

A painting of a forest landscape. In the foreground, there are several tall, thin trees with sparse foliage. In the middle ground, a small, simple building with a dark roof is visible. A few figures are standing near the building. The background shows a dense forest of trees. The overall color palette is muted, with greens, browns, and greys.

Chemie v archeologii

1

Aplikace analytické chemie v archeologii

Terénní prospekce

Charakterizace dávných technologických postupů a výrob (metalurgie, výroba vápna, kolomazi, keramiky, apod.).

Odhad provenience některých typů artefaktů (obsidián, kovy, keramika, ...)

Sledování degradace archeologických nálezů (kovy, kosti, organické materiály) pro diagnostiku poškození a východisko pro návrh optimálního postupu konzervace.

Interpretace konkrétních archeologických nálezů či situací.

Studium výrobních technologií

Metalurgie železa a barevných kovů

Výroba keramiky

Výroba skla

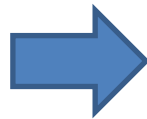
Výroba vápna

Výroba adheziv (dehty)



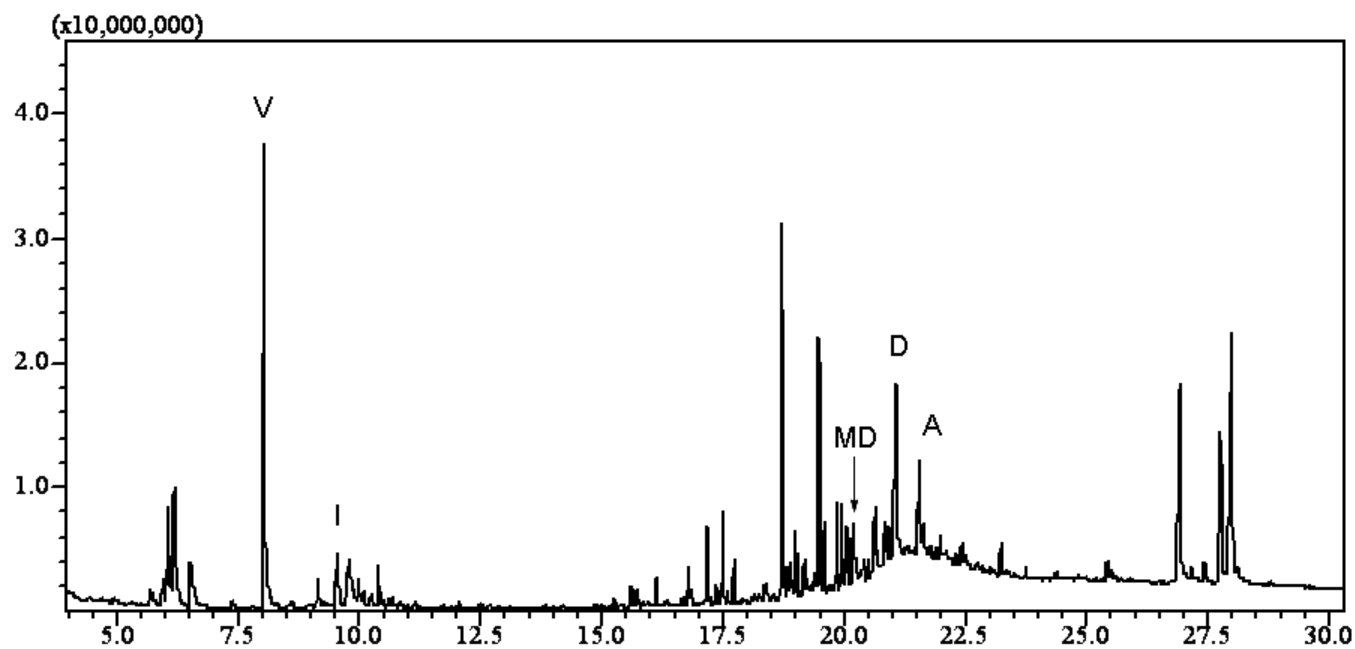
Využití borové pryskyřice

Borová pryskyřice je výchozí surovinou pro výrobu terpentýnu (spolu s lněným olejem ho používají výtvarníci při olejomalbě), destilační zbytek je kalafuna, která se používala při zabíjačkách nebo v bednářství.



Veletiny

šipka typu Štramberk-Krnov, střední eneolit, povrchový sběr.



Chromatogram chloroformového extraktu vzorku nativní pryskyřice (A kyselina abietová, PA kyselina pimarová, MD methyl dehydroabietát, D kyselina dehydroabietová, R reten, V vinylguajakol, I isovanilin).

Jantar

- jde o mineralizovanou pryskyřici třetihorních jehličnanů starou nejčastěji kolem 50 milionů let



Ambroid

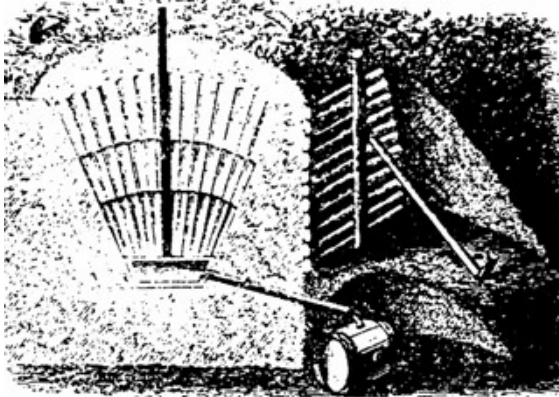
= lisovaný jantar (drobné kousky jantaru se hydraulicky slisovaly v ocelové formě)

náustky dýmek

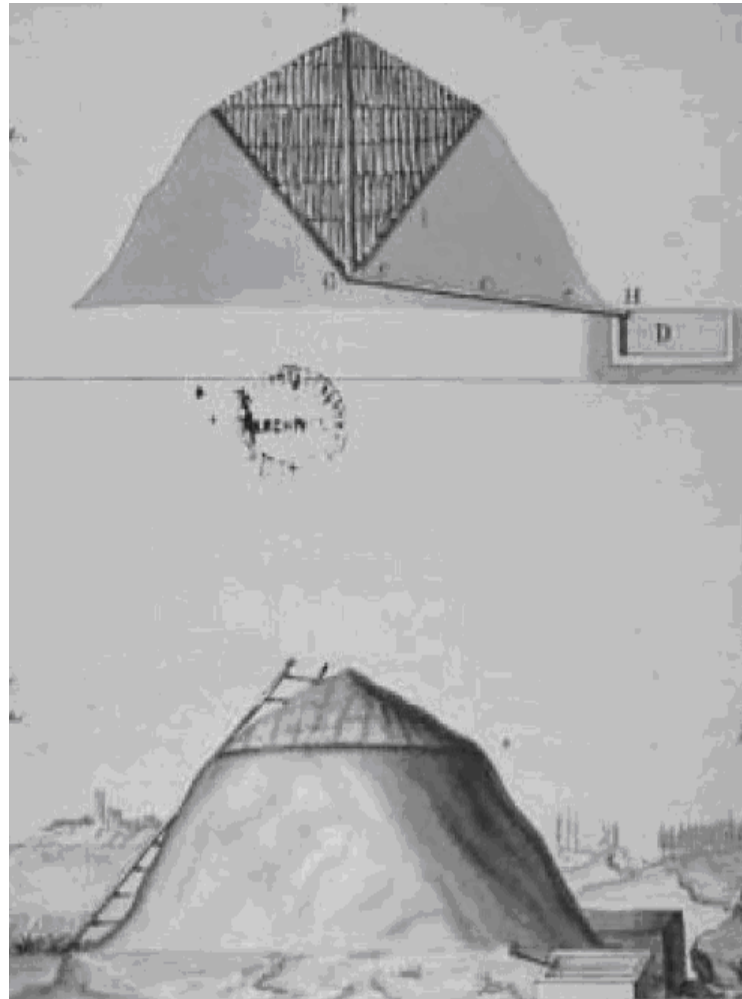
cigaretové špičky



Výroba dřevního dehtu a kolomazi



Varianty zahloubených milířů



Výroba dřevního dehtu a kolomazi

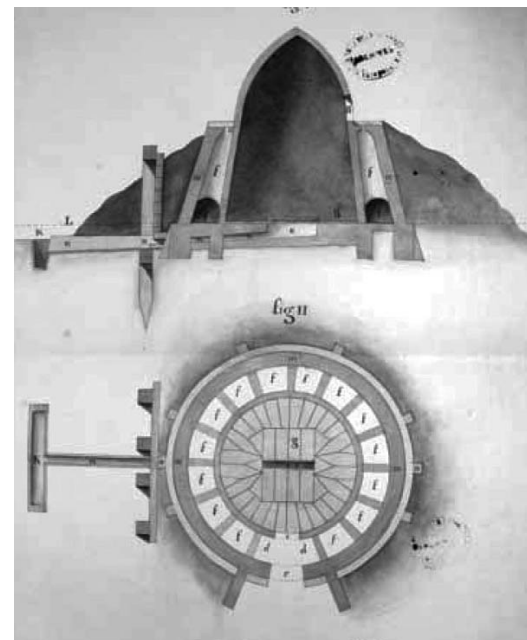
Kolomazné kameny



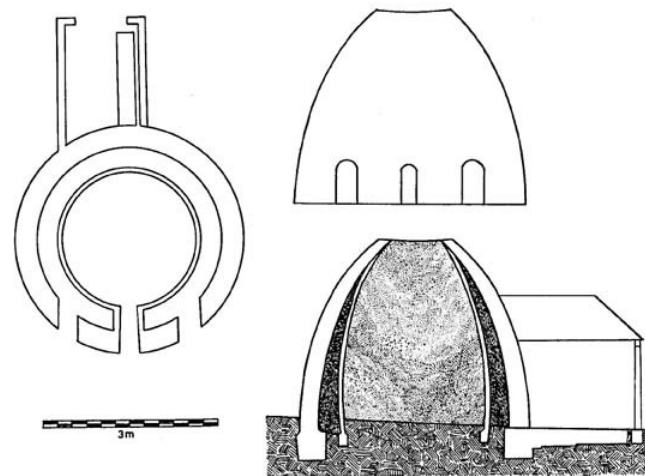
Trnava (okr. Třebíč)

Výroba dřevního dehtu a kolomazi

Dvouplášťové komorové pece



Plzeň-Bolevec



Výroba dřevního dehtu a kolomazi

Dehtařské pracoviště

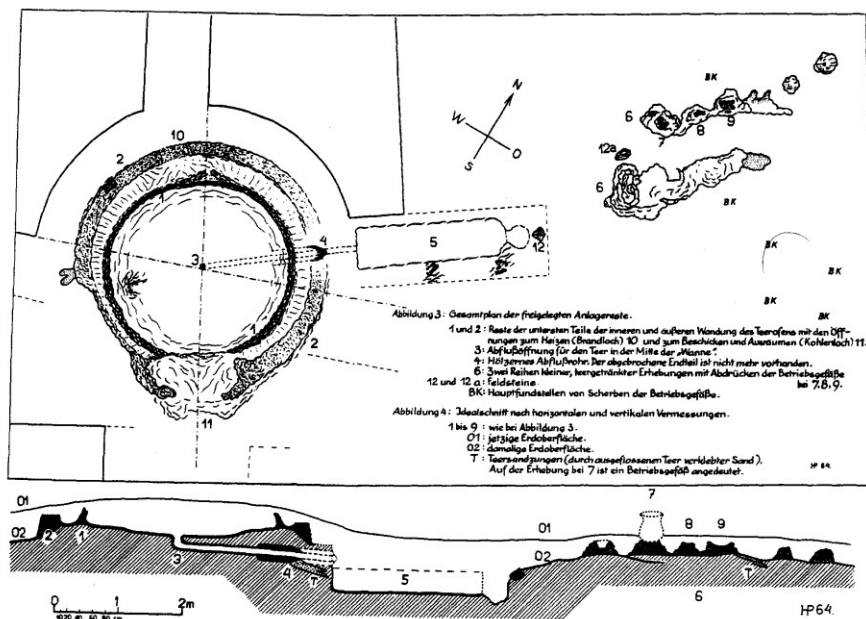


Abb. 5: J. W. Meil: Der Theerbrenner (1765). Dorn 160, SMPK.

Suchá destilace diterpenoidních pryskyřic

Kolomaz

= mazivo vyráběné z dřevního dehtu, používané v minulosti pro mazání kol dopravních prostředků. Během 19. století byla vytlačena oleji a plastickými mazivy, které mají výrazně lepší mazací vlastnosti.



Abb. 15. Abschmieren eines Reisewagens im 15. Jahrhundert.
Nach S. Brant, *Das Narrenschiff* (1494). Photo: Deutsches Museum, München



Příměsi

Terpentýn

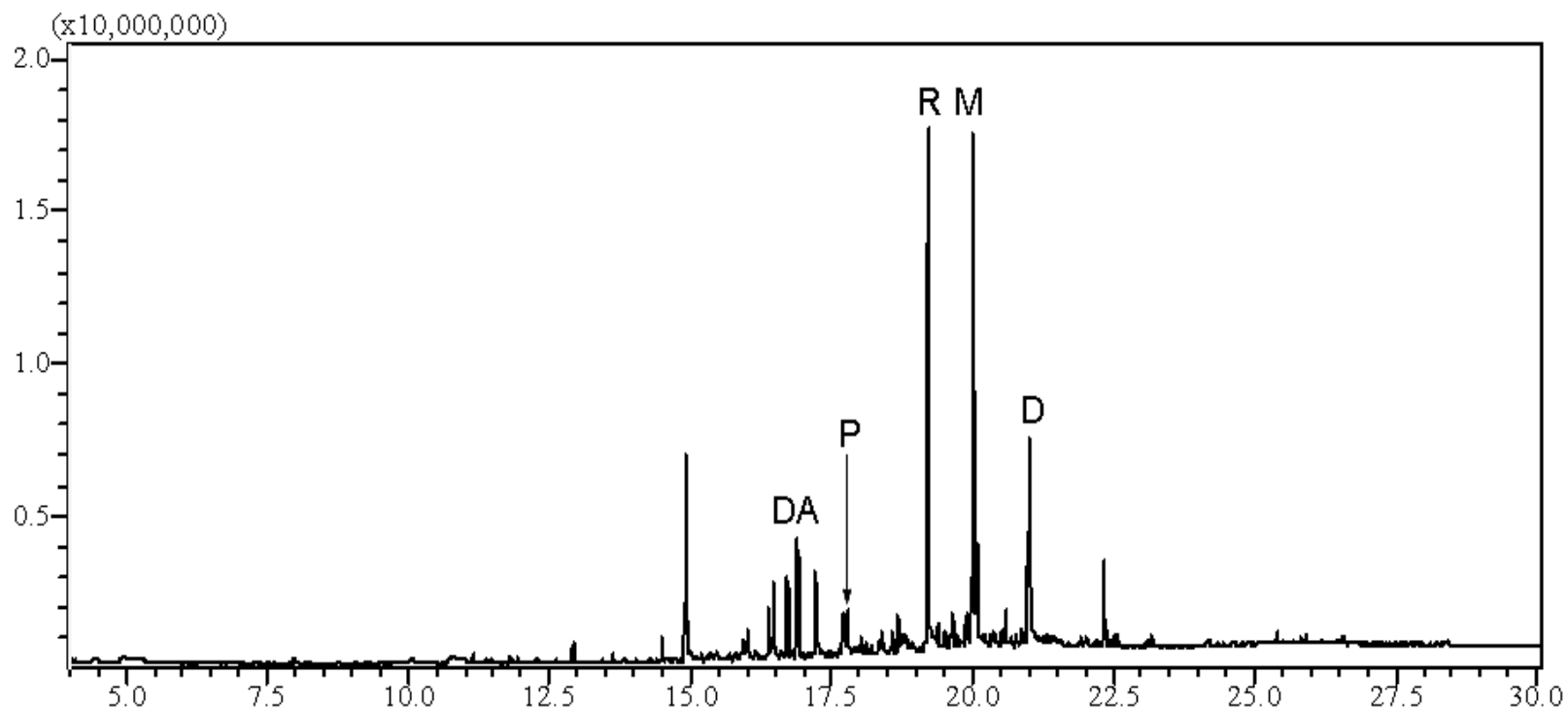
Lněný olej

Lůj

Síra

Rynartice (SZ Čechy)

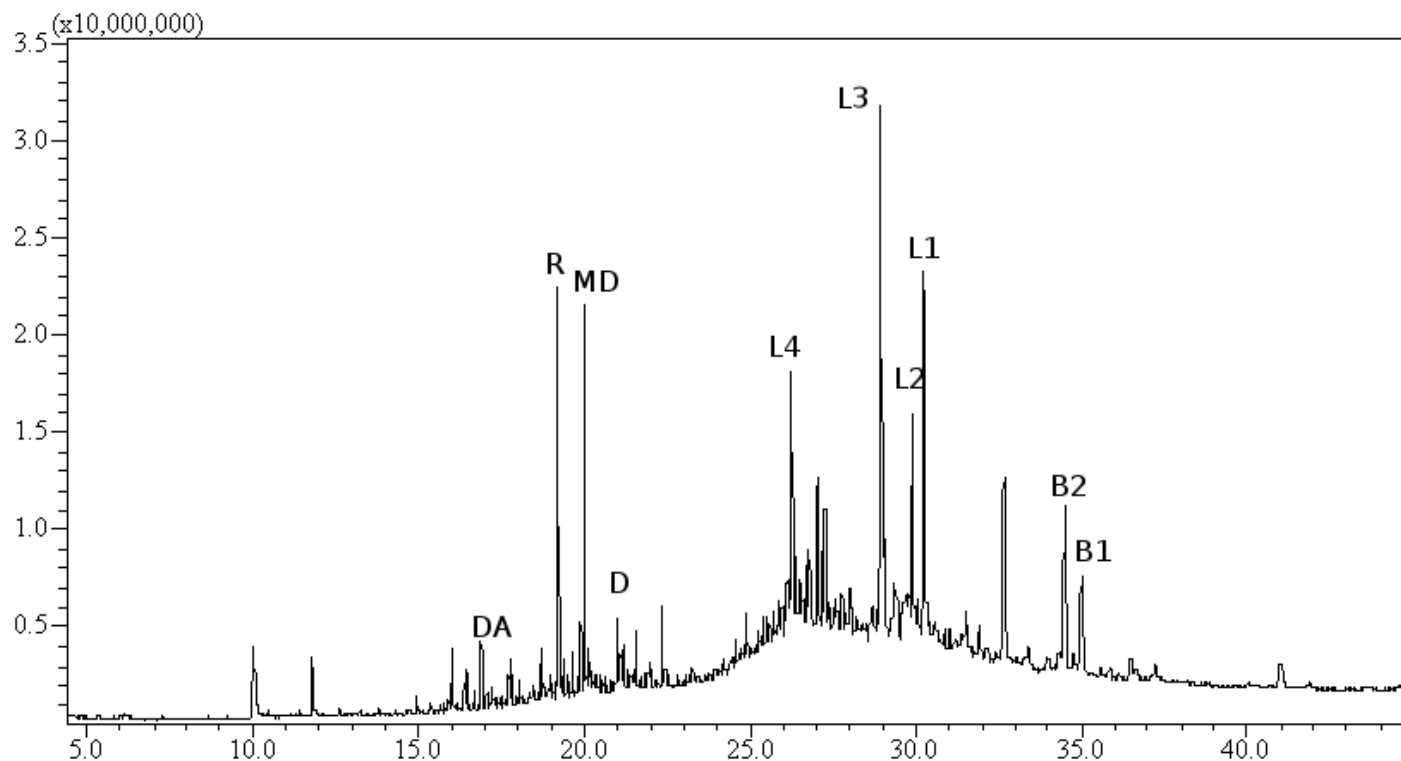
Vzorek hmoty ze dna rozkladné komory dehtářské pece (1. polovina 15. století)



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Rynartice (DA dehydroabietin, R reten, MD methyl dehydroabietát, D kyselina dehydroabietová).

Mostek (V Čechy)

Vzorek z vnějšího povrchu keramického fragmentu z blízkosti dehtařské pece (14. stol.)

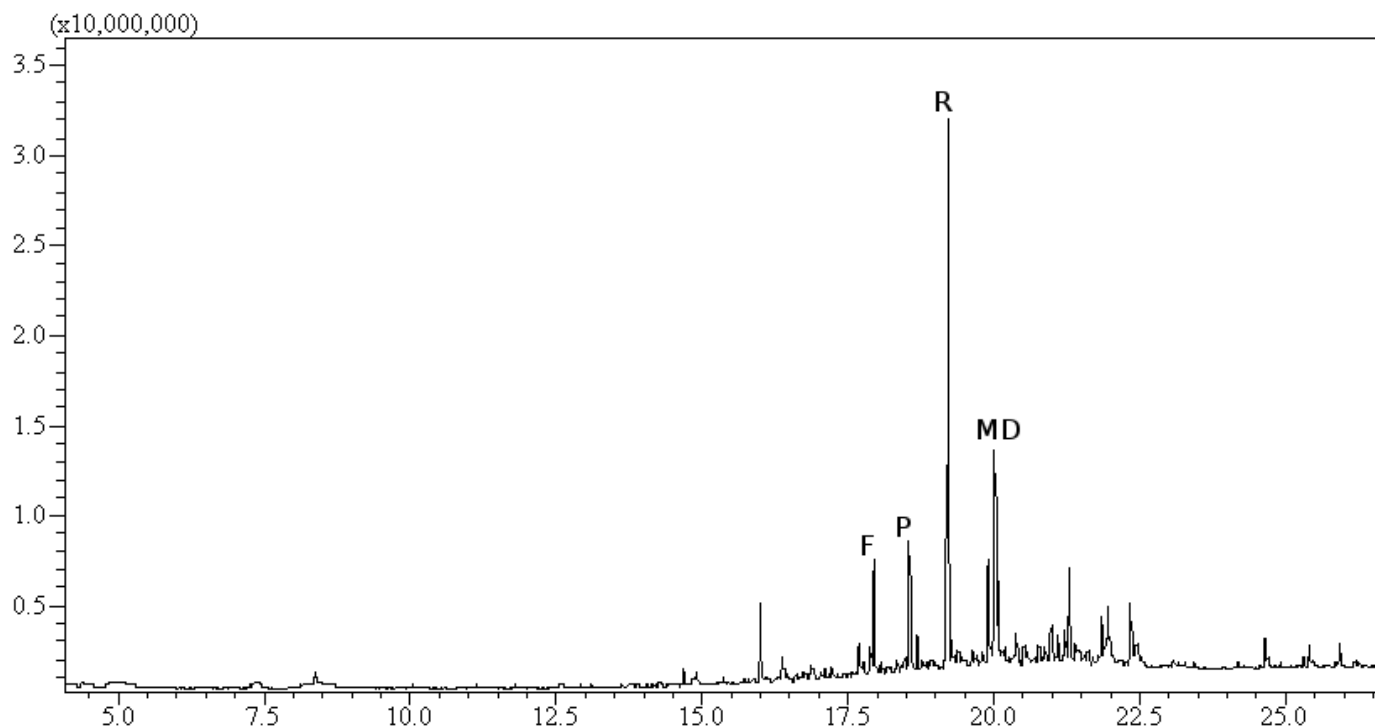


Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Mostku (DA dehydroabietin, R reten, MD methyl dehydroabietát, D kyselina dehydroabietová, L4 lupa-2,20(29)-dien, L3 lupa-2,20(29)-dien-28-ol, L2 lupenon, L1 lupeol, B2 betulon, B1 betulin).



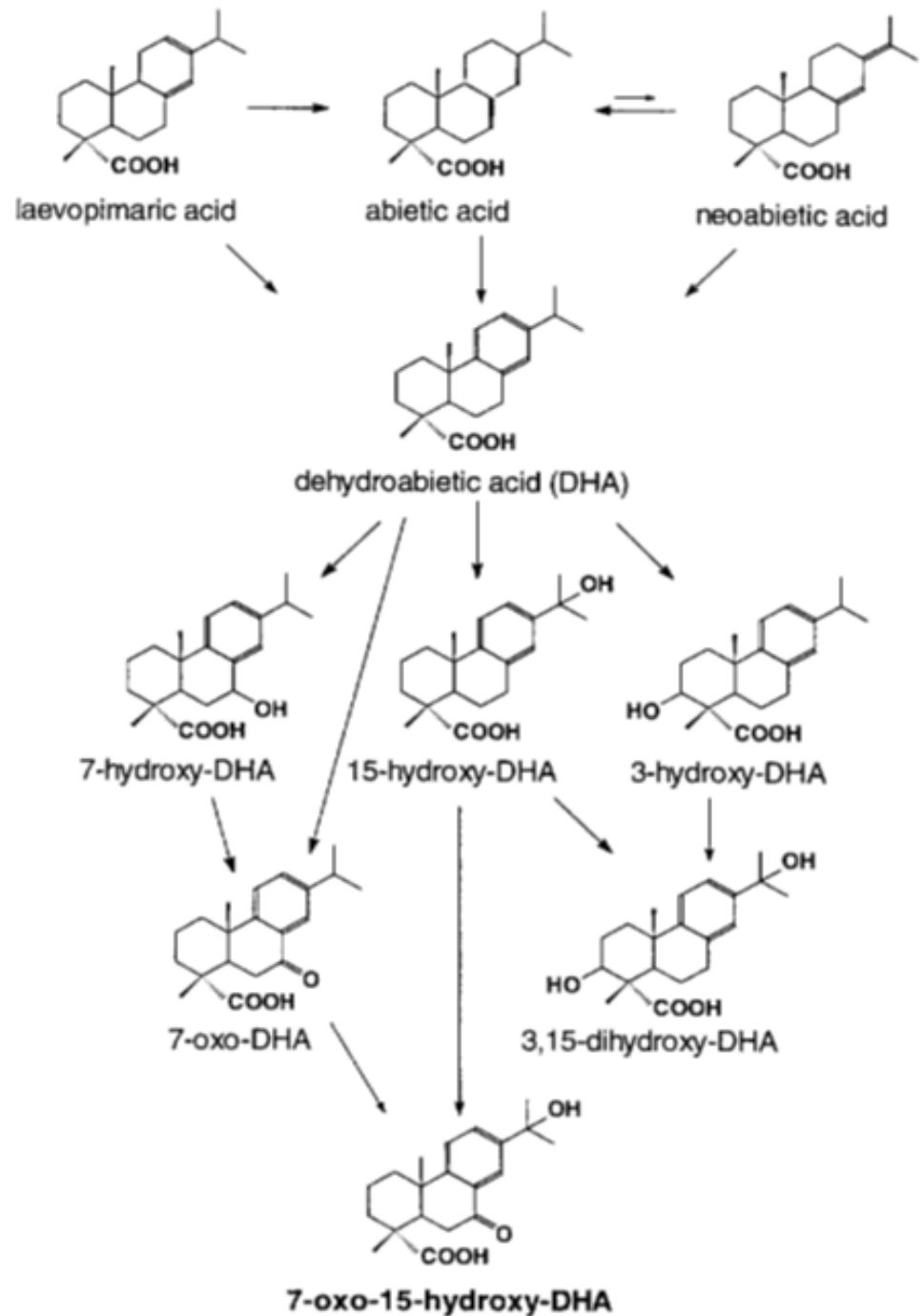
Tábor, dům čp. 308

Zbytky kachlových kamen z 15. století.

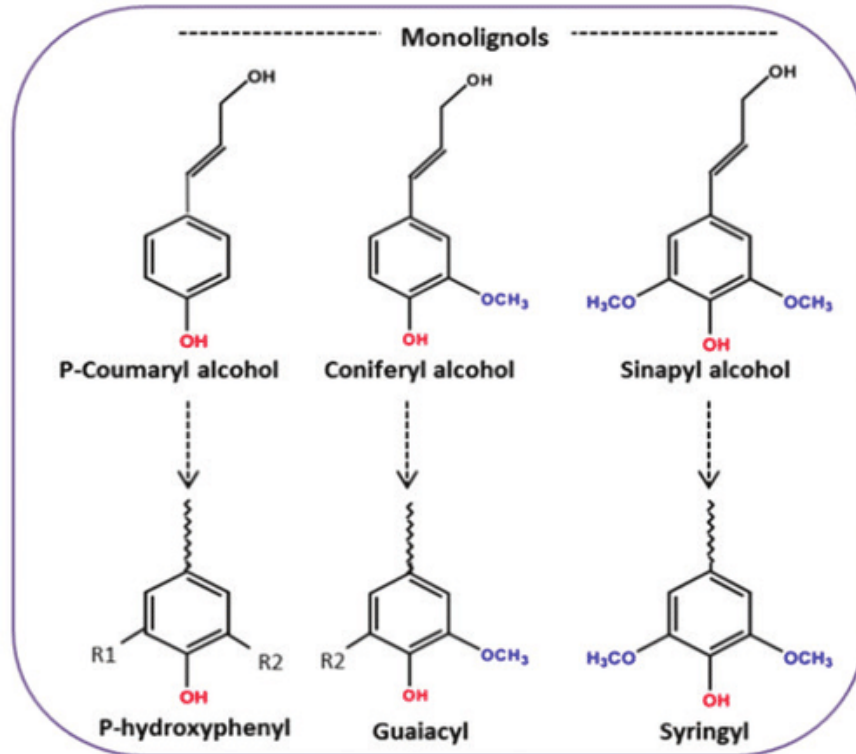
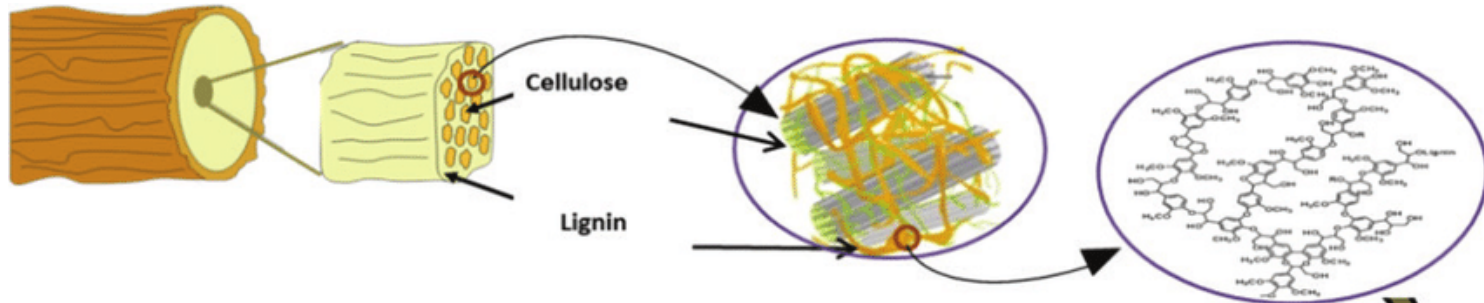


Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z komorového kachle z Tábora (F fluoranthen, P pyren, R reten, MD methyl dehydroabietát).

Změny diterpenoidních pryskyřic za přístupu kyslíku



Lignin



Kroměříž

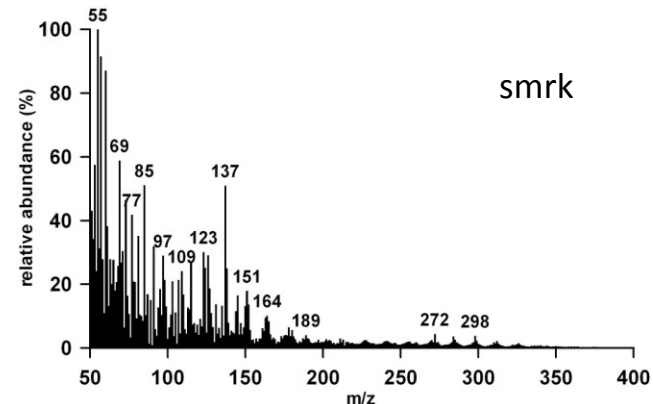
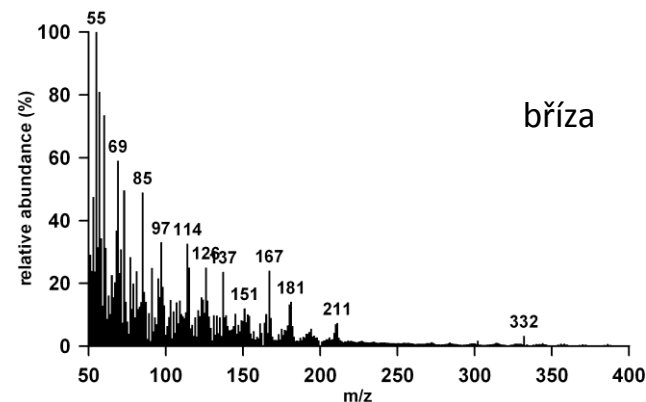
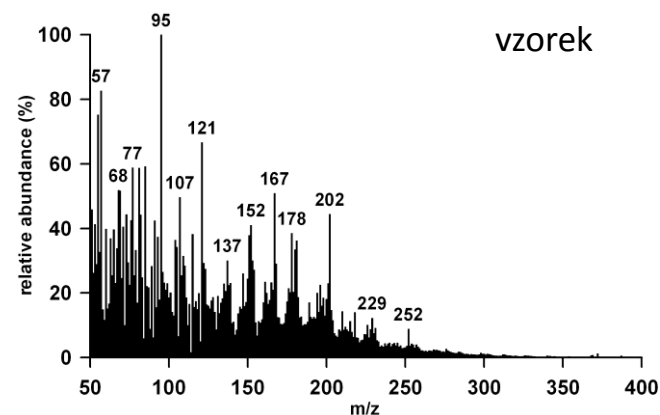
pol. 18. století - konec 18. / počátek 19 stol.

Vzorek sazí ze zalděného komína nalezeného při stavebně historickém průzkumu v arcibiskupském paláci.

fluoranthen



pyren



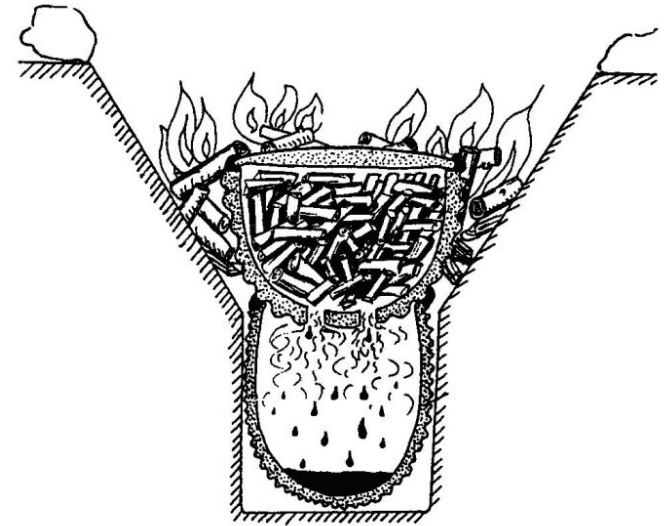
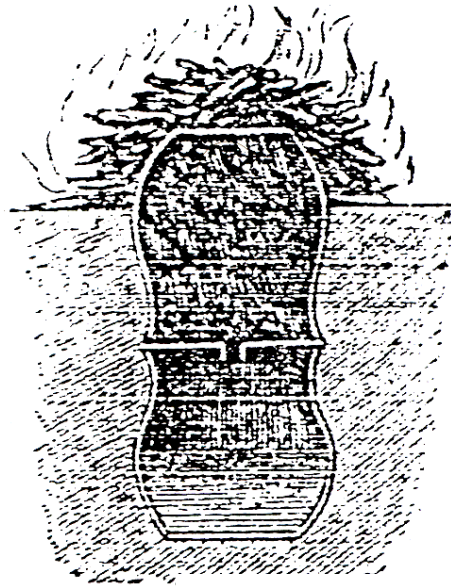
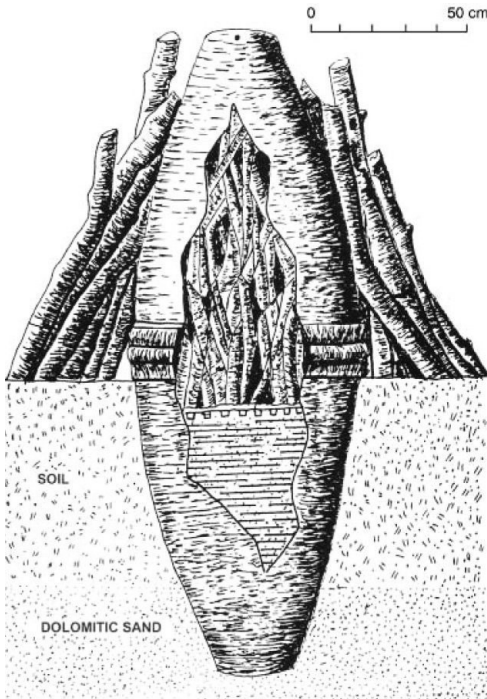
Dehet z březové kůry

Aplikace březové kůry

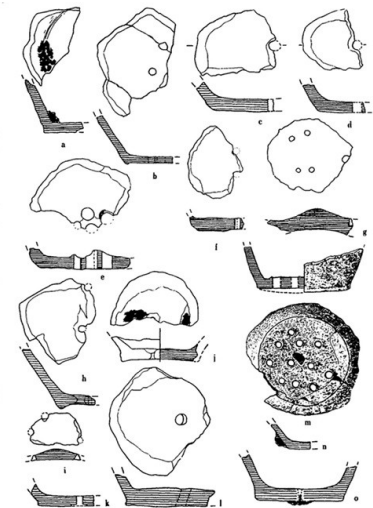
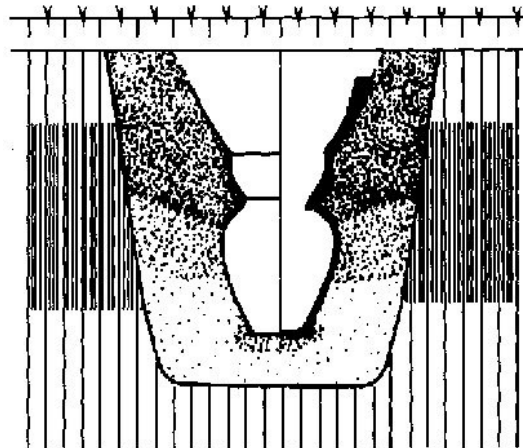


Výroba dehtu z březové kůry

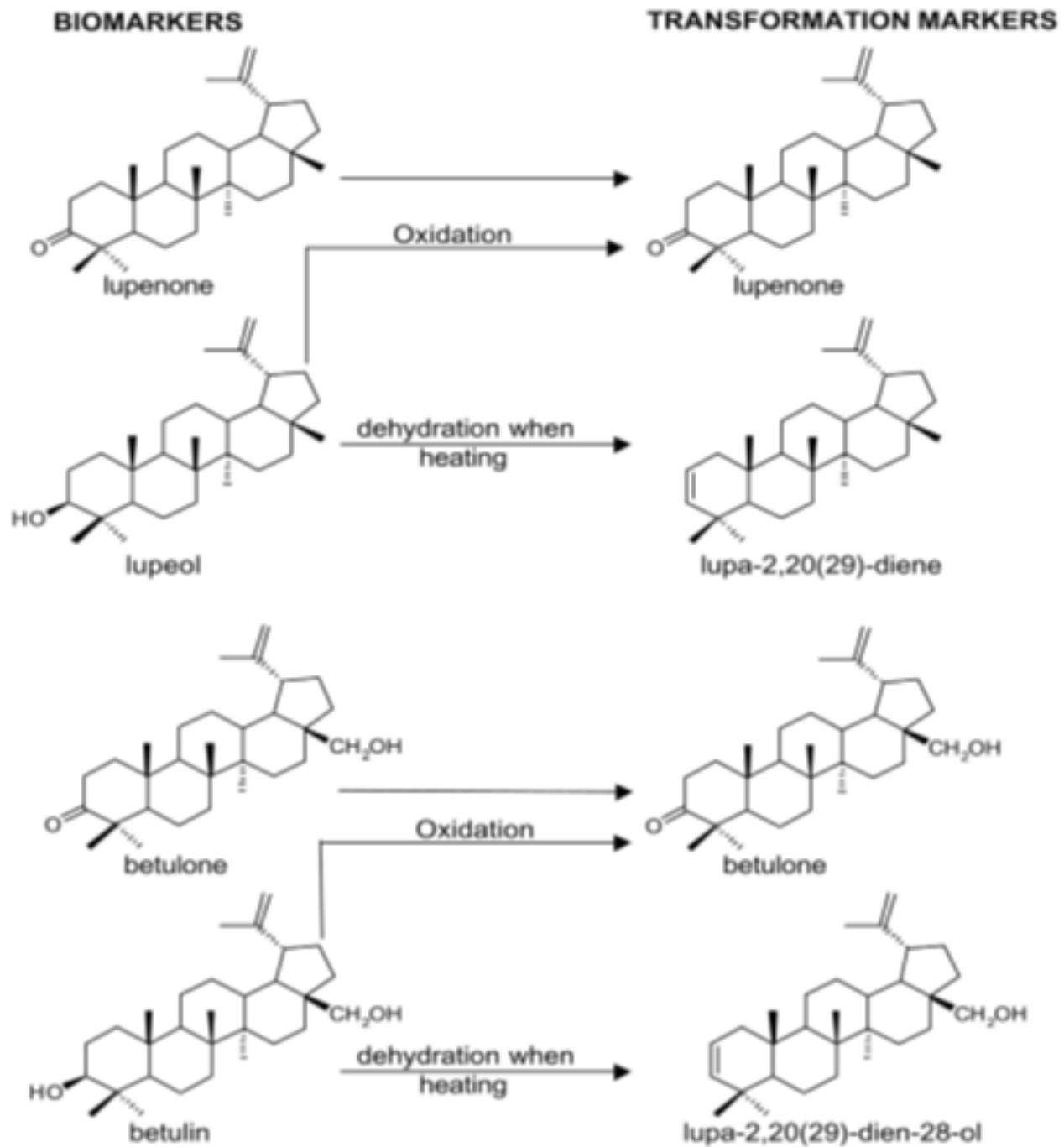
Různé varianty „metody dvou nádob“



Archeologický doklad technologie a pozůstatky nádob s perforovaným dnem (Meklenbursko).

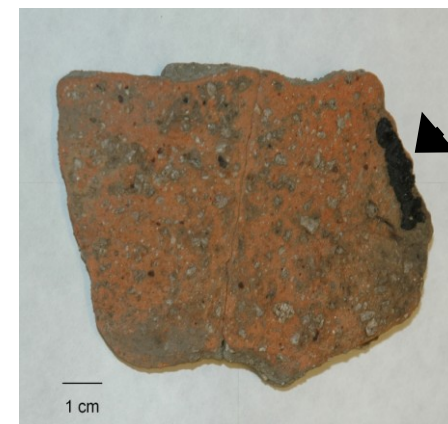
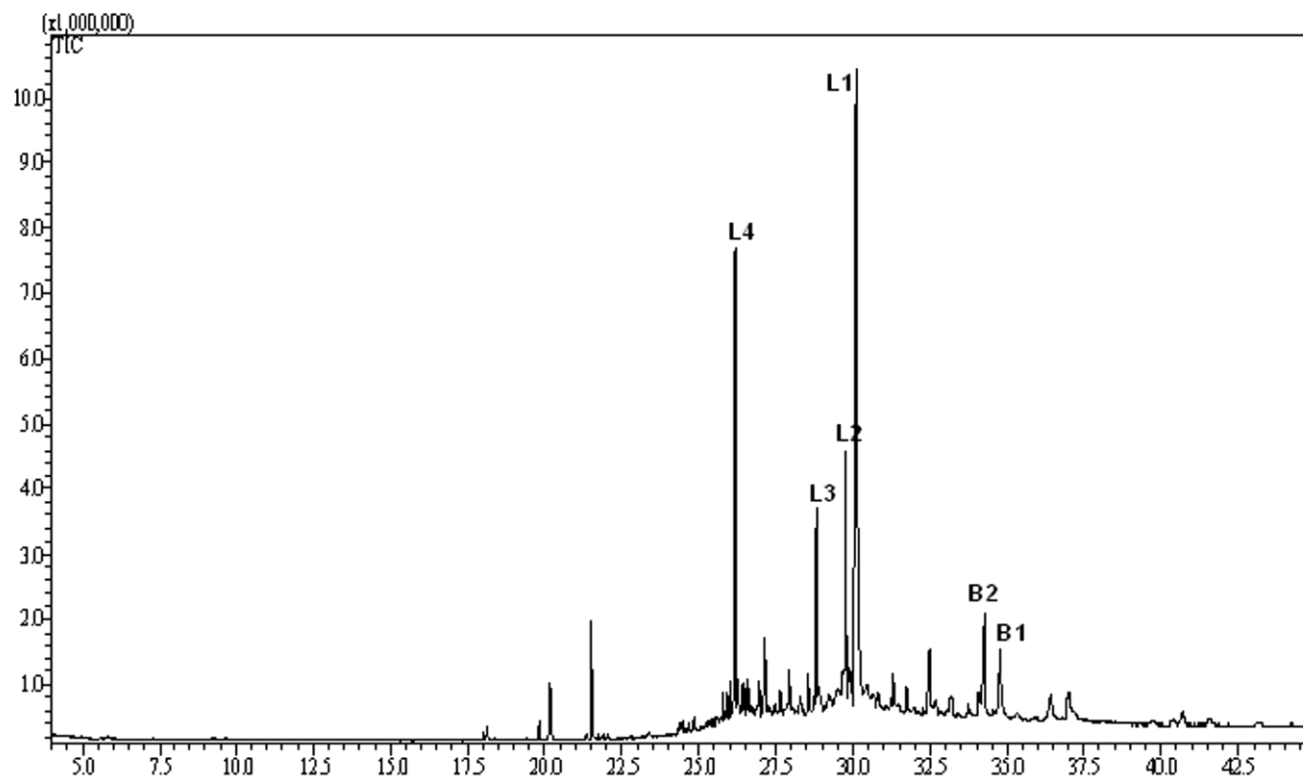


Suchá destilace triterpenoidních pryskyřic



Krhov

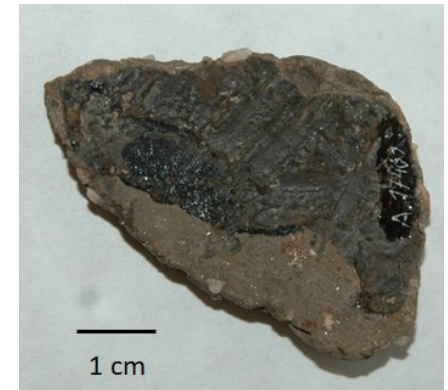
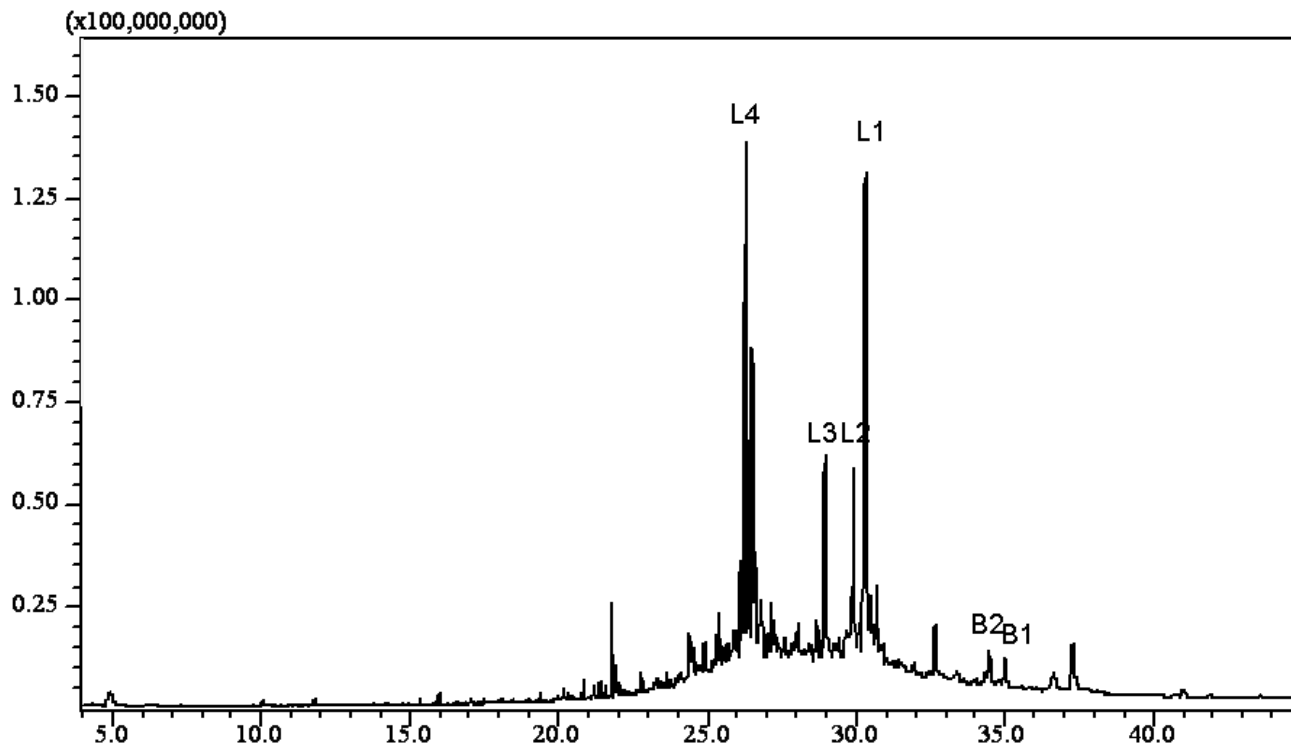
V průběhu prací spojených s revitalizací rybníka Utopenec bylo lokalizováno sídliště šáreckého stupně kultury s lineární keramikou (střední neolit).



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Krhova (L4 lupan-2,20(29)-dien, L3 lupan-2,20(29)-dien-28-ol, L2 lupenon, L1 lupeol, B2 betulon, B1 betulin).

Ivanovice na Hané

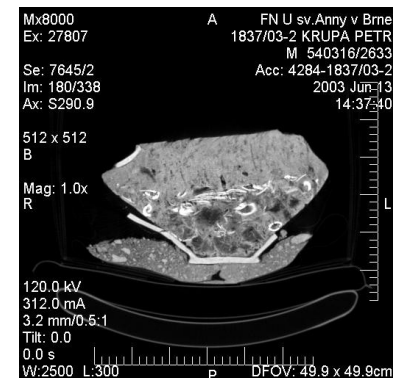
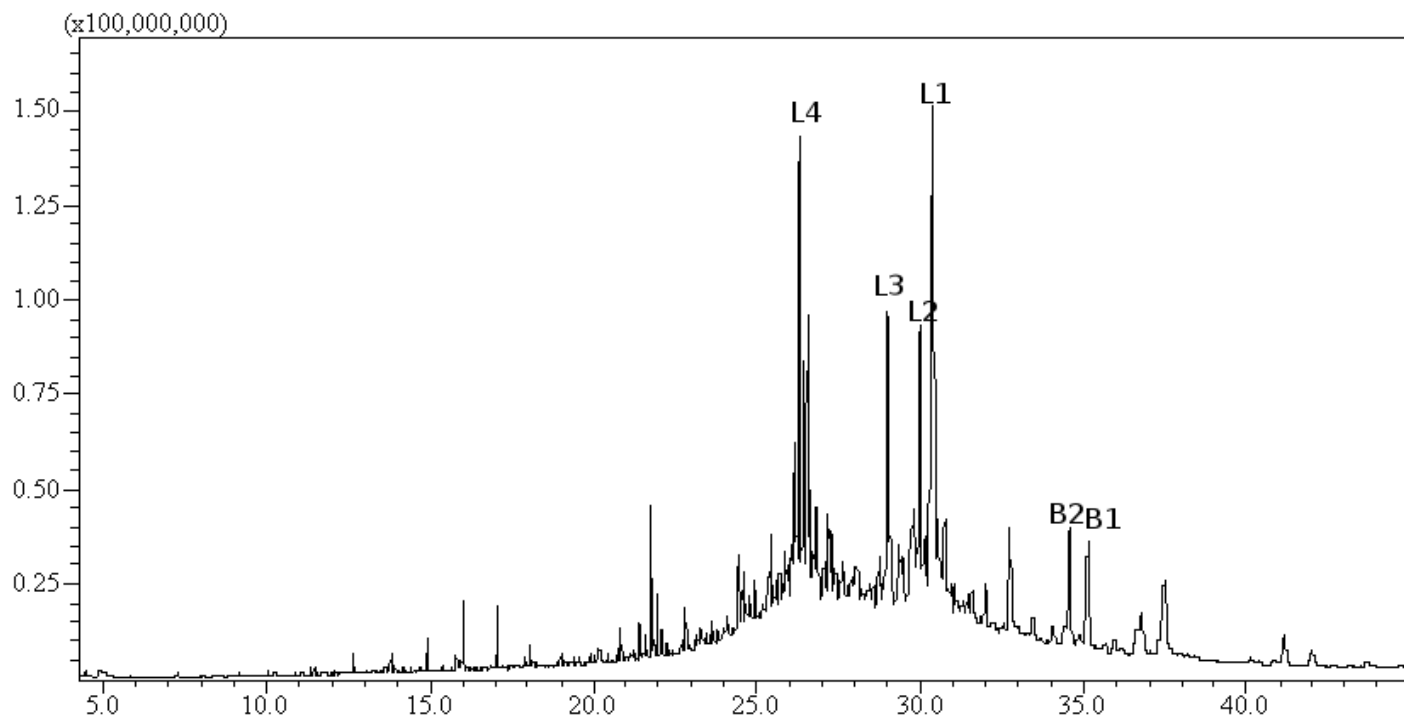
- výzkum eneolitického sídliště



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Ivanovic na Hané (L4 lupa-2,20(29)-dien, L3 lupa-2,20(29)-dien-28-ol, L2 lupenon, L1 lupeol, B2 betulon, B1 betulin).

Brno–Modřice

- v žárovém hrobě ze starší doby římské byla mezi kostmi nalezena hrudka tmavé organické hmoty.



Chromatogram (Scan mod) chloroformového extraktu vzorku z Brna-Modřic (L4 lupan-2,20(29)-dien, L3 lupan-2,20(29)-dien-28-ol, L2 lupenon, L1 lupeol, B2 betulon, B1 betulin).



1 cm



2 cm

Lešany u Prostějova



0,5 cm

Těšetice-Kyjovice



0,5 cm

Hulín

Březová smola / dehet



Směsi s lipidy (plastifikátory)

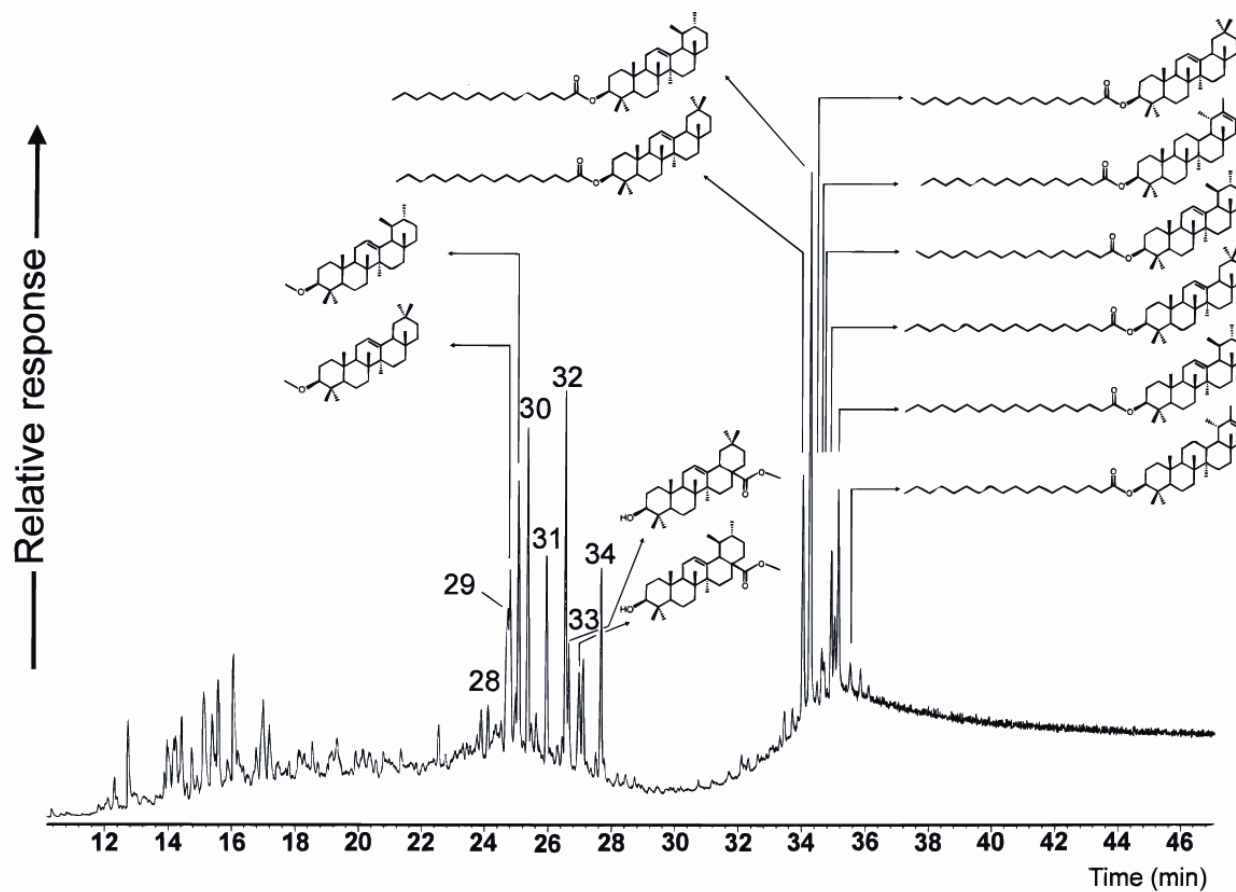
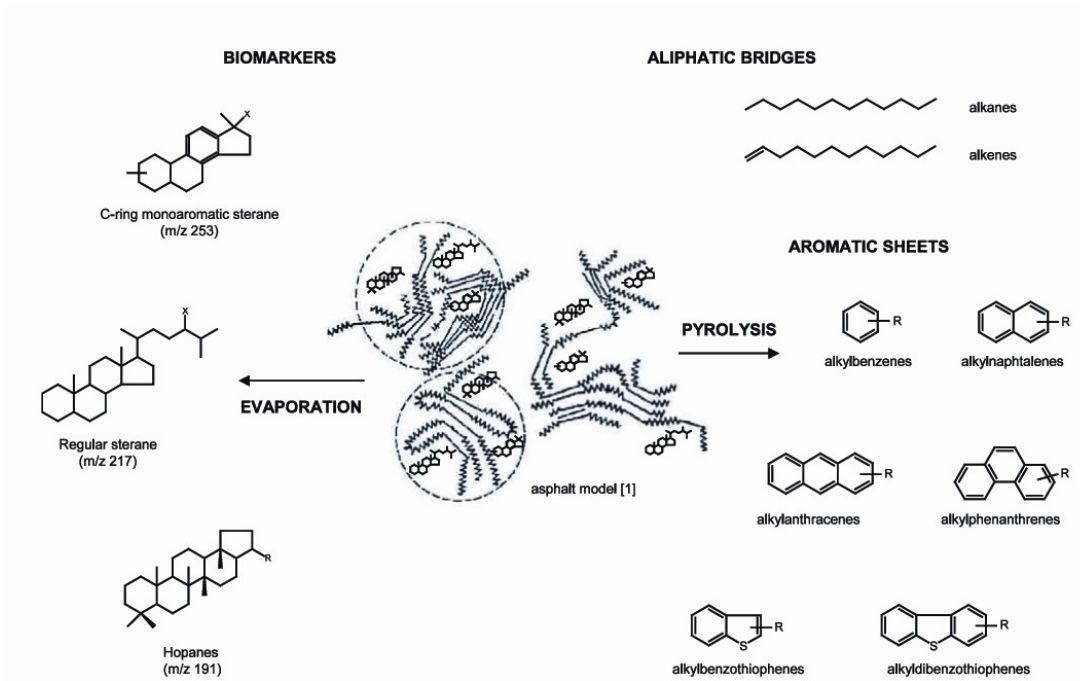


Figure 1. Representative HTHRGC/MS total ion current trace of the ester fraction from smoke particle extract of Castanha-do-Pará. Numbers refer to carbon chain length of free fatty acids (analyzed as the methyl esters).

Bitumen, asfalt



Scheme 1. Structures of specific asphalt markers and biomarkers.

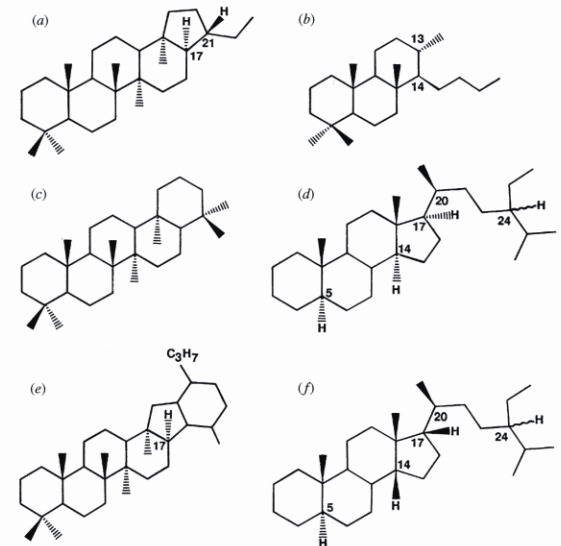


Figure 2. Molecular structures of some typical biomarkers found in the C_{15s} alkane fraction. Steranes are represented by (d) $5\alpha(H)$, $14\alpha(H)$, $17\alpha(H)$ -20S-24-ethylcholestone (abbreviated to 29 $\alpha\alpha\alpha$ S) and (f) $5\alpha(H)$, $14\beta(H)$, $17\beta(H)$ -20S-24-ethylcholestone (abbreviated to 29 $\alpha\beta$ S). (b) C_{27} - $13\beta(H)$, $14\alpha(H)$ -tricyclopolyprylene (abbreviated to 23/3) is generally the

Bitumen



Bitumen-painted ceramics from Tell Sabi Abyad (northern Syria, cca 6000 BC)

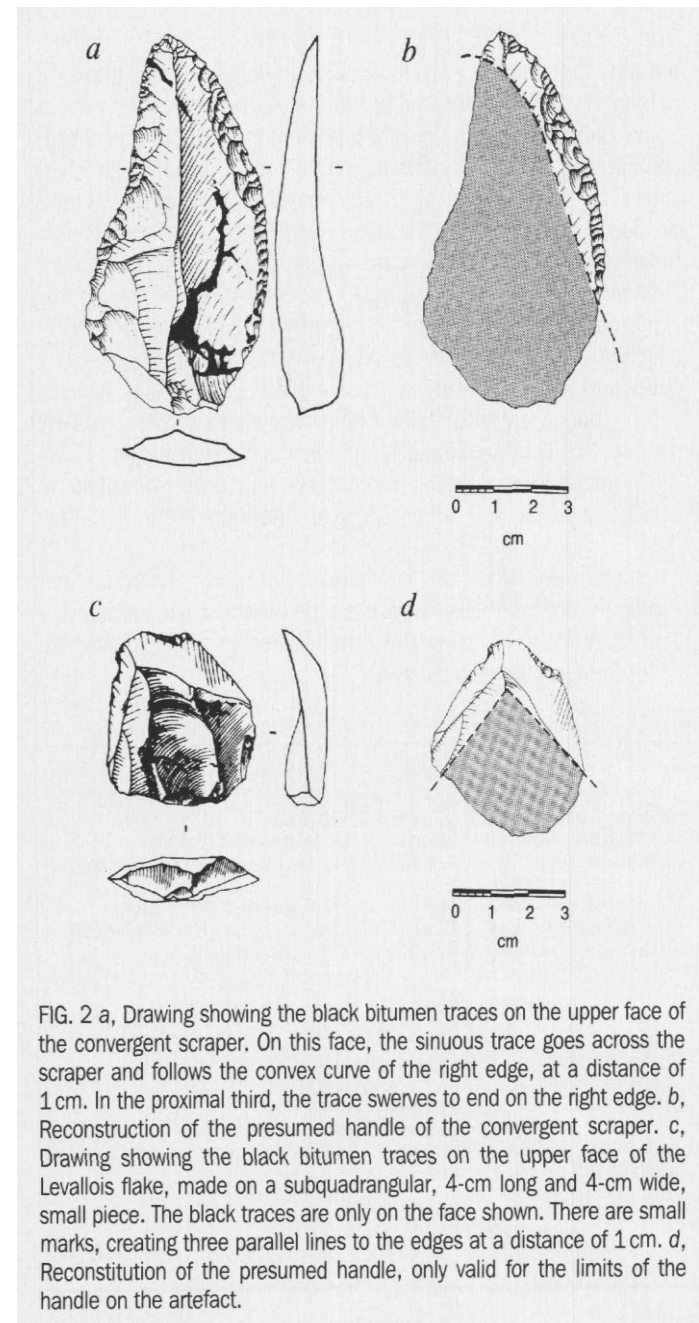
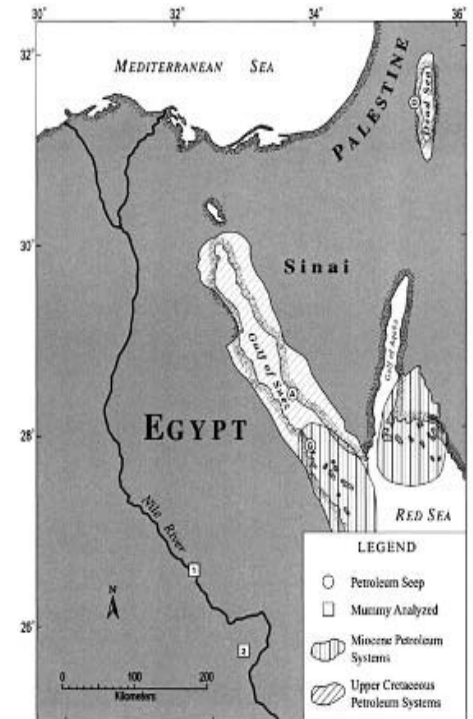
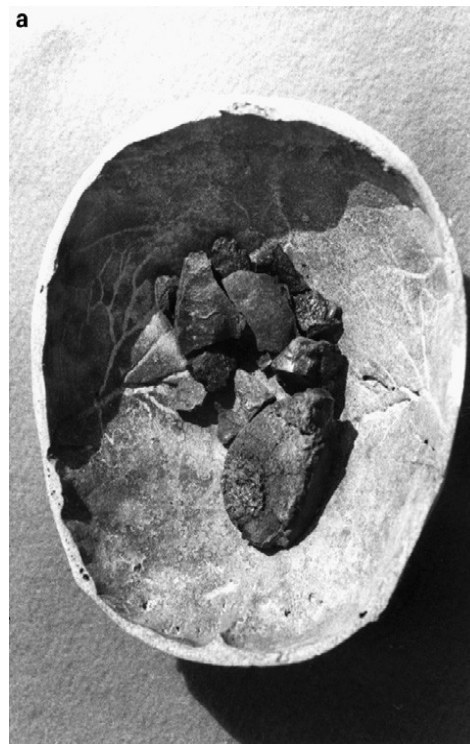
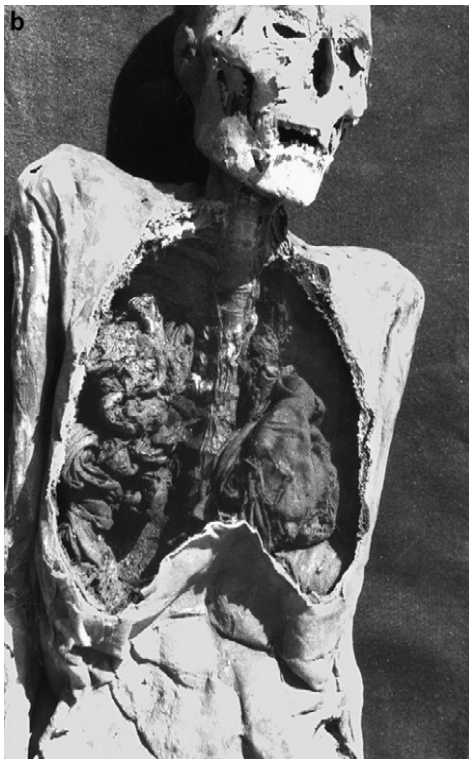


FIG. 2 a, Drawing showing the black bitumen traces on the upper face of the convergent scraper. On this face, the sinuous trace goes across the scraper and follows the convex curve of the right edge, at a distance of 1 cm. In the proximal third, the trace swerves to end on the right edge. b, Reconstruction of the presumed handle of the convergent scraper. c, Drawing showing the black bitumen traces on the upper face of the Levallois flake, made on a subquadrangular, 4-cm long and 4-cm wide, small piece. The black traces are only on the face shown. There are small marks, creating three parallel lines to the edges at a distance of 1 cm. d, Reconstitution of the presumed handle, only valid for the limits of the handle on the artefact.

Bitumen

Obrázky z pitvy mumie



Bitumen

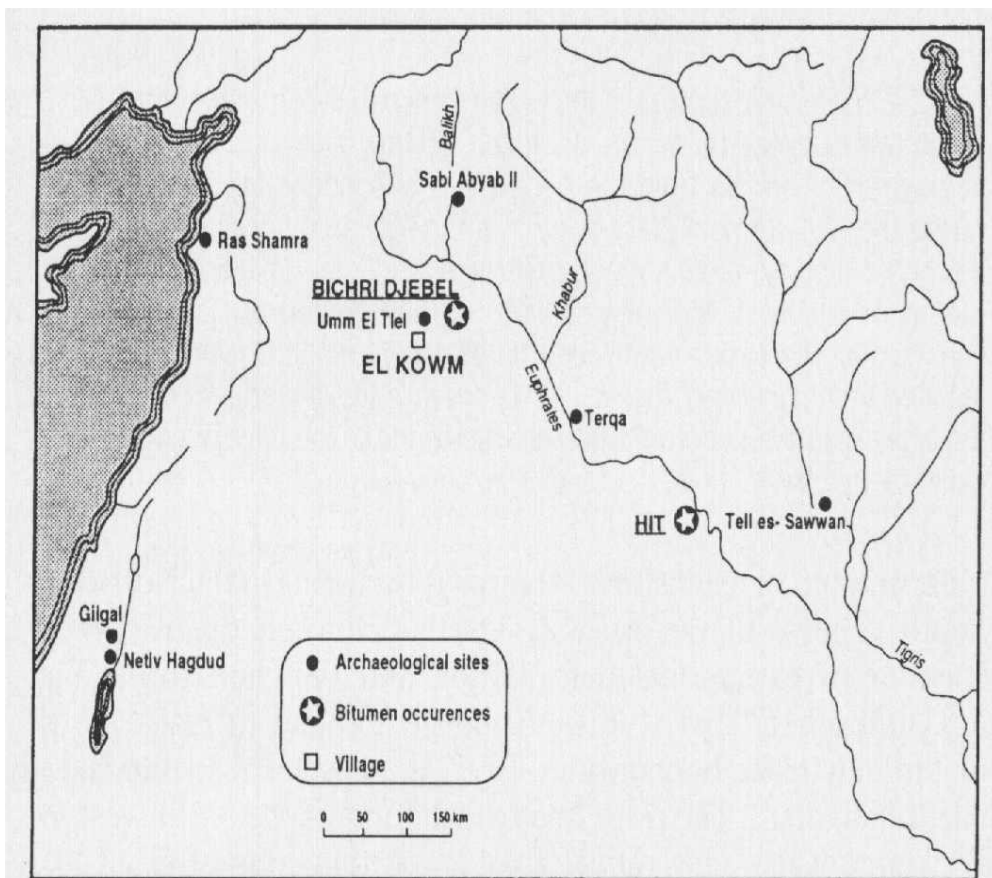


FIG. 1 Location of archaeological sites and bitumen sources.

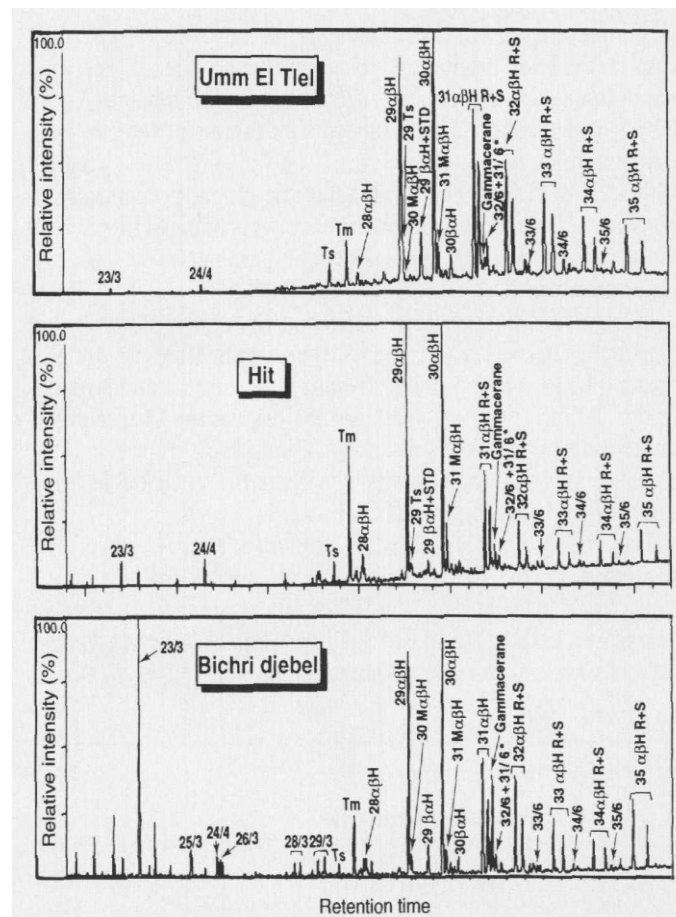


FIG. 3 Terpane distribution pattern (m/z 191) of the chloroform extract of the Umm el Tiel scraper, compared to characteristic fingerprints of two well-known natural asphalts: Abu Gir in the Bichri djebel in Syria, and Hit along the Euphrates river in Iraq. Terpanes from the Bichri djebel oil-stained sands contain significant tricyclopolyrenanes but much higher Tm-to-Ts and gammacerane-to-hopane ratios. Abbreviations: Tm, C27 $\alpha\beta$ -hopane; Ts, C27 $\alpha\beta$ -neohopane; 29 $\alpha\beta$ H, C29 $\alpha\beta$ -hopane; 30M $\alpha\beta$ H, 2 α -methyl-C29 $\alpha\beta$ -hopane; 23/3, C23 tricyclopolyrenane; 24/4, C24 tetracyclic terpene; 31M $\alpha\beta$ H, 31 $\alpha\beta$ H R+S; Gammacerane, 32/6+31/6*, 32 $\alpha\beta$ H R+S; 33/6, C33 hexahydrobenzohopane; 33 $\alpha\beta$ H R+S; 34/6, 34 $\alpha\beta$ H R+S; 35/6, 35 $\alpha\beta$ H R+S.

Bitumen

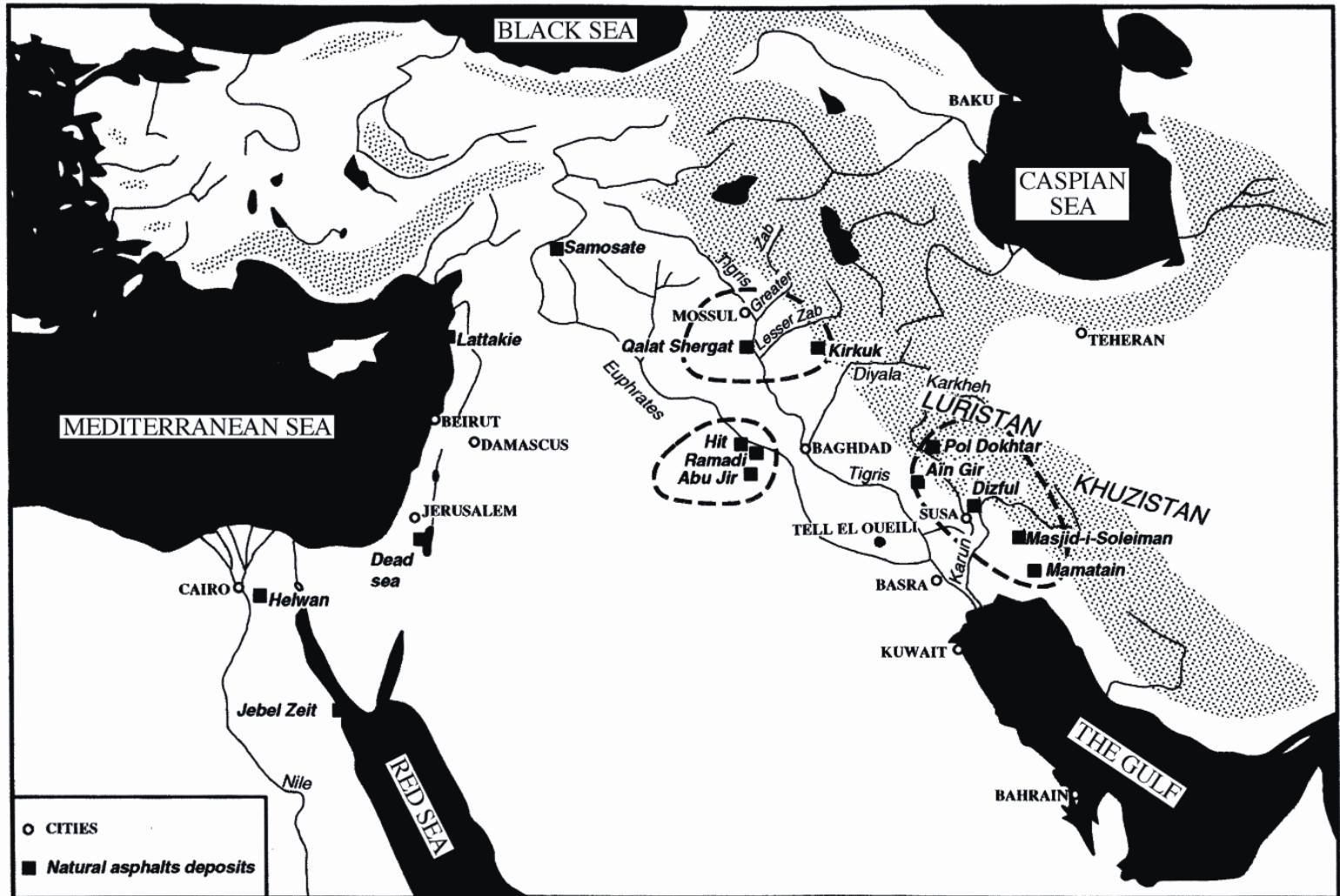
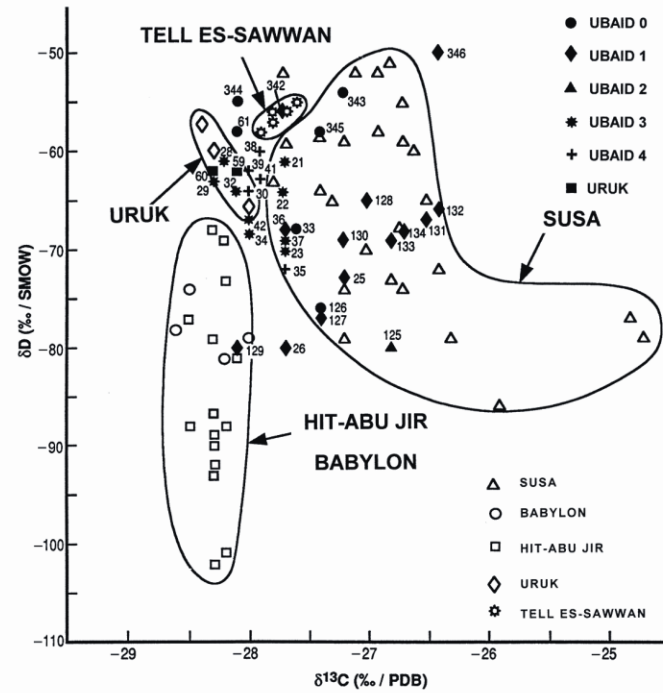
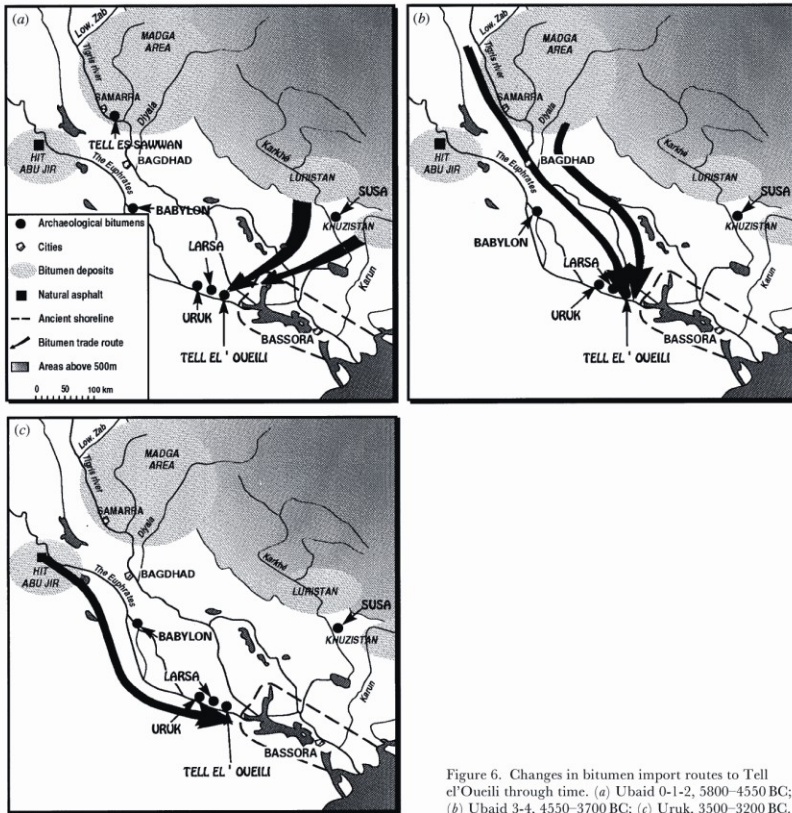


Figure 1. Map of the Near East showing the locations of the major natural asphalt deposits (e.g. Hit-Abu Jir, Dead Sea, Kirkuk, etc.).

Bitumen



Bitumen

Střední Amerika

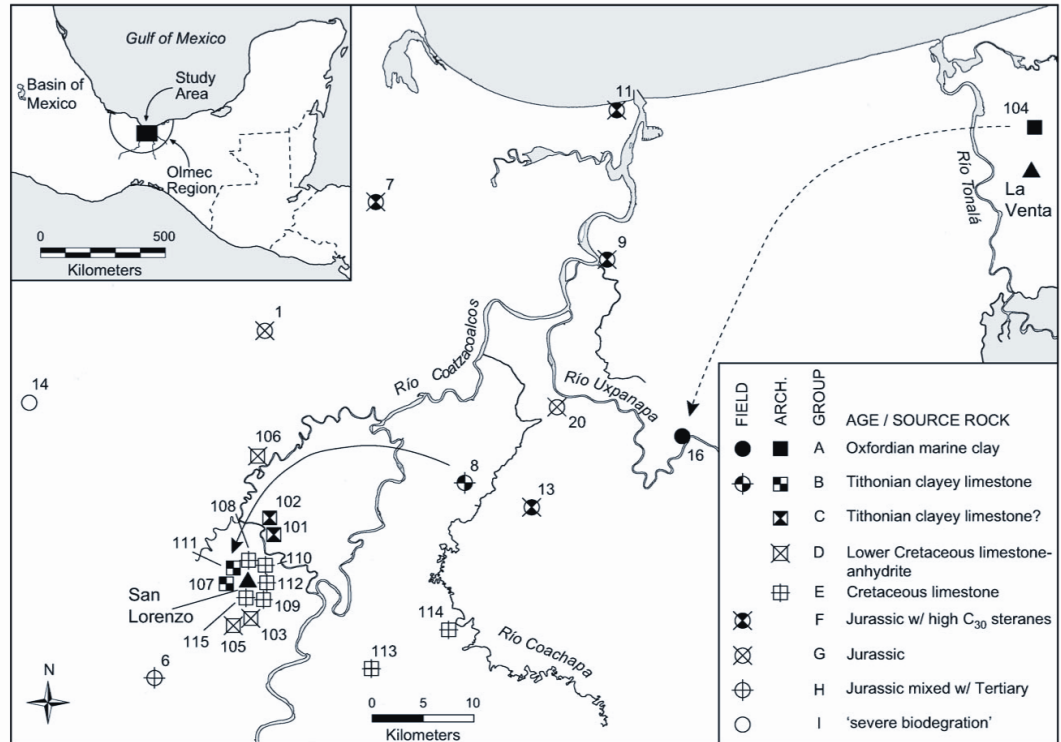


Fig. 1. Southern Gulf lowlands of Mesoamerica showing collection locations of field and archaeological bitumen samples. Field samples: (1) Jaltipan, seep; (6) La Cangrejera, seep; (7) Rancho Orel, seep; (8) Emilio Carranza, seep; (9) Paso Nuevo, seep; (11) Coatzacoalcos, beach; (13) San Cristóbal, seep; (14) Sayula, well; (16) La Concepción, seep; (20) San Carlos, seep. Archaeological samples: (101) El Remolino, El Bajío area, Profile Operation, Domestic Area-2; (102) El Remolino, El Bajío area, Profile Operation, Domestic Area-1; (103) El Azuzul, Represa; (104) Isla Alor, Unit 1; (105) Loma del Zapote; (106) Paso los Ortices, Unit 1, bitumen pit feature; (107) San Lorenzo, A4, Ilmenitas; (108) San Lorenzo, B3-5; (109) San Lorenzo, C3, Monument 14; (110) San Lorenzo, D4-22; (111) San Lorenzo, B3, Monument 57; (112) San Lorenzo, D5-31; (113) El Macayal, Unidad Villaseca; (114) La Nueva Abundancia, Pozo 12; (115) San Lorenzo, C5-6. Symbols correspond to geochemical classification.



Rancho la Brea (JZ USA)

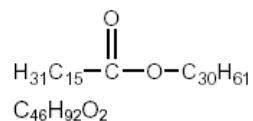




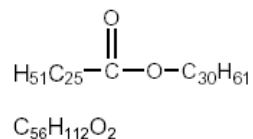
Včelí vosk

= sekret včely medonosné (*Apis mellifera*), materiál se získává přetavením plástů v horké vodě. Je tvořen zejména voskovými estery (72 %), zejm. myricylpalmitátem ($C_{15}H_{31}COOC_{30}H_{61}$), volné MK (cca 13 %) a uhlovodíky (12 %) s počtem uhlíků C_{25} - C_{31} .

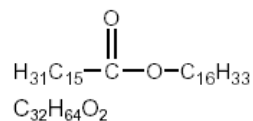
Bt 62-65 C



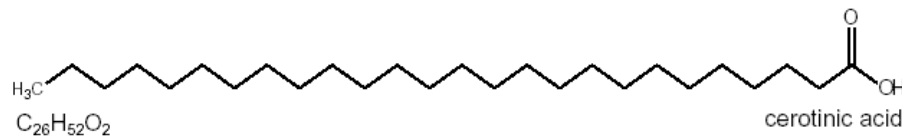
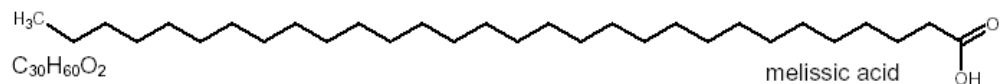
palmitic acid ester of myricyl alcohol



hexaeicosan acid ester of myricyl alcohol



palmitic acid ester of cetyl alcohol





Tel Rehov, S Izrael;
cca 900 B.C.

30 intaktních úlů, včetně
pozůstatků pláství a vosku

Dosud nejstarší známé intaktní
úly.



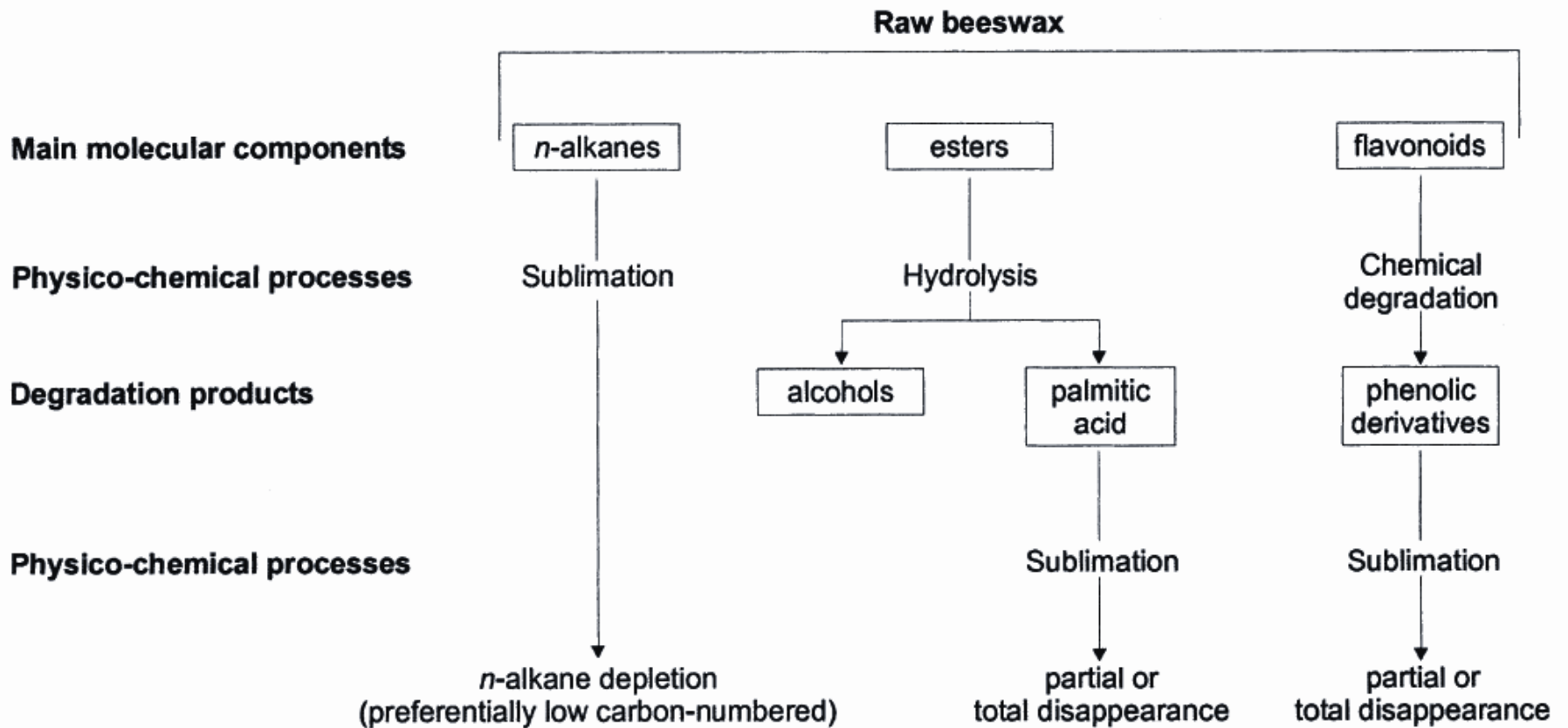


Figure 8 A summary of the physico-chemical mechanisms involved in beeswax degradation.

Chronological scale

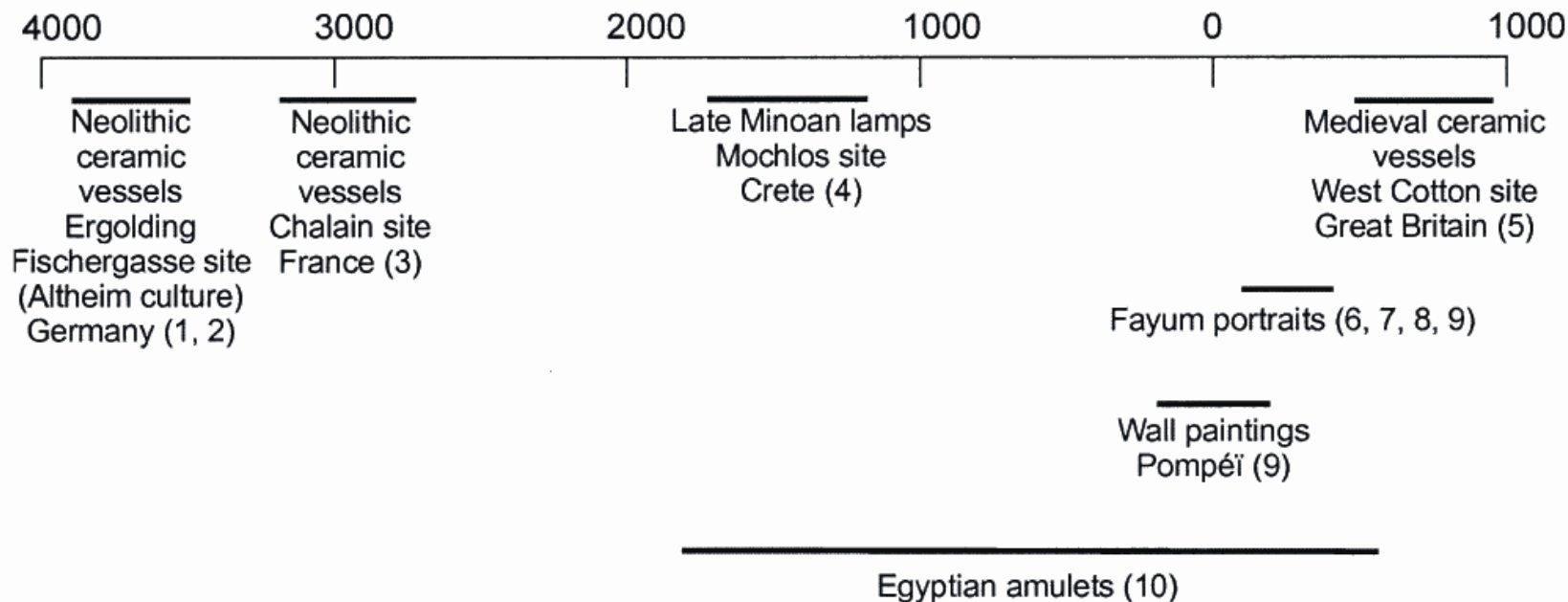


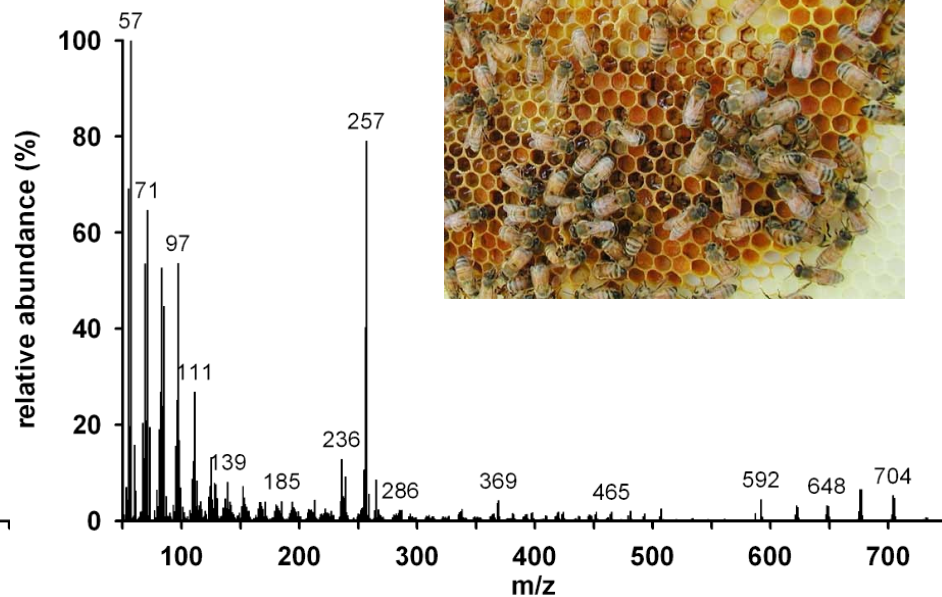
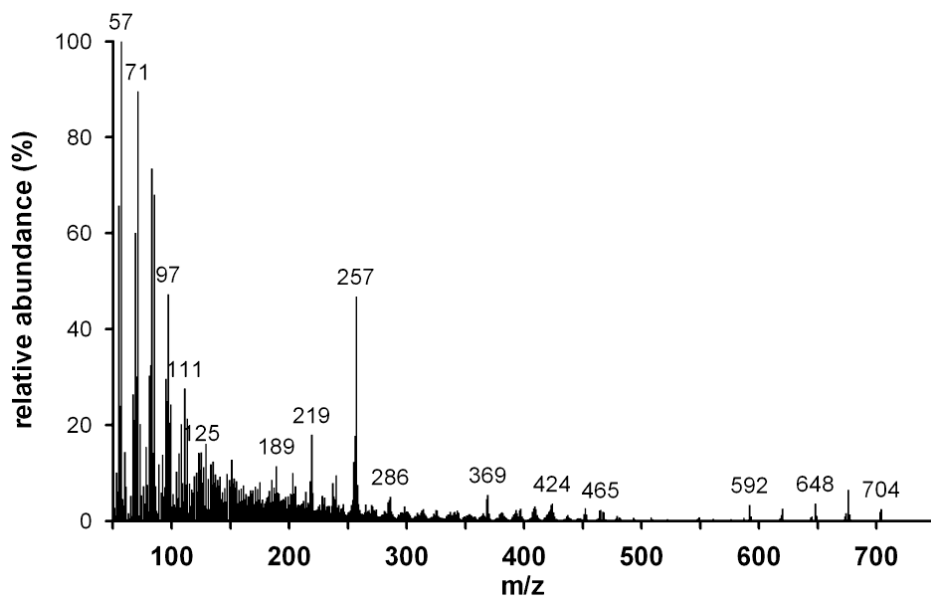
Figure 2 An overview of the chemical identification of beeswax in archaeological remains in Western Europe and Egypt. 1, Evans and Heron (1993); 2, Heron et al. (1994); 3, Regert et al. (1999); 4, Evershed et al. (1997); 5, Charters et al. (1995); 6, Colinart et al. (1999); 7, Ramer (1979); 8, White (1978); 9, Kühn (1960); 10, Colinart (1987).

Dolní Sukolom

Silicitový nožík s nánosem organické hmoty (pozdní eneolit).

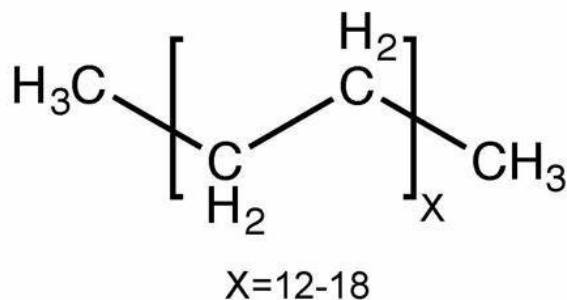


1 cm



Hmotnostní spektrum (DIP-MS) vzorku organické hmoty z Dolní Sukolomi (A) a recentního vosku (B) pro energii ionizace 70 eV.

Parafín



Parafín (též parafin, parafinový vosk) je bílá, v surovém stavu spíše nažloutlá až nahnědlá, amorfní směs vyšších nasycených alifatických uhlovodíků (alkanů). Je bez chuti a zápachu, ve vodě nerozpustný.

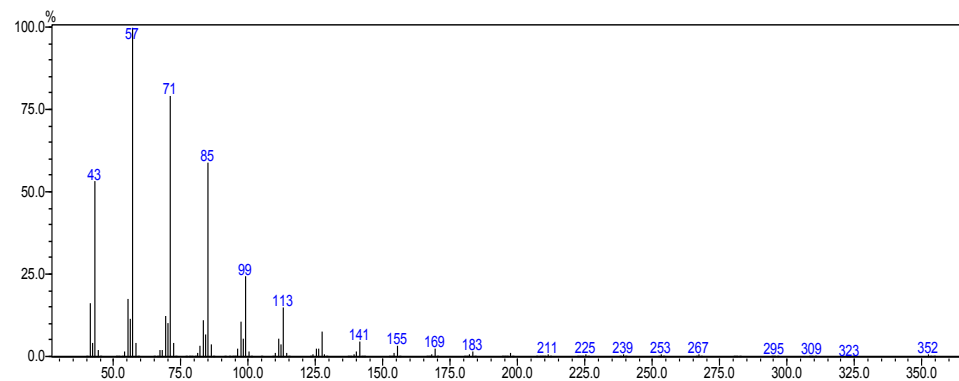
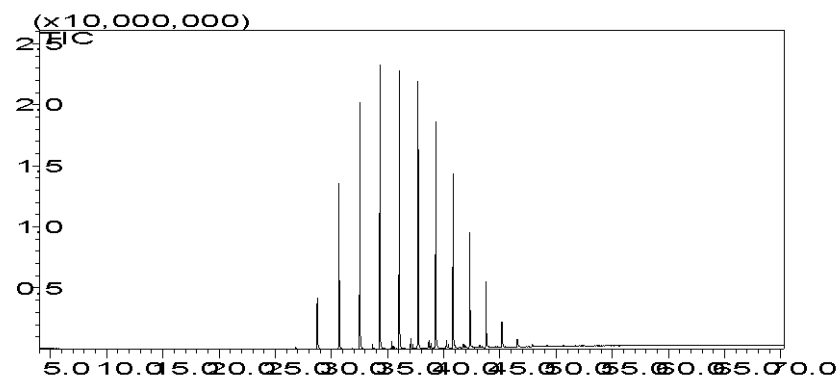
Získává se při destilaci ropy nebo krystalizačním odparafínováním hnědouhelného dehtu, popřípadě se vyrábí katalytickou syntézou. Poprvé jej z dehtu izoloval Karel Ludwig von Reichenbach v Blansku v roce 1833. Teplota tání se pohybuje od 42 °C (parafin měkký) do 65 °C (parafin tvrdý) i výše, teplota varu je zhruba 300 °C. Parafin je směs pevných uhlovodíků řady C_nH_{2n+2} (alifatických-rovinných) (alkanů).

Boskovice, kostel sv. Jakuba

(krypta Morkovských ze Zástřizl)



Parafin patrně z doby
otevření krypty r. 1912

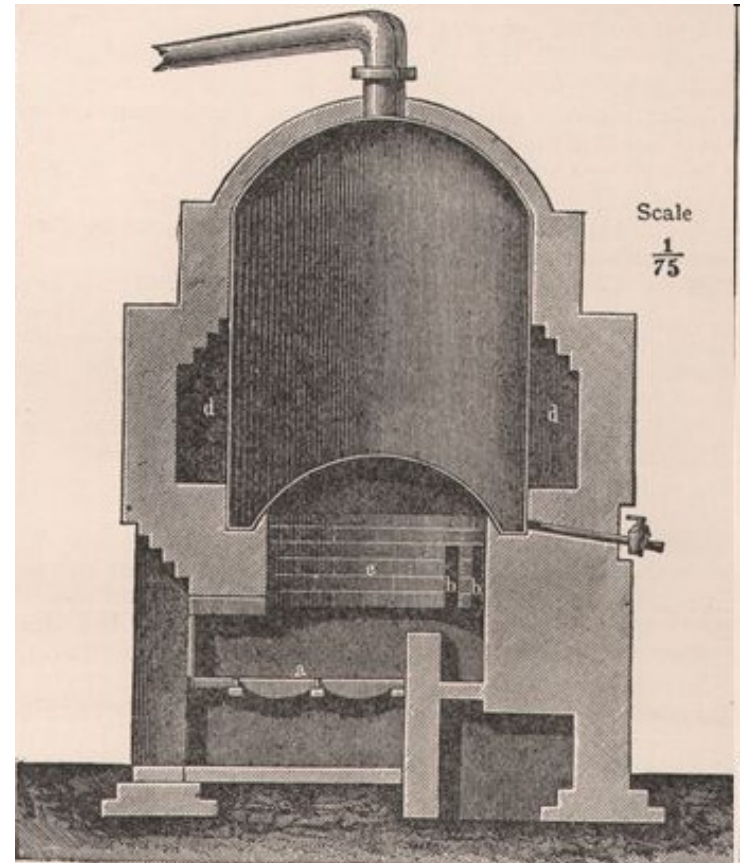


MS spektrum n-pentakosanu ($C_{25}H_{52}$, 5. pík zepředu) ze vzorku z helmice

Kamenouhelný dehet

Suchou destilací černého uhlí

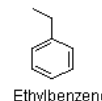
Uhelný kreosot, kreosotový olej



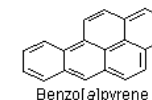
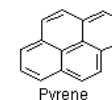
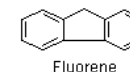
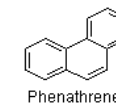
Kamenouhelný dehet

Aromatic Hydrocarbons

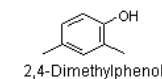
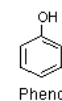
BTEX



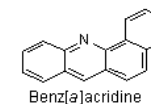
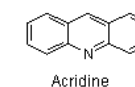
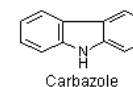
Non-heterocyclic PAHs



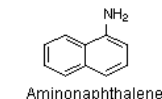
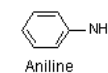
Tar Acids / Phenolics



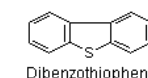
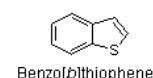
Tar Bases / Nitrogen-containing Heterocycles



Aromatic Amines



Sulfur-containing Heterocycles



Oxygen-containing Heterocycles

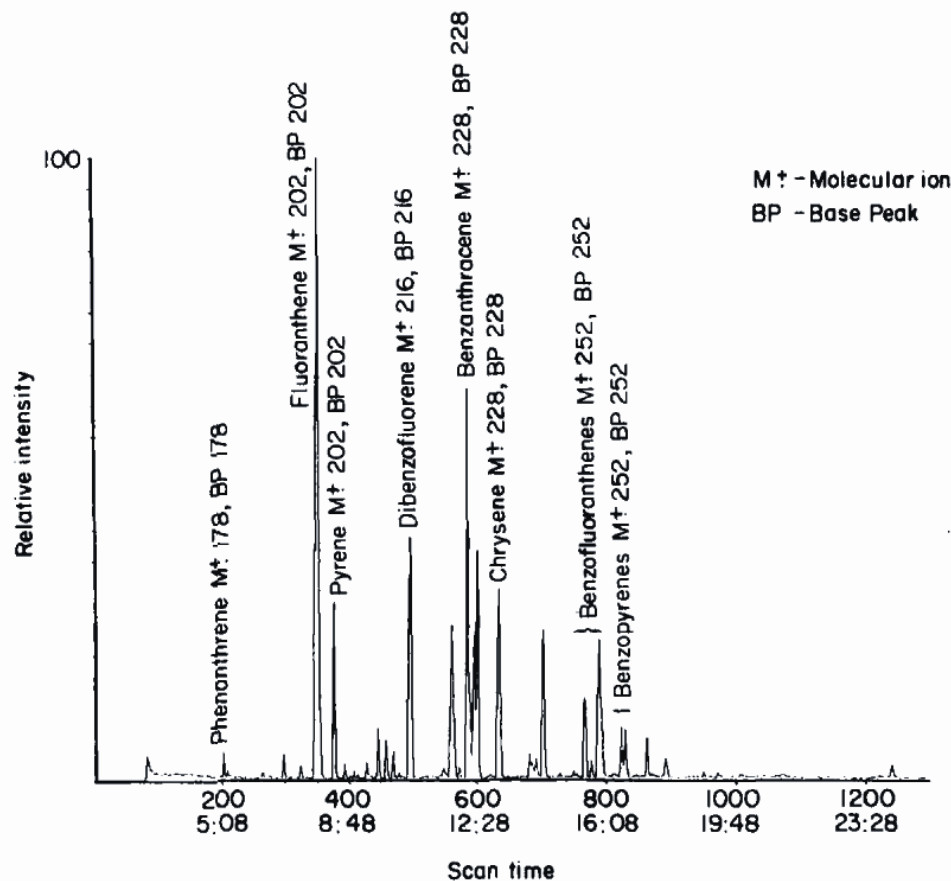
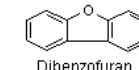
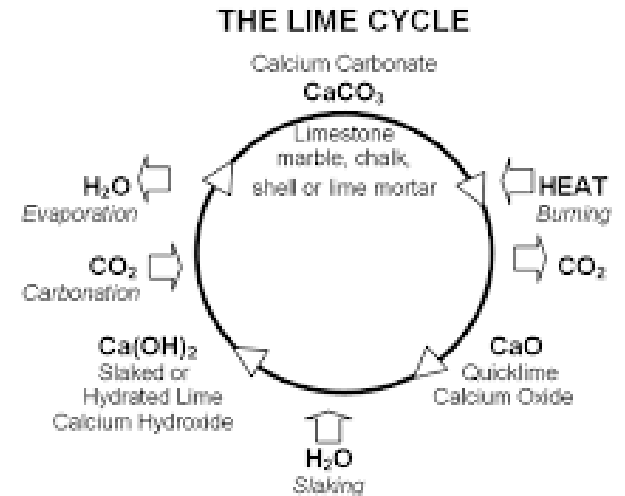
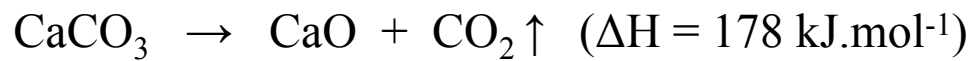


Figure 1. Total ion current (TIC) chromatogram given by the solvent washing of caulking material from the Tredunnoc boat.

Výroba vápna

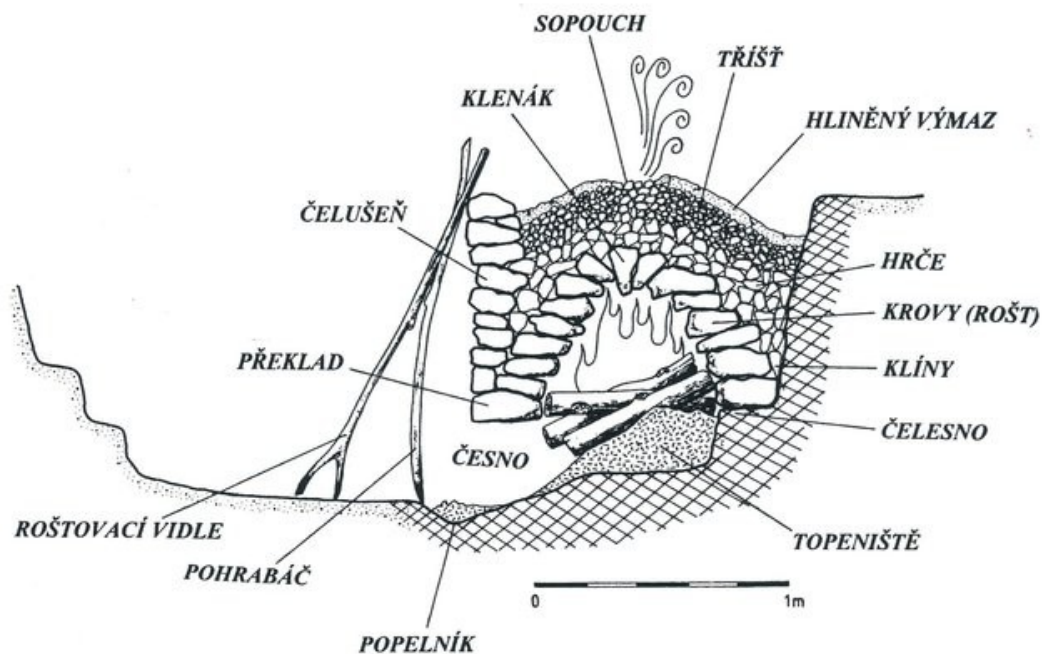
– jedna ze základních surovin ve stavebnictví



Hrubá Vrbka ("Za Bařinou,,"), (doba římská)

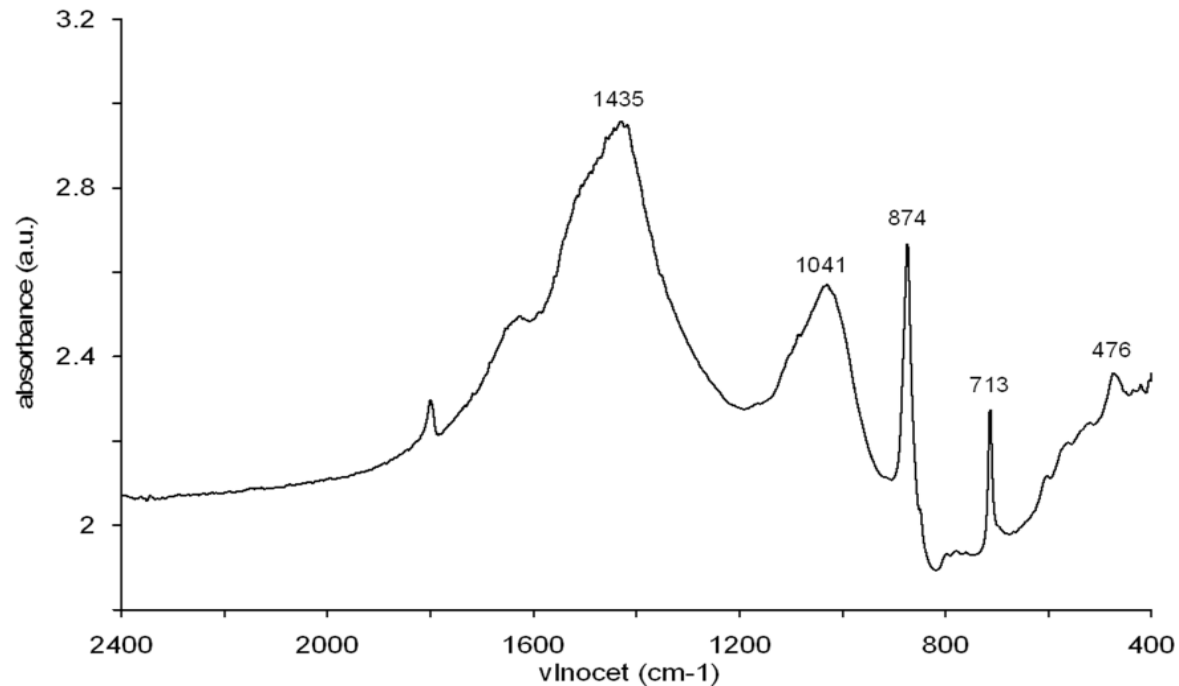
- osídlení ze starší a pozdní doby římské. Kromě zařízení na výrobu a zpracování vápna byl na lokalitě prozkoumán jednoprostorový zahluubený objekt s typickou šestikúlovou konstrukcí po obvodu (tzv. chata) s bohatým inventářem (např. skleněné korálky, hřeben atd.).

Kanálová pec pracuje na principu žíhání vápence (CaCO_3) dlouhým plamenem (750 - 1000 C), který pozvolna prostupuje samonosnou kamennou klenbou, zbudovanou rovněž z vápence. Vysoká teplota způsobuje únik CO_2 za vzniku CaO . K výpalu jednokanálové pece o výrobním objemu cca 0,8 - 1,0 m³ vápence bylo spotřebováno cca 2 - 4 m³ dřeva.



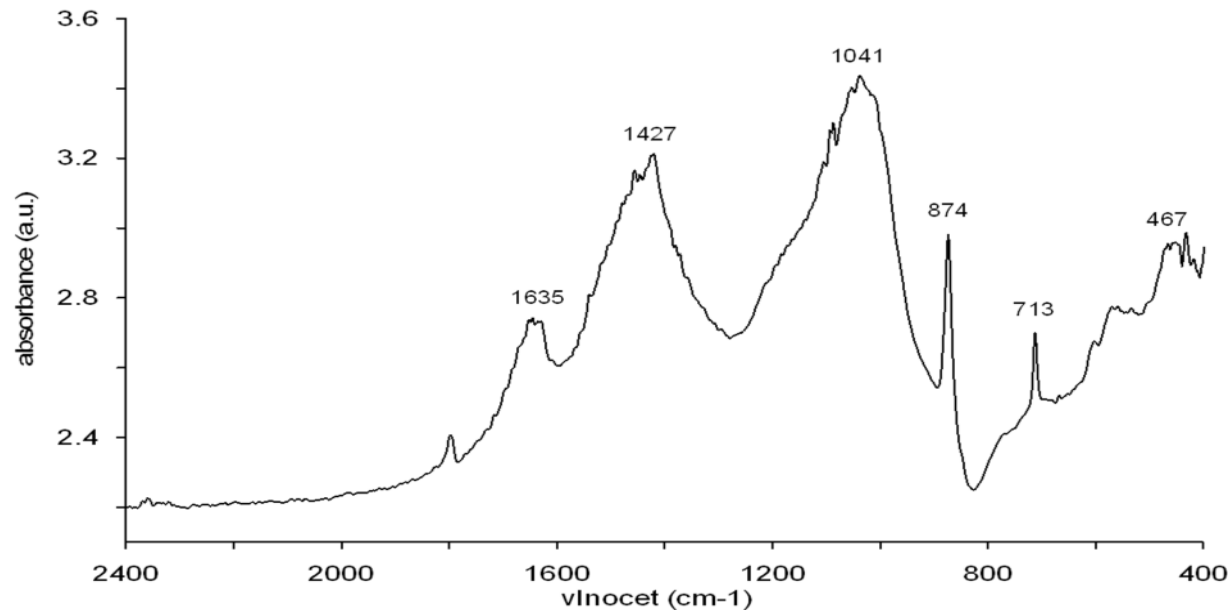
Hrubá Vrbka

(doba římská)



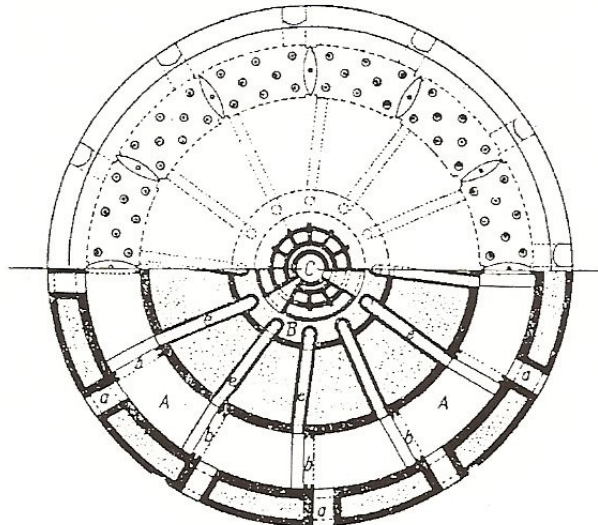
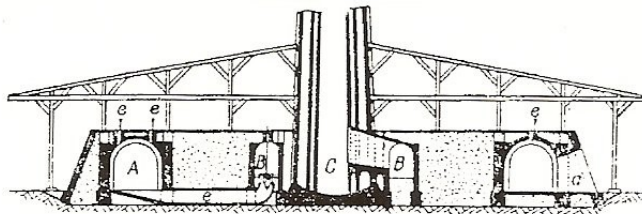
Infračervená spektrometrie

Pásky uhlíčitanu a křemičitanu indikují vysoký obsah křemene ve vzorku. Jde patrně o **výrobní odpad**.



Kruhová pec

Teplo z vypáleného vápna se využívalo k předehřátí spalovacího vzduchu a tepla zplodin hoření se využívalo k předehřátí vápence. Peciště tvořil souvislý kanál, který umožňoval stálý a nepřetržitý postup ohně. Zdivo pece mělo v určitých místech navážecí a vyvážecí otvory, které pec rozdělovaly na určitý počet komor. Každá komora měla otvor pro odvádění spalin z pece. Palivo se přikládalo otvory v klenbě tzv. sypáky, které se uzavíraly litinovými poklopy. Pod sypáky se z vápence skládaly topné šachtice, ve kterých se přikládané palivo spalovalo. Jako palivo se používal uhelný prach.



Obr. 1. Původní Hoffmannova kruhovka: *a* – dveře kruhového peciště, *A* – kruhové peciště, *b* – přepážky, *B* – sběrač kouře, *C* – komín, *e* – podzemní odtah do sběrače kouře, *f* – sypáky paliva.

Poslední kruhové vápenky ukončily provoz v 60. letech 20. století.

Šachtová pec

Používá se ve dvou provedeních.

První variantou je **pec s vnějším topením**, kdy je jako palivo použit plyn a jeho spalování probíhá v několika řadách hořáků v různé výšce.

Druhou je pak **pec s vnitřním vytápěním**. Při použití tohoto způsobu se pec střídavě plní vrstvou koksu a vápence a nebo se plní jejich směsí.

