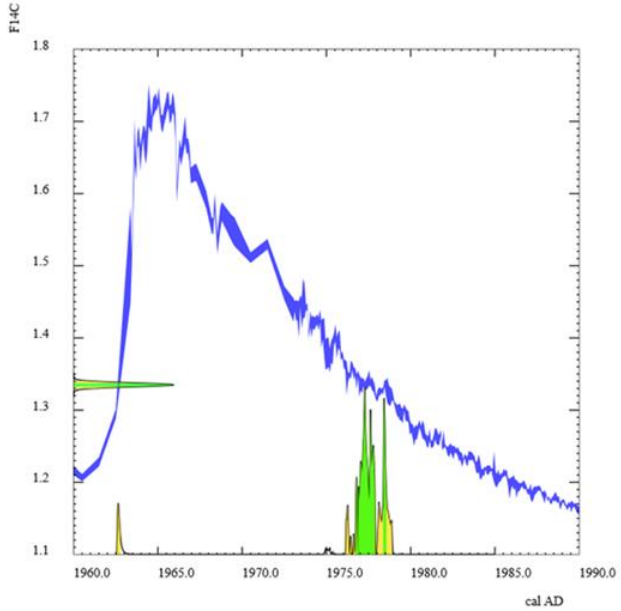
Výsledky rychlosti růstu klu

- Dále byla provedena analýza rychlosti růstu.
- Kalibrované intervaly stáří byly proloženy lineární a polynomickou funkcí 2. stupně.
- Lineární proložení odpovídá konstantní rychlosti růstu 13,9 cm za rok.
- Polynomické proložení funkcí 2. stupně odpovídá počátečnímu rychlému růstu 19,8 cm za rok, který se časem snižuje na 10,7 cm za rok.
- Oba modelové případy vysoce překračují rychlosti růstu uváděné v literatuře (2 – 5 cm za rok).
- Doba potřebná pro nárust 86 cm klu byla v rozmezí 3 až 10 let.

Slon africký – jedinec 1



TwoSigma
[cal AD 1962.98 :cal AD 1963.47]0.135
[cal AD 1968.52 :cal AD 1968.53]0.001
[cal AD 1969.84 :cal AD 1970.88]0.200
[cal AD 1971.65 :cal AD 1972.35]0.644
[cal AD 1973.57 :cal AD 1973.71]0.020

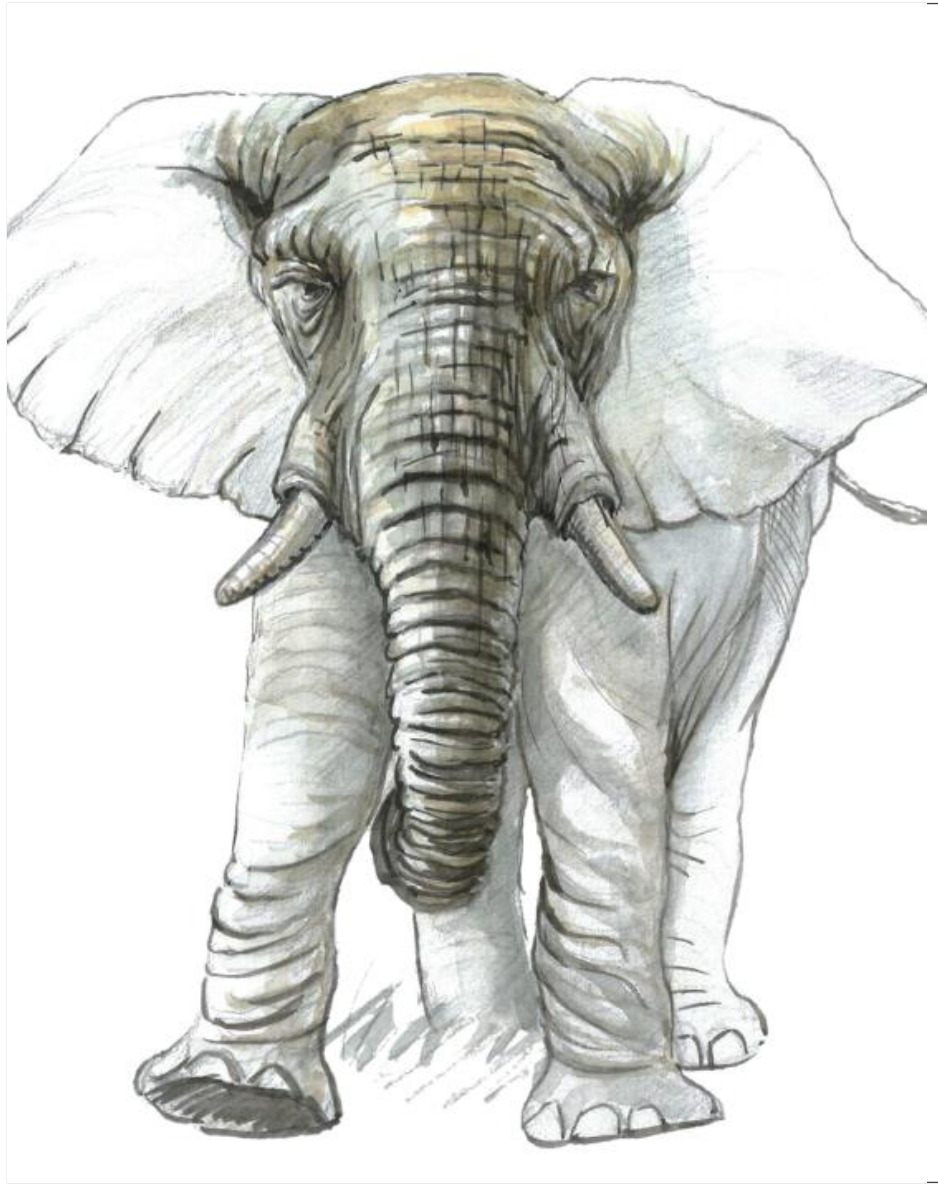


TwoSigma
[cal AD 1962.57 :cal AD 1962.78]0.045
[cal AD 1976.14 :cal AD 1978.90]0.955

- Kalibrační diagram nejstaršího a nejmladšího vzorku slonoviny pro NH3 zónu.

Zdroje

- Bronk Ramsey, C, Van der Plicht, J., Weninger, B. ´Wiggle Matching´ radiocarbon dates. Radiocarbon 43, 381–389 (2001).
- Espinoza, E.O., Mann, M.J. Identification guide for ivory and ivory substitutes World Wildlife Fund Publication, Ba1ltimore (1992).
- Elder, W. H. Morphometry of elephant tusks. Zoologica Africana, 5, 143–159 (2015).
- Hua, Q., Barbetti, M., Rakowski, A. Z. Atmospheric radiocarbon for the period 1950–2010. Radiocarbon, 55, 2059–2072 (2013).
- Nakamura, T., Koike, H., Aizawa, J., Okuno, M. Growth process in an elephant tusk: Age estimations based on temporal variations in bomb-radiocarbon content. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 361, 496– 499 (2015).
- Singh, R. R., Goyal, S. P., Khanna, P. P., Mukherjee, P. K., Sukumar, R. Using morphometric and analytical techniques to characterize elephant ivory. Forensic Sci Int, 162, 144–151 (2006).
- Stuiver, M., Polach, H. A. Discussion reporting of 14 c data. Radiocarbon, 19, 355–363 (1977).
- Veselovský, Z. Svět zvířat, sloni. AVENTINUM NAKLADATELSTVÍ, s.r.o., Praha 4- Modřany, 46 stran (2004).
- https://www.google.cz/imghp?hl=cs



DĚKUJI ZA POZORNOST