

# Datování kvartéčních sedimentů - vybrané metody

## Datovací metody - úvod

**1. Odhad stáří sedimentů** – dva typy, zjištění stáří fosilií, sedimentů, tvrdých hornin, údaje v letech BP (before present):

**Radiometrické metody**



radioakt. rozpad nestabilních chem. prvků ale i např. porušení krystalové mřížky působením radiace

**Přírůstkové  
(inkrementační)  
metody**



měření pravidelných akumulací sedimentu nebo biologického materiálu v průběhu času

**2. Rovnost stáří stratigr. význ. horizontů** - usazeny i ve zcela odlišných stratigr. sekvencích. Někdy - i globálně synchronní horizonty – lze korelovat stejný horizont, i značně vzdálený (tj. nepřímá korelace).

**3. Relativní stáří nebo relativní vrstevní sled** - zákon superpozice za užití studia fosilií, někdy využití stupně degradace nebo přeměny látek (v čase).

# Datovací metody - úvod

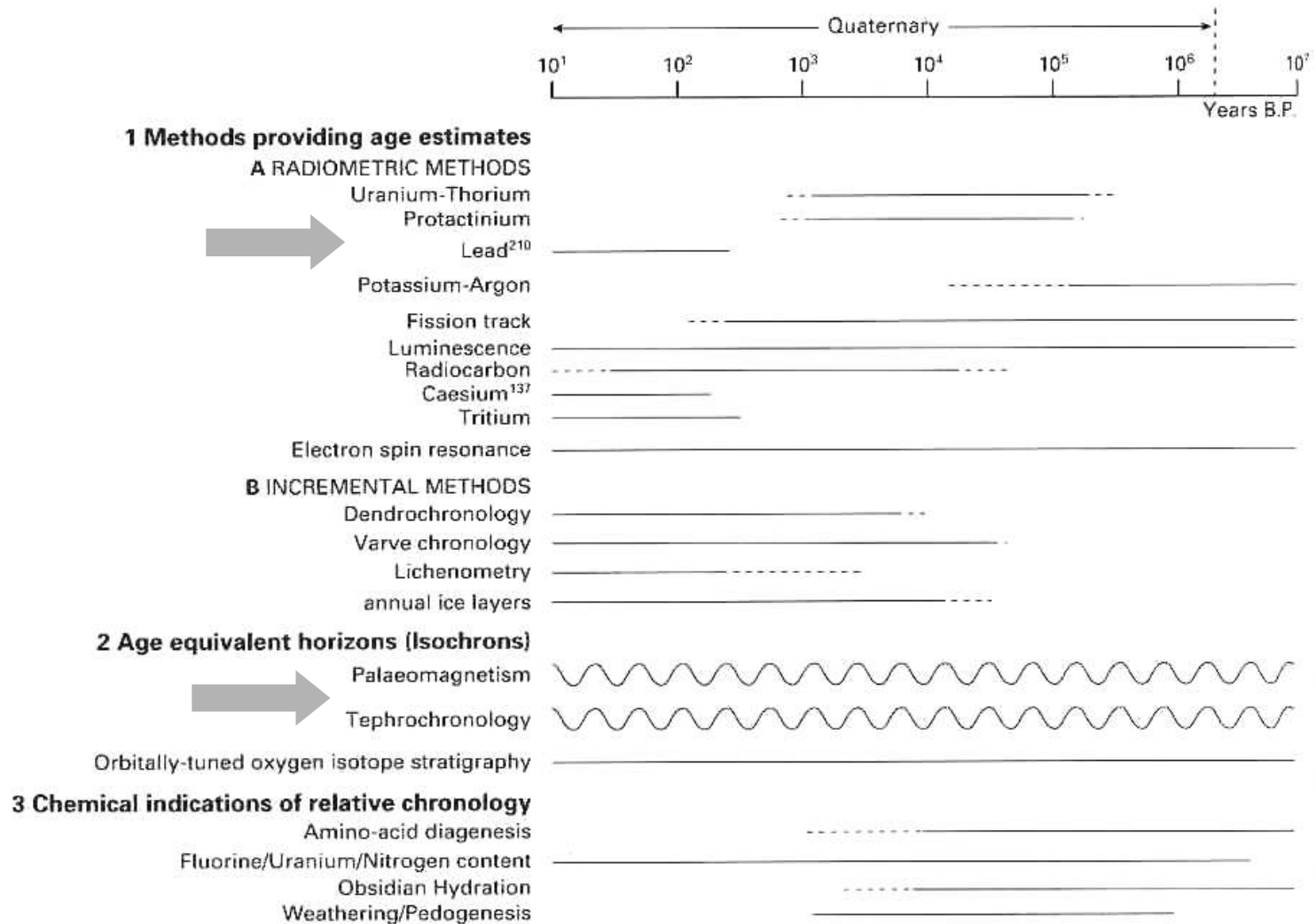


Figure 5.1 Ranges of the various dating methods discussed in the text. Broken lines show possible extensions with further improvements in techniques; wavy lines indicate that dating is limited to specific time intervals within the Quaternary.

# Jádro a radioaktivita

Typy rozpadu

**Jednoduchý rozpad** –  
matečný nuklid → dceřiný  
nuklid

**Řetězový rozpad** – přeměna  
nuklidu s nejvyšším  
atomovým číslem na stabilní  
nuklid – více mezičlánků,  
např. rozpad U

Konstanta rozpadu –  $\lambda$  = počet přeměn za  
jednotku času, je to pravděpodobnost  
rozpadu daného atomu v daném čase:

$$-\frac{\delta N}{\delta t} = \lambda N$$

$N$  - počet atomů  
 $t$  - časová konstanta  
 $\lambda$  - konstanta rozpadu  
nuklidu

## Poločas rozpadu

$$(t_{0,5}) = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

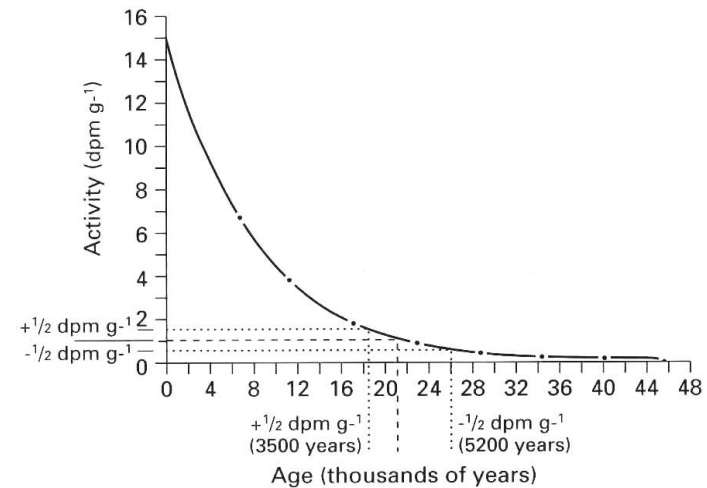


Figure 5.3 Decay curve for radiocarbon. For explanation see sections 5.3.2.1 and 5.3.2.2.

# Radiokarbonové datování

**Při datování** – předpoklad uzavřenosti systému (ideální případ):

- v iničiálním stadiu nejsou přítomny žádné dceřiné nuklidy
- nedochází k žádným vedlejším akumulacím či ztrátám matečných a dceřiných nuklidů

Radiometrické hodiny – „akumulační hodiny“ – vzrůstající množství nuklidu v čase

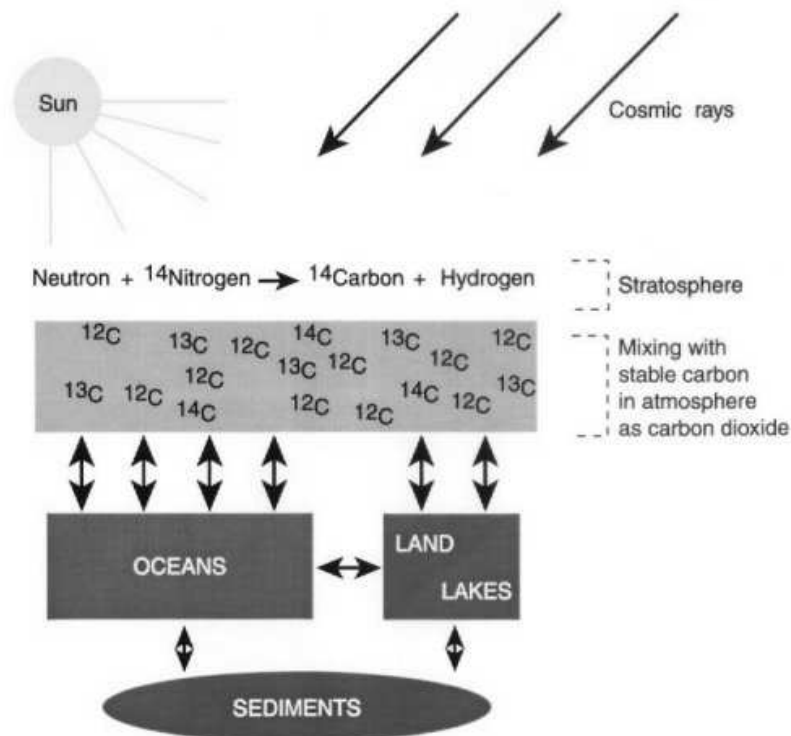
## Radiokarbonové datování

(7 neutronů + 7 protonů)  $^{14}\text{N}$  + neutron  $\rightarrow$   
(8 neutronů + 6 protonů)  $^{14}\text{C}$  + proton



(8 neutronů + 6 protonů)  $^{14}\text{C}$   $\rightarrow$  7 neutronů  
+ 7 protonů)  $^{14}\text{N}$  +  $\beta^-$

Akumulace  $^{14}\text{C}$  v různých globálních rezervoárech



## Radiokarbonové datování

### Původní předpoklady

- produkce  $^{14}\text{C}$  je v průběhu času konstantní
- $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  v biosféře a hydrosféře je v rovnováze s atmosférickým poměrem
- rychlost rozpadu  $^{14}\text{C}$  je stálá
- od smrti organismu se systém považuje za uzavřený

Aktivita  $^{14}\text{C}$  v atmosféře – cca 15 dpm.g<sup>-1</sup>, tato aktivita poloviční každých cca 5700 let, dnes se předpokládá asi 5570  $\pm$  30 let



absorpce  $\text{CO}_2$  pro stavbu tkání

rovnováha s atmosférickým  $\text{CO}_2$ ,  $^{14}\text{C}$  v izotopické rovnováze se soudobou atmosférou

rozpad  $^{14}\text{C}$  v organických tkáních, bez přísunu dalšího z atmosféry



- stanovení reziduální aktivity  $^{14}\text{C}$

# Měření aktivity $^{14}\text{C}$

## Srovnávací standardy pro $^{14}\text{C}$ datování

- kyselina šťavelová (drženo v American Bureau of Standards).
- sacharóza (ANU - Australian National University)
- vzorek papírové celulózy (IAEA - International Atomic Energy Agency).

$$R = \frac{1}{\lambda} \log_e \left( \frac{A_0}{A} \right)$$

$\lambda$  - konstanta rozpadu  $^{14}\text{C}$

$A_0$  – aktivita  $^{14}\text{C}$  (refer. standard)

$A$  – aktivita  $^{14}\text{C}$  ve vzorku neznámého stáří

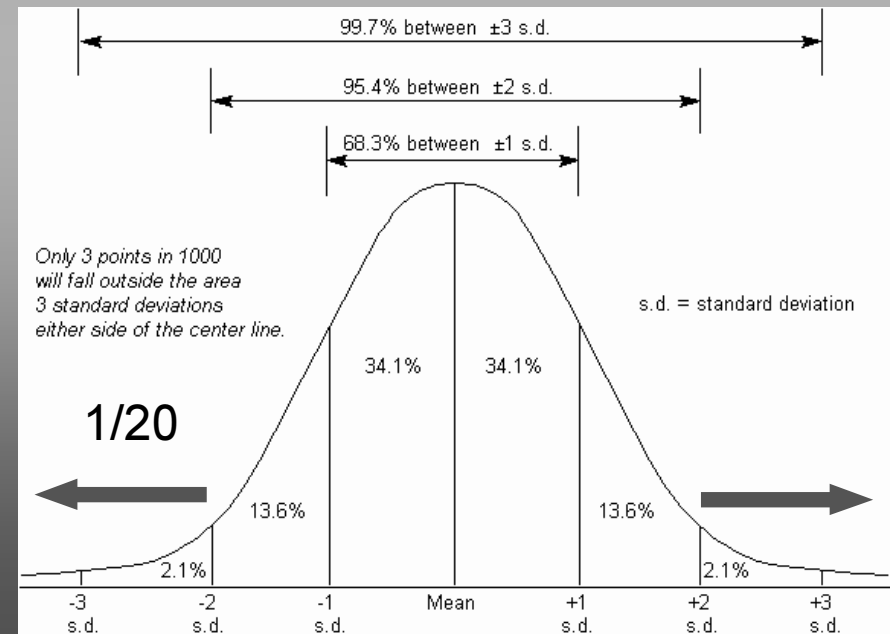
## Faktory ovlivňující určení aktivity vzorků

- množství vzorku
- poměr zředění (u malých vzorků)
- atmosférický tlak
- ztráta vzorku během počítání

**Vzorek:  $2000 \pm 100$  let**

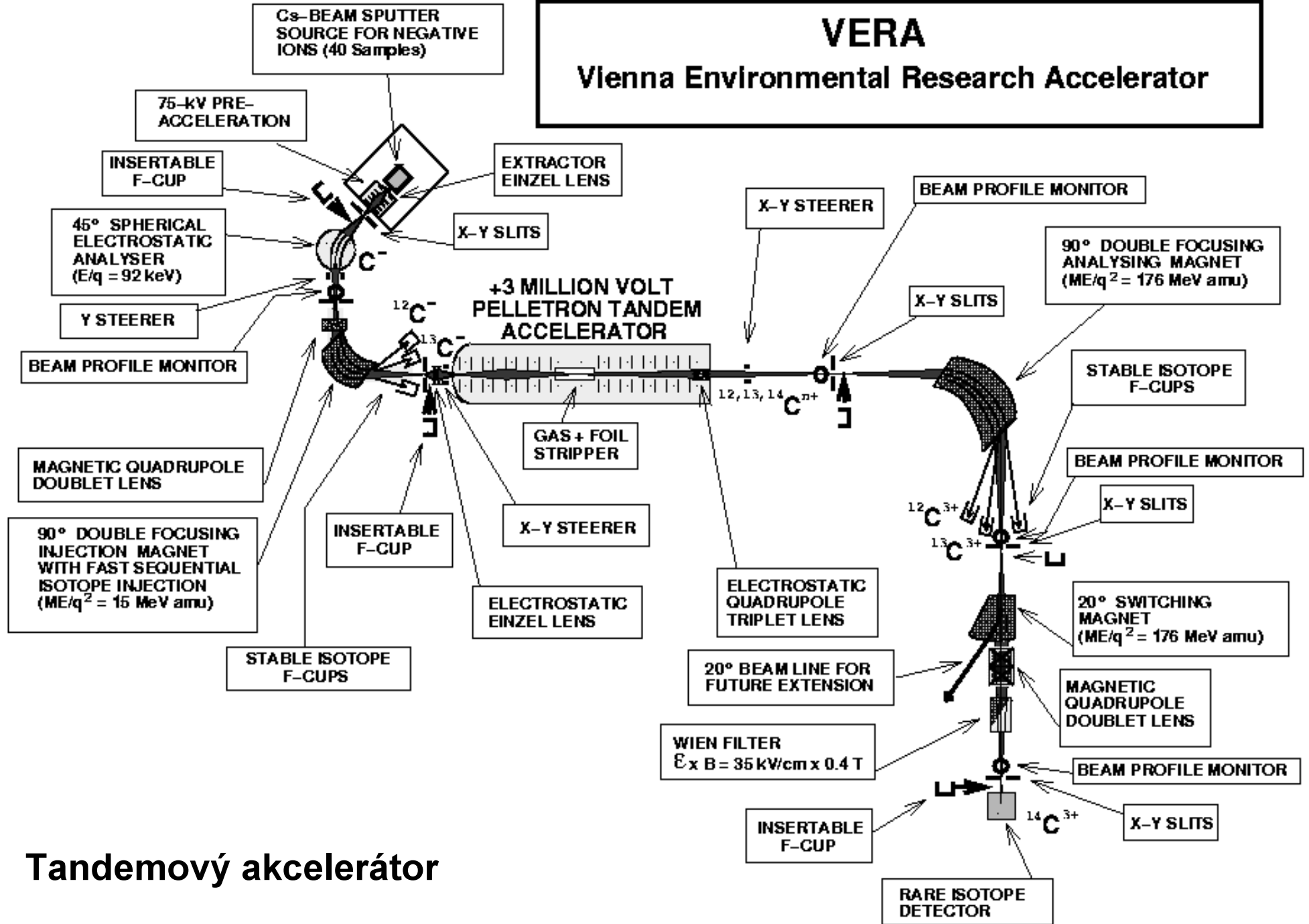
mezi 1900 a 2100 lety  $\rightarrow P = 68 \%$

mezi 1800 a 2200 lety  $\rightarrow P = 95 \%$



# VERA

## Vienna Environmental Research Accelerator



Tandemový akcelerátor



## Měření aktivity $^{14}\text{C}$

### Stáří vzorku

$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  měřeného vzorku – srovnán se standardem (tj. materiálem známé aktivity, např. kyselina šťavelová). Poměr vzorku / moderního standardu → možno určit stáří v letech BP

### Nevýhoda AMS

- vysoká cena analýz
- jen málo laboratoří (jen jedna v Británii)

### Výhody AMS-datování

- velmi malé vzorky – stačí asi 1 mg organického C nebo i méně oproti 1-10 g (výjimečně 10-100 mg) organického C u konvenčních metod. Konvenční metody - příliš dlouhé počítání (až měsíce oproti dnům u AMS)
- časové hledisko – AMS datování může u vzorků trvat i hodiny, u konvenčních metod jsou to dny. AMS laboratoře jsou schopny datovat více než 1000 analýz za rok.

## K-Ar a Ar-Ar datování

### K-Ar-datování - měření stáří vulkanických hornin

$^{40}\text{Ca}$  je v přírodě tak všudypřítomný, že není možno odlišit atomy  $^{40}\text{Ca}$  vyprodukované rozkladem  $^{40}\text{K}$  od těch, které byly přítomny v hornině již v době jejich vzniku

měření množství  $^{40}\text{Ar}$  ve vulkanických horninách → doba, která uplynula od vzniku horniny

### Předpoklady

- $^{40}\text{Ar}$  původně zcela chyběl
- systém byl pro  $^{40}\text{Ar}$  i  $^{40}\text{K}$  po krystalizaci zcela uzavřený

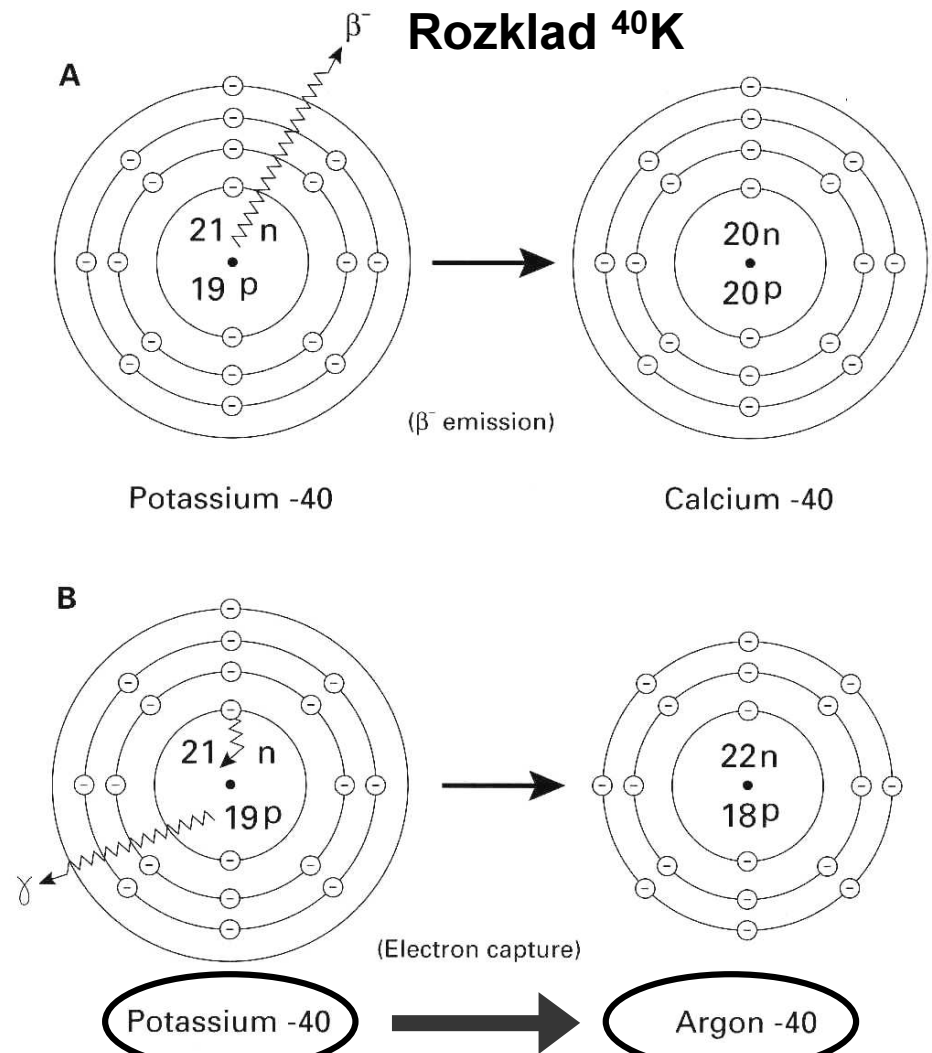


Figure 5.5 Branching decay of  $^{40}\text{K}$ . A. Conversion of atoms of  $^{40}\text{K}$  to  $^{40}\text{Ca}$  through the emission of a  $\beta^-$  particle from the nucleus. B. Conversion of  $^{40}\text{K}$  to  $^{40}\text{Ar}$  through electron capture by the nucleus from one of the electron shells.

# K-Ar a Ar-Ar datování

## Využití K-Ar datování

1.  $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$  - využití pro vulkanické a metamorfované horniny, sedimentární horniny nejsou schopny zadržet Ar

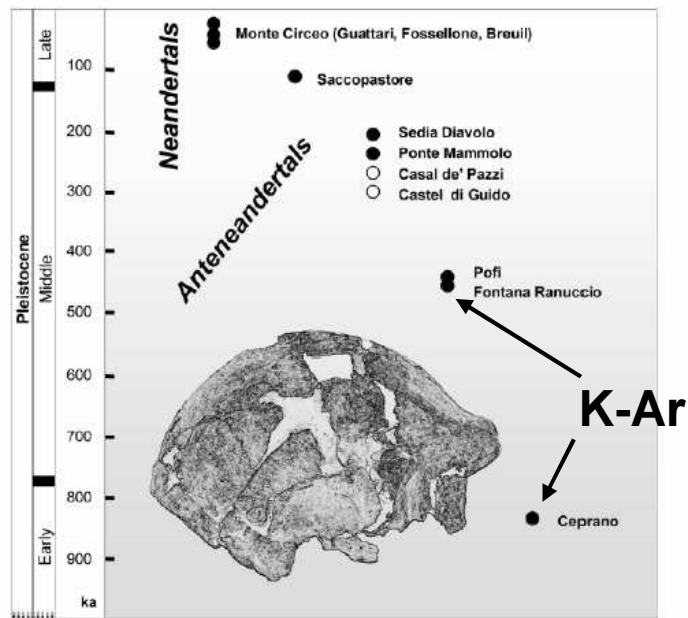


Fig.1 - Chronological inventory of sites in Latium with fossil human remains before the emergence of *Homo sapiens*; filled circles indicate discoveries due to the activity of the Italian Institute of Human Paleontology; "ka" is for thousands years before present. A drawing in right lateral view of the archaic cranium from Ceprano is also reported.

## $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ datování

Výhoda - měření stáří na velmi malých vzorcích, často méně než 10 g (např. tefry). Nejvhodnější pro datování vzorků mladších než 30 ka BP

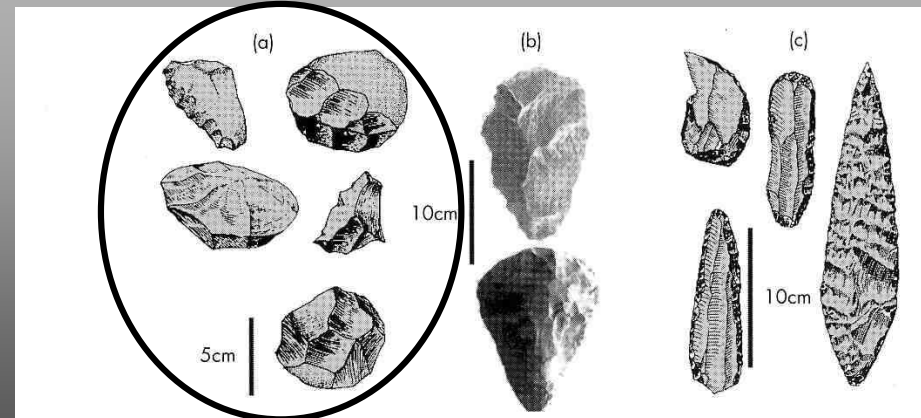


Figure 9.1 (a) An Oldowan tool kit, (b) bi-face hand axes, (c) stone tool kit from 30 thousand years ago.

# Datování uranových řad

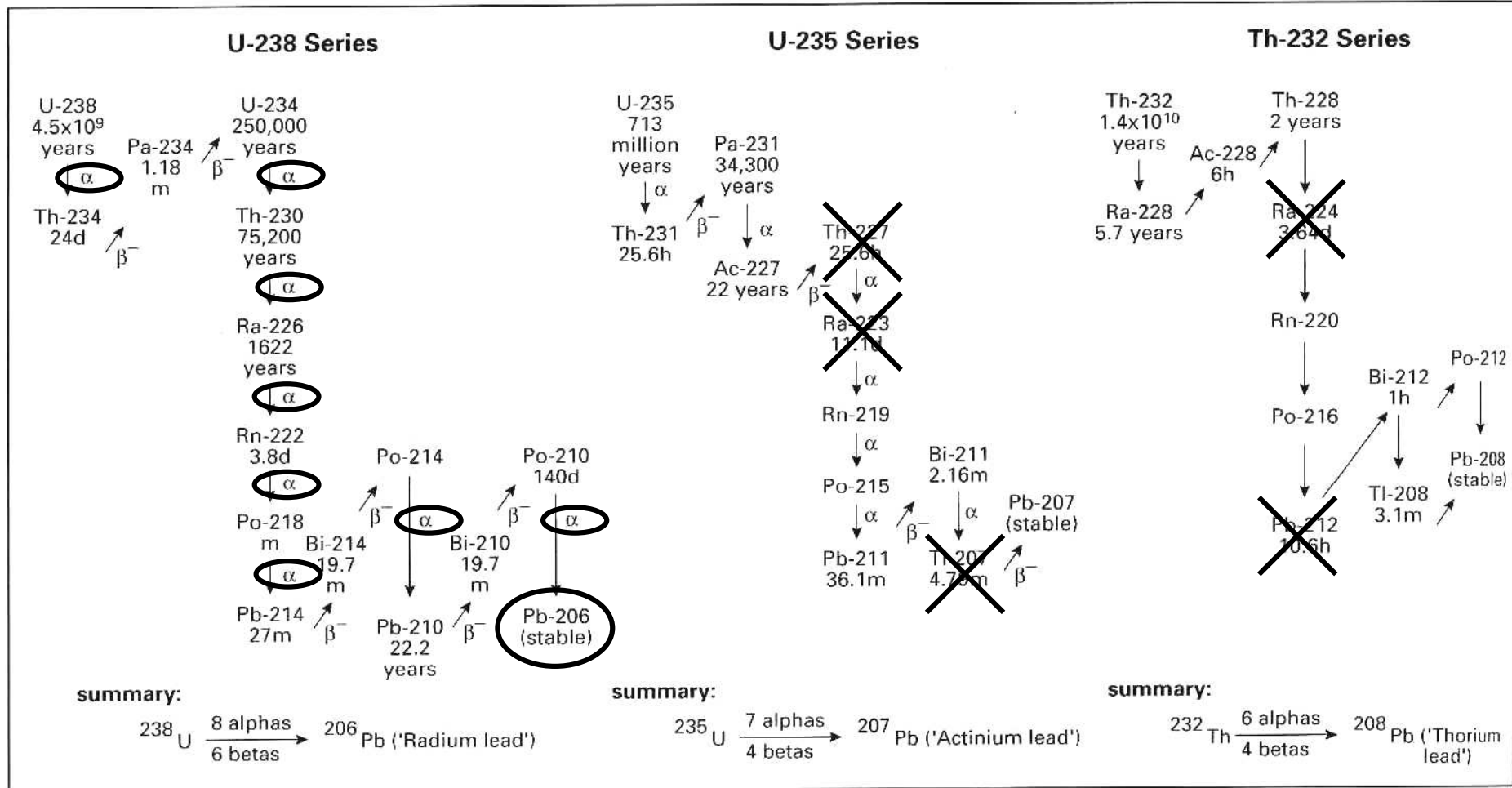
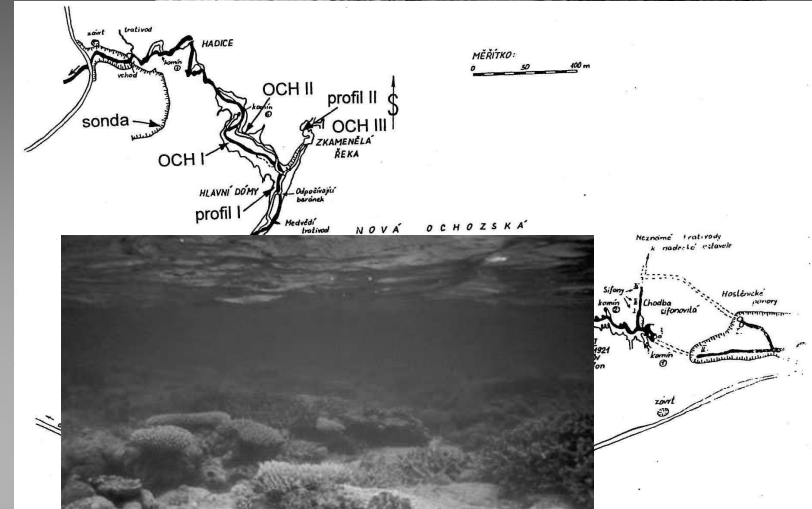


Figure 5.6 Chain decay pathways and half-lives of intermediate nuclides during the decay of <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U and <sup>232</sup>Th to stable lead. The elements are arranged vertically according to atomic number. Loss of an α particle leads to a decrease in atomic number, whereas emission of a β particle leads to an increase. Some of the very short-lived nuclides within the decay chain have been omitted (d = days; h = hours; m = minutes).

# Aplikace datování U-řad

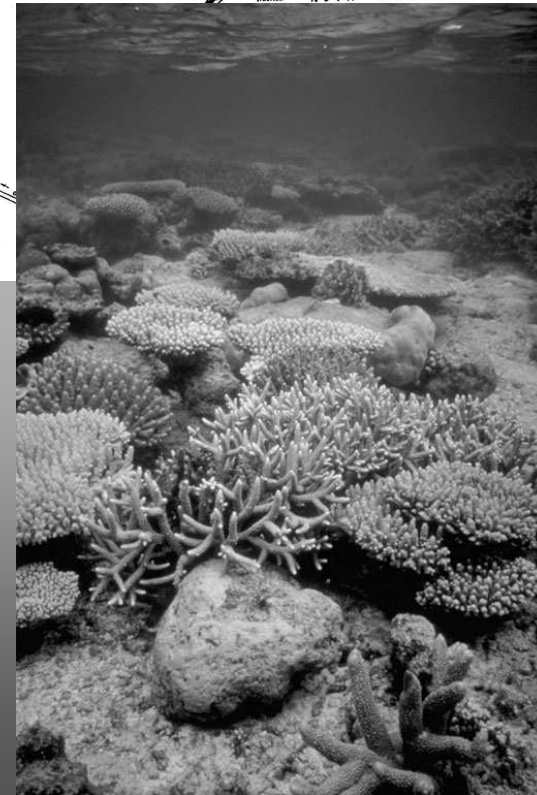
## Speleotémy

$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -datování - značný paleoklimatický význam.  $^{234}\text{U}$  - sráží se z krasových vod během tvorby speleotém -  $^{234}\text{U} \rightarrow ^{230}\text{Th}$ .  
Datování speleotém – chronologie klimatických změn, jeskynní archeologie, jeskynní paleontologie, jeskynní geomorfologie, změny hladiny moře... Aplikace  $^{234}\text{U}/^{230}\text{U}$  - datování speleotémových karbonátů přesahujících 350 ka BP



## Koráli

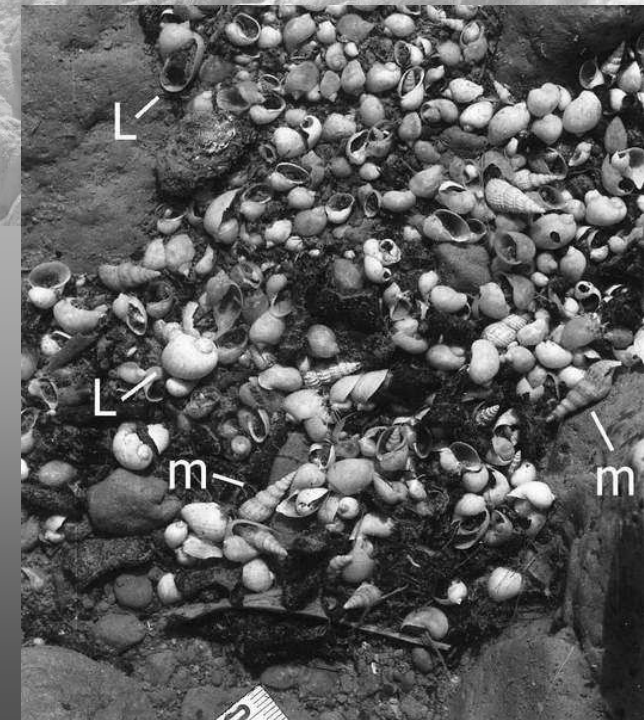
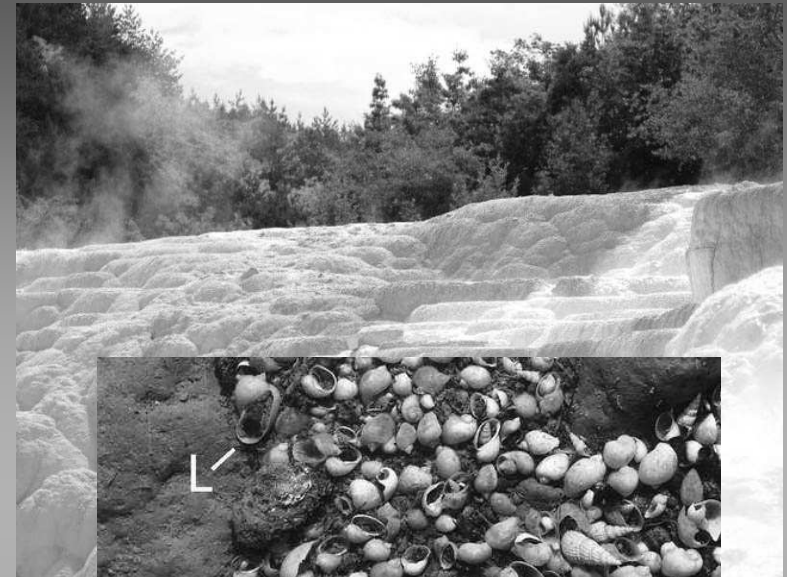
kostry korálů - uzavřený systém až do doby, dokud není korál rozpuštěn nebo nedojde k přeměně kalcitu. Dostatečné množství U (2-3 ppm) pro aplikaci metod  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  a  $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ ; možnost kontroly nezávislých rozpadových řad; U-datování korálových útesů - základ chronologie fluktuací hladiny moře



## Aplikace datování U-řad

### Karbonátové usazeniny

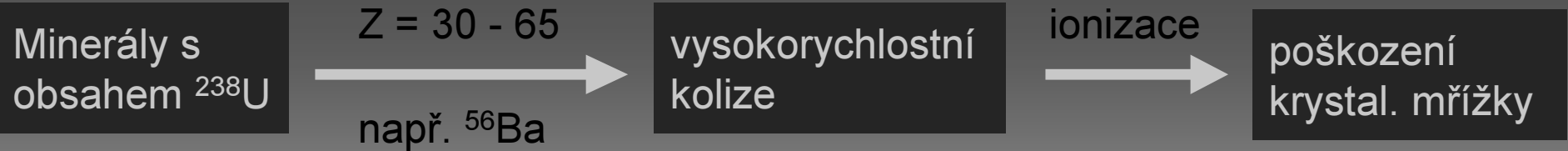
travertiny, usazeniny křídý, jezerní vápenaté jíly, stromatolity, fosfáty, evapority. U vysrážený v době usazování. Využití - chronologie změn jezer. hladin, datování subglac. kalcitu, datování travertinů vzniklých během posledního studeného období v Izraeli



### Měkkýši

malé množství U (např. 1/50 obsahu U v korálech), neuzavřený systém (diagenéze schránek → ztráty U). Využití - datování těch sedimentů, ve kterých chybí útesoví koráli, např. hojné schránky měkkýšů z některých hlubokomořských vrtů, stáří je však orientační.

## Datování metodou Fission Track (stop štěpení)



počet stop (fission tracks - FT) - funkce jak obsahu U, tak i času.

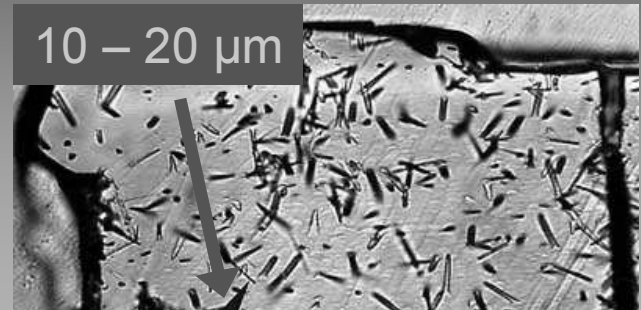
apatit

slída

titanit

zirkon

sklo



### Postup

- vyleštění vzorku + naleptání povrchu
- ozáření v atomovém reaktoru neutrony  $\rightarrow$  štěpení atomů méně hojného  $^{235}\text{U}$   $\rightarrow$  vznik nových stop
- Naleptání, počítání množství  $^{235}\text{U}$
- koncentrace  $^{238}\text{U}$  zjištěna ze známé  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  z vulkan

### Problémy

- 1 - FT - často  $< 10 \mu\text{m}$
- 2 - smazány FT vlivem zahřátí (stáří považováno za minimální)
- 3 - FT nelze použít tam, kde je

Využití - tefrochronologie, zvláště pak cca 50 ka BP (svrchní limit radiokarbonového datování) až do 500 ka BP; datování mikrotektitů terestrického i hlubokomořského původu (získáno z vrtů); datování archeologických nálezů (hominidi ve vých. Africe), datování obsidiánových artefaktů v Jižní Americe.

## Ostatní radiometrické metody

### Izotopy s dlouhou životností

**Berylium-10 a hliník-26.**  $^{26}\text{Al}$  a  $^{10}\text{Be}$   
→ reakce na kosmické záření

**Využití**  $^{26}\text{Al}$  a  $^{10}\text{Be}$  - ve vzorcích křemene - zjištění erozních rychlostí a historie vystavení povrchových materiálů;  $^{10}\text{Be}$ -profily z ledovcových vrtů - podpůrná data pro variabilitu  $^{14}\text{C}$  v atmosféře (možné spojení se slunečními a geomagnetickými změnami);  $^{10}\text{Be}$  peaky (např. 35 ka BP a 60 ka BP) v antarktických ledovcových vrtech - základ pro korelaci severních a jižních ledovcových vrtů.

### Izotopy s krátkou životností

Radioizotopy s mnohem kratší životností - datování svrchní části kvartéru:  $^{210}\text{Pb}$  (22,26 let),  $^{137}\text{Cs}$  (30 let) a  $^{32}\text{Si}$  (asi 300 let).

**Olovo-210.** Radioaktivní rozpad radonu  $^{222}\text{Rn}$  → řada nuklidů včetně  $^{210}\text{Pb}$ .  $^{210}\text{Pb}$  – nestabilní, akumulace v jezerních a mořských usazeninách, v půdách, rašelinách a ledovcovém ledu → rozklad na stabilní  $^{206}\text{Pb}$  (cca 150 let).  $^{210}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$  v profilu usazenin → stáří, které uplynulo od doby, kdy bylo Pb uloženo (možno zjistit i rychlost sedimentace).



# Dendrochronologie

## Obecné principy

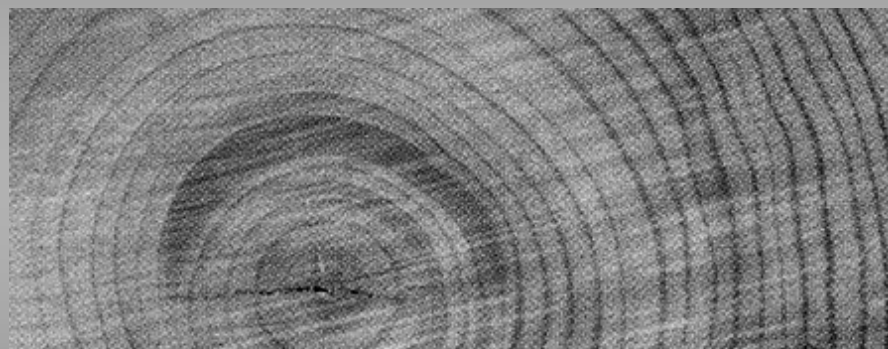
**jehličnaté stromy** – měkké dřeviny, nové buňky → vnější okraje rostliny každou růstovou sezónu. Jarní buňky - větší a tenkostěnné - důsledek vyšších požadavků na zásobování vodou. V průběhu roku - buňky se zmenšují + silnější stěny buněk

**opadavé stromy** - buněčná struktura s větší variabilitou:

**prstencově-porézní** typy - jarní cévy jasně větší než letní (např. dub, jasan, jilm)

**difúzně-porézní** - póry s uniformní velikostí (např. buk, bříza, olše, lípa).  
Dub + borovice = nejvhodnější

**Letokruhy** - jasná linie mezi následnými ročními přírůstky dřeva, lze zjistit stáří stromu.

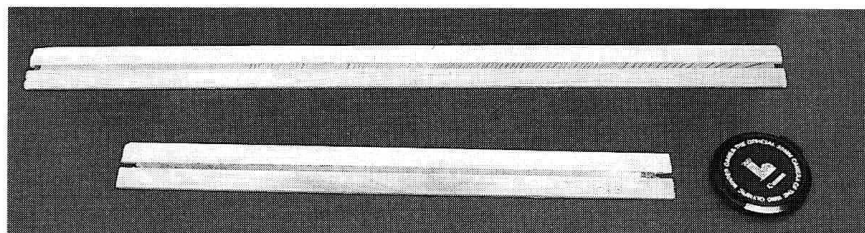


Klima - **stres** = retardovaný růst → užší letokruhy; dobré podmínky = rychlejší růst → letokruhy silnější.  
**Dendroklimatologie** = studium variability klimatu v průběhu krátkého období.

# Dendrochronologie

## Dendrochronologická procedura

**Měření** - studium prstenců v několika radiálních směrech. Žijící stromy - cylindrické vzorky (kovové vrtáčky). Laboratoř - sušení, leštění, fixace, příp. nařezání vlhkých vzorků. Počítání a měření - vizuálně (binokulární mikroskop)



**RTG denzitometrie** – rentgenování řezů + prosvětlení negativů → hustota dřeva → indikace klimatické variace (dokonalejší než šířka letokruhů).

**Křížové datování** - pro menší geografickou oblast - klimatické oscilace charakter šířky letokruhů. Výrazné letokruhy nebo skupiny letokruhů = základ pro křížení se staršími stromy

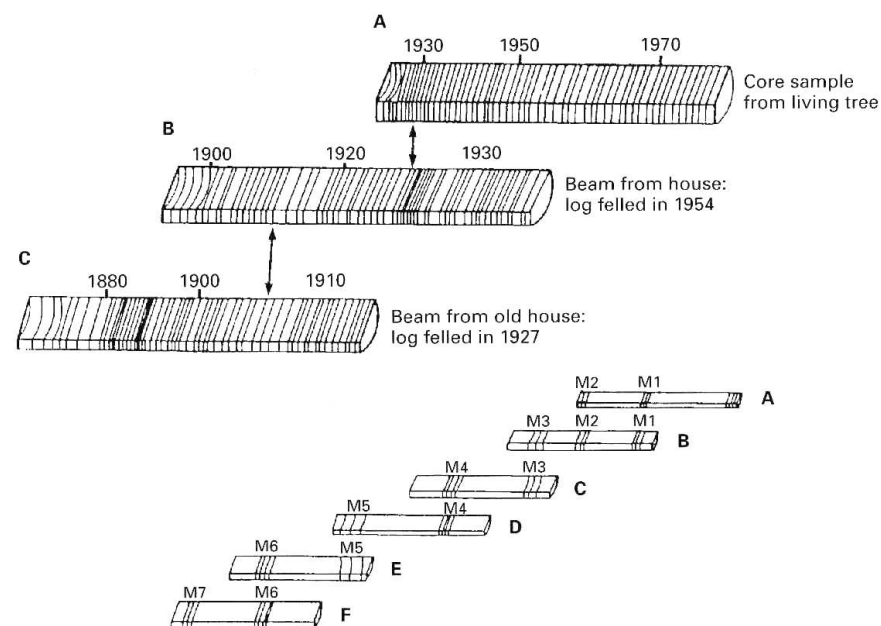
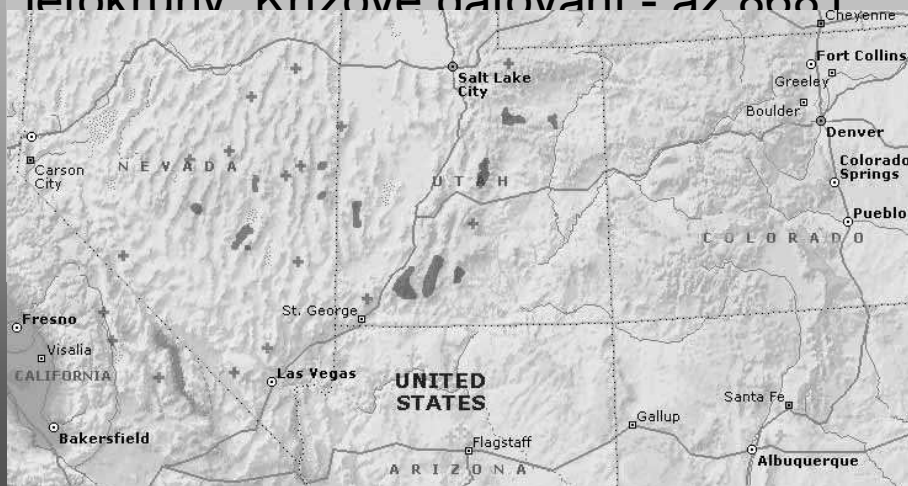


Figure 5.11 Core matching of tree-rings (crossdating). M = marker groups of tree-rings. For explanation see text.

# Dendrochronologie

## Dendrochronologické záznamy

**Severní Amerika – v horách jz. Ameriky** – nejstarší známé stromy, např. borovice *Pinus longaeva* - stáří > 4000 let (výskyt: suchá kamenitá místa, šroubovité, zakrslé). Adaptace na suché prostředí - Sierra Nevada a vých. Kalifornie (White Mountains) až do 4000 m n. m. *Pinus longaeva* – růst pouze 1 až 2 měsíce v roce, velmi úzké letokruhy. Křížové datování - až 8681



**Západní Evropa** – absence tak dlouhověkových stromů, jako je *Pinus longaeva*, křížové datování - pouze na základě recentních a subfossilních stromů (jejich stáří 100-200 let). Nejužívanější druhy – duby (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) a borovice (*Pinus sylvestris*). Dendrologické záznamy – **močály**, vyzvednuté **rašelinné kupy**, **říční štěrky**. Nejdelší chronologie – na základě dubu (Irsko) – 7172 let BP, v Německu – 6255 BC / 8205 BP; 8021 BC / 9971 BP



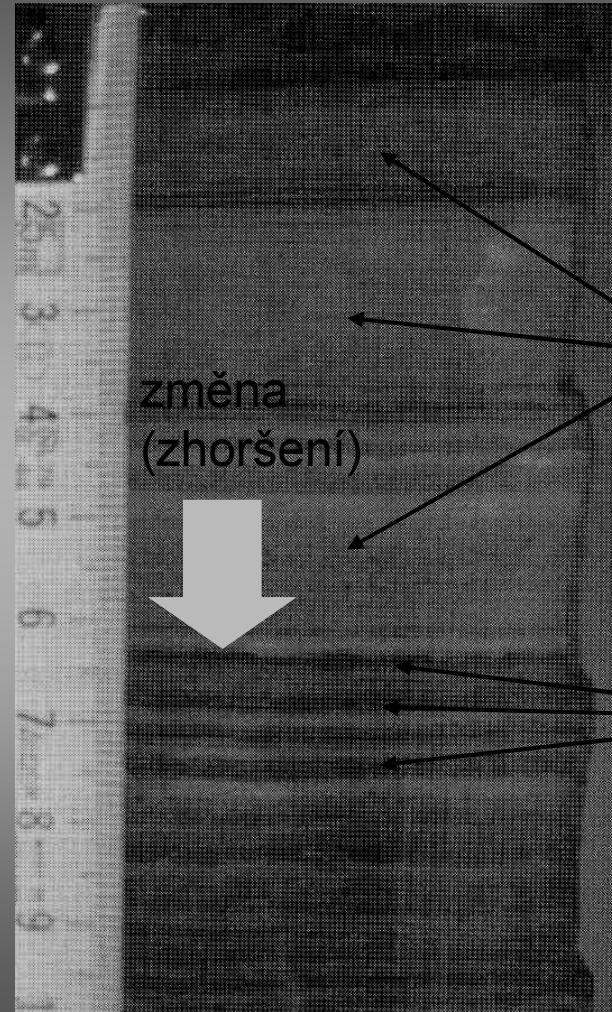
# Varvová chronologie

## Svrchní holocén – západní Finsko

### Problémy

nepříznivý vývoj počasí -  
redukováný vstup sedimentů,  
redukce biomasy v létě (absence  
vrstviček); erozní činnost. Více  
vrstviček v průběhu 1 roku –  
epizodická sedimentace lokálních  
větrných proudů; každodenní  
variace - hrubší materiál ve dne,  
jemnější v noci; tubriditní proudy -  
písčité vrstvičky uvnitř zimních  
siltových a jílovitých vrstviček  
glaciolakustrinních varv; záplavy.  
Varvy - aplikovatelné pouze na  
omezenou geografickou oblast

## Jezero Heinälampi, Finsko



léto –  
planktonické  
diatomity

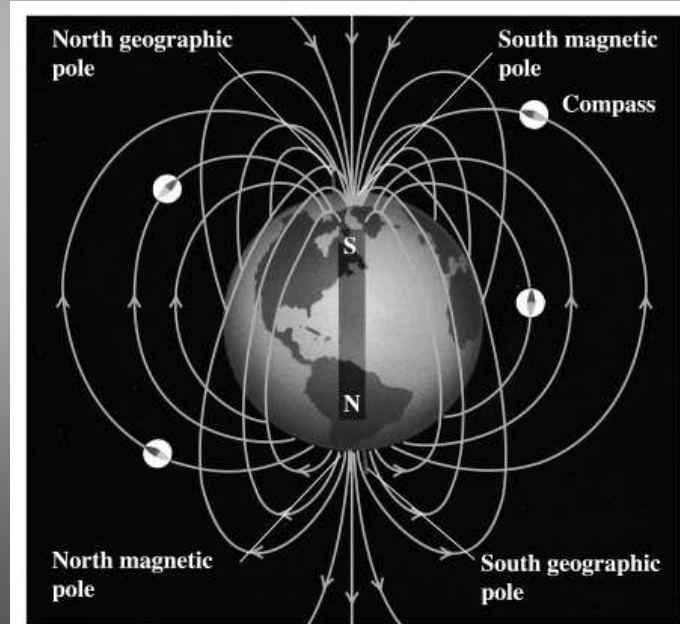
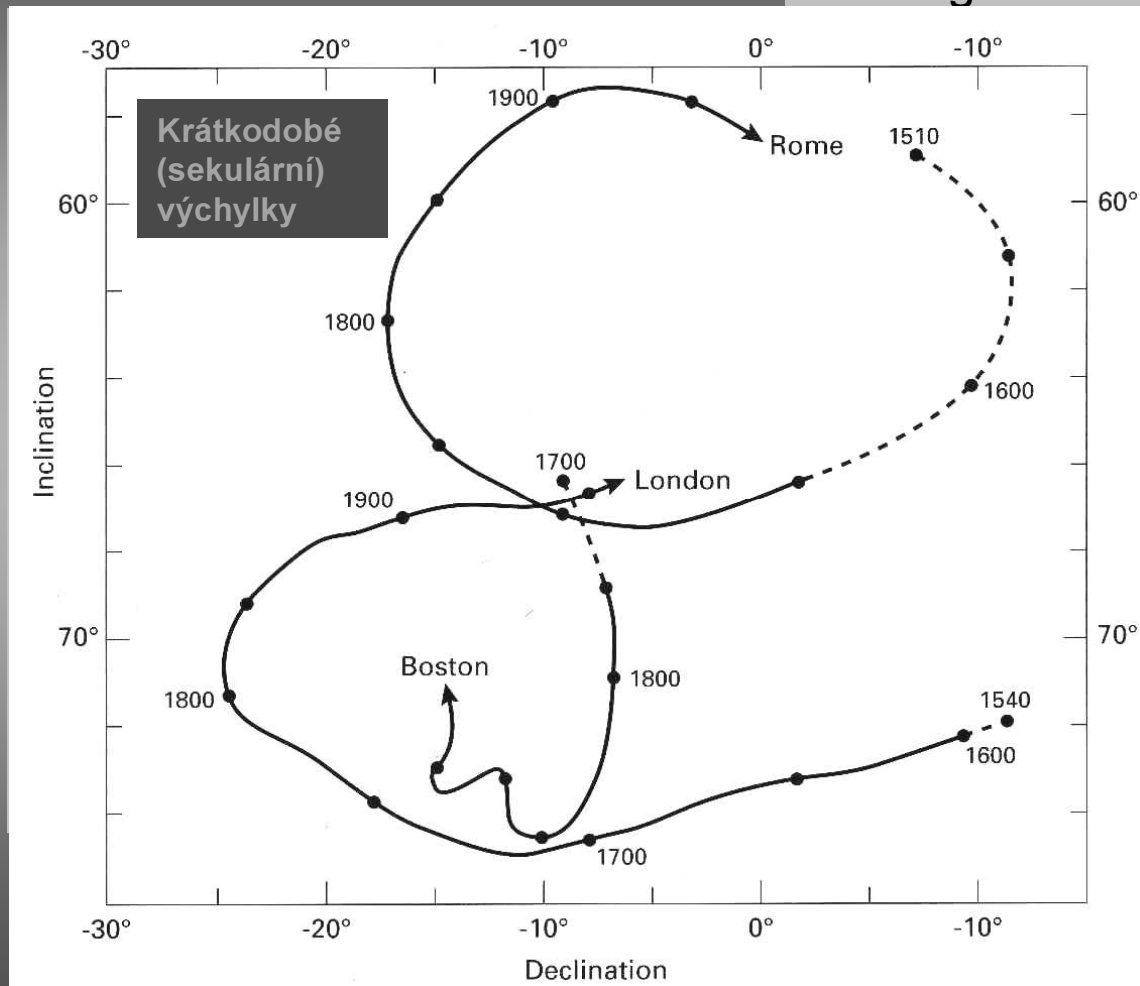
podzim, zima,  
jaro – bez  
diatomitů

# Paleomagnetismus

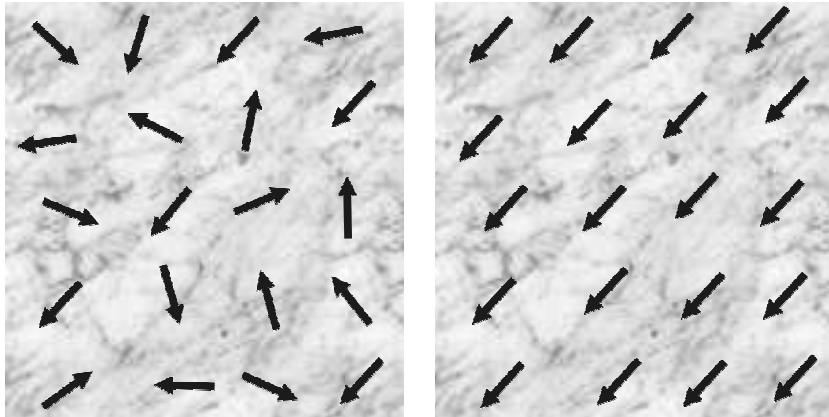
## Rovnost stáří významných horizontů

## Paleomagnetismus

- magnetické pole Země - generováno proudy uvnitř zemského jádra
- odchylka magnetické jehly od polohy
- odchylka magnetické jehly od severu (ukazuje magnetický pól)



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

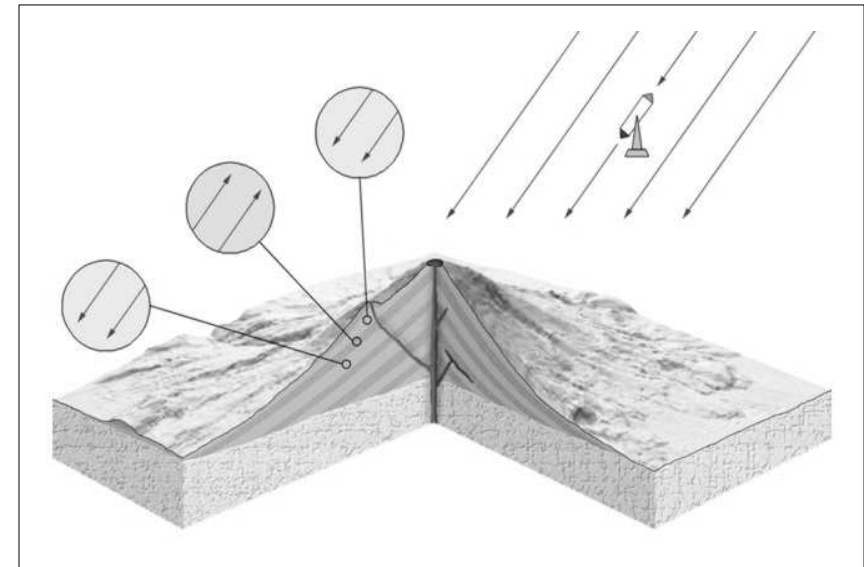


vyvřelé horniny - **TRM** - **termorenanentní magnetizace** - tekutá láva získává magnetizaci paralelní se Zemským magnetickým polem během svého tuhnutí

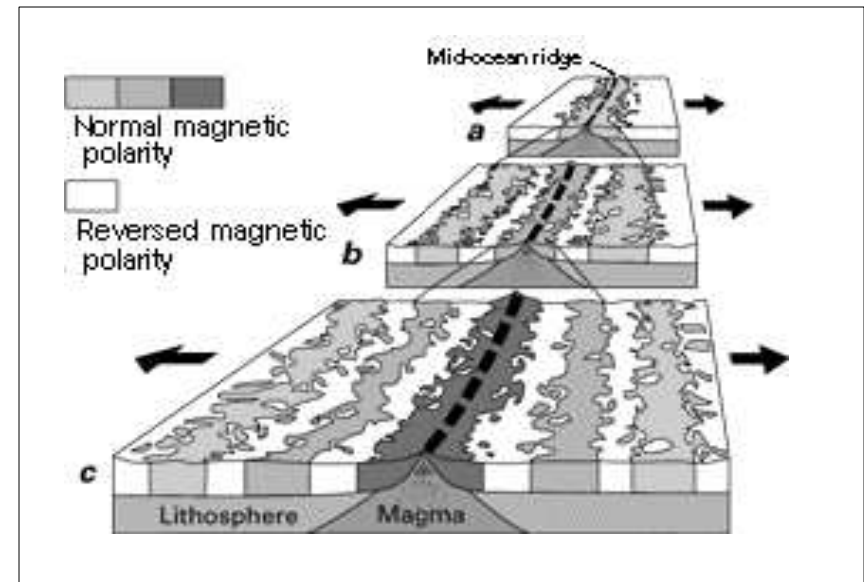
usazené horniny - **DRM** - **depoziční remanentní magnetizace** - magnetické částice jsou uspořádány ve směru okolního magnetického pole během svého klesání ve vodním sloupci - **pozor na bioturbaci, podmořské proudy, skluzu apod.**

dle některých vědců - nabytí magnetizace sedimentů po usazení vlivem mobility magnetických částí uvnitř dutin vyplněných vodou. Po klesnutí obsahu vody pod kritickou hodnotu - magnetizace „uzamčena“ v sedimentu

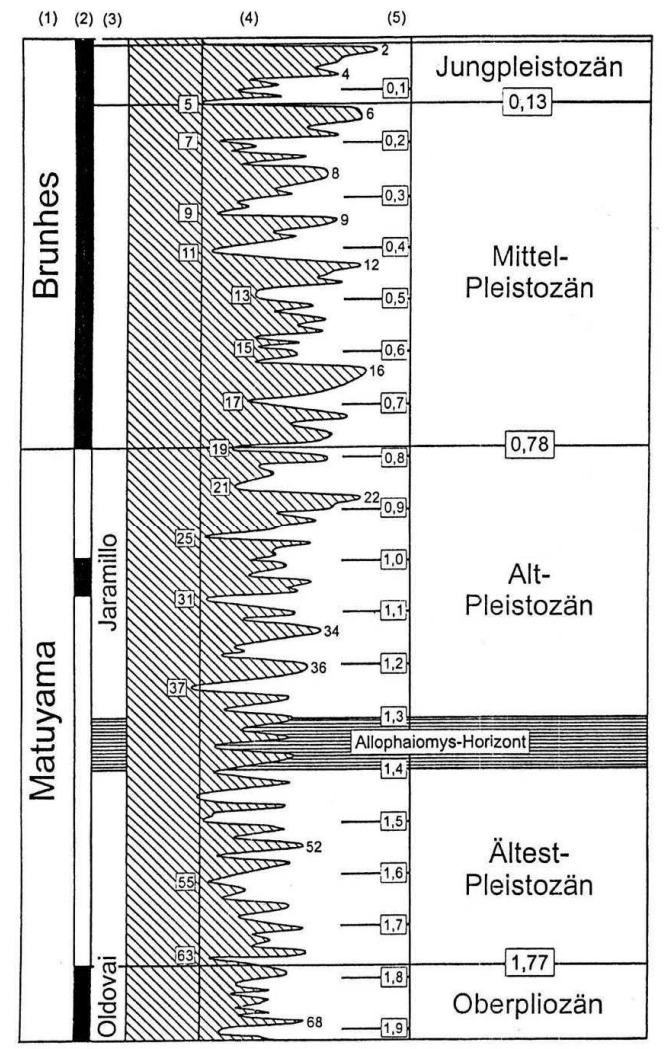
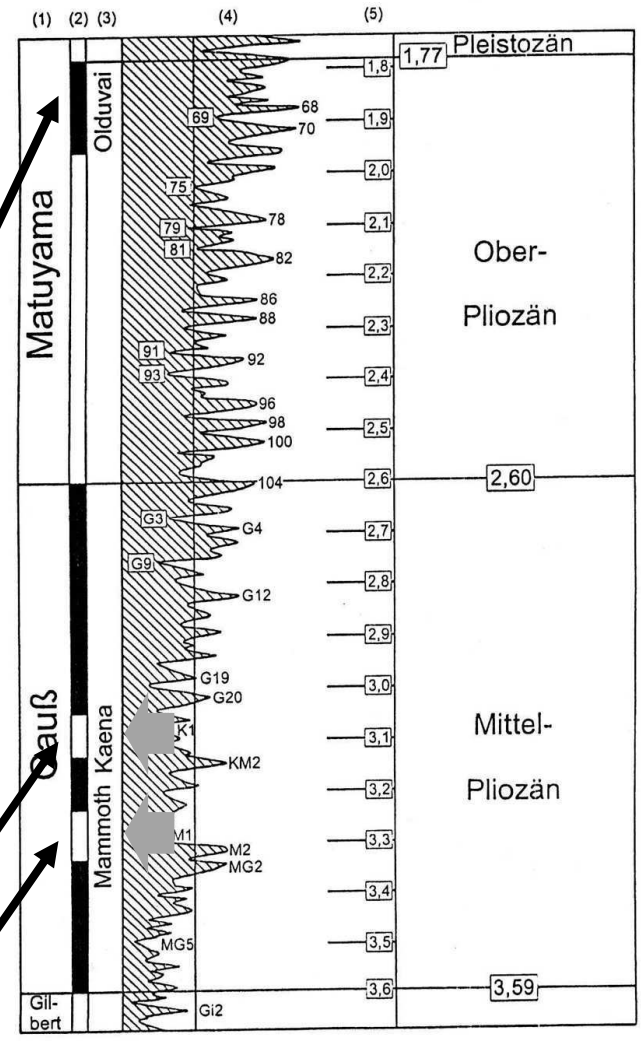
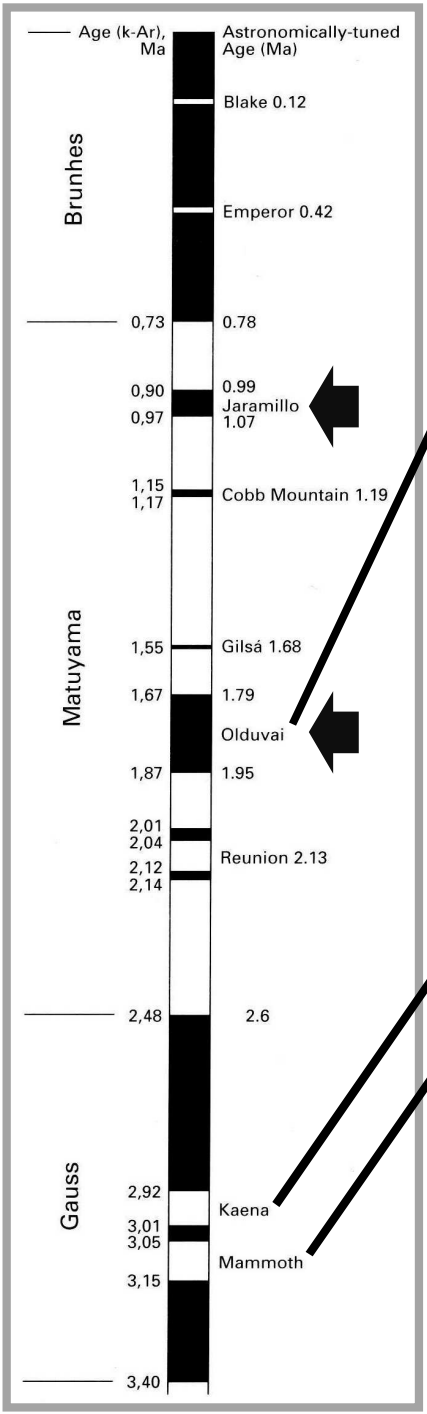
**DRM - pomalý jev ve srovnání s TRM**



Střídání hornin s normální a reverzní polaritou ve vulkanických horninách.



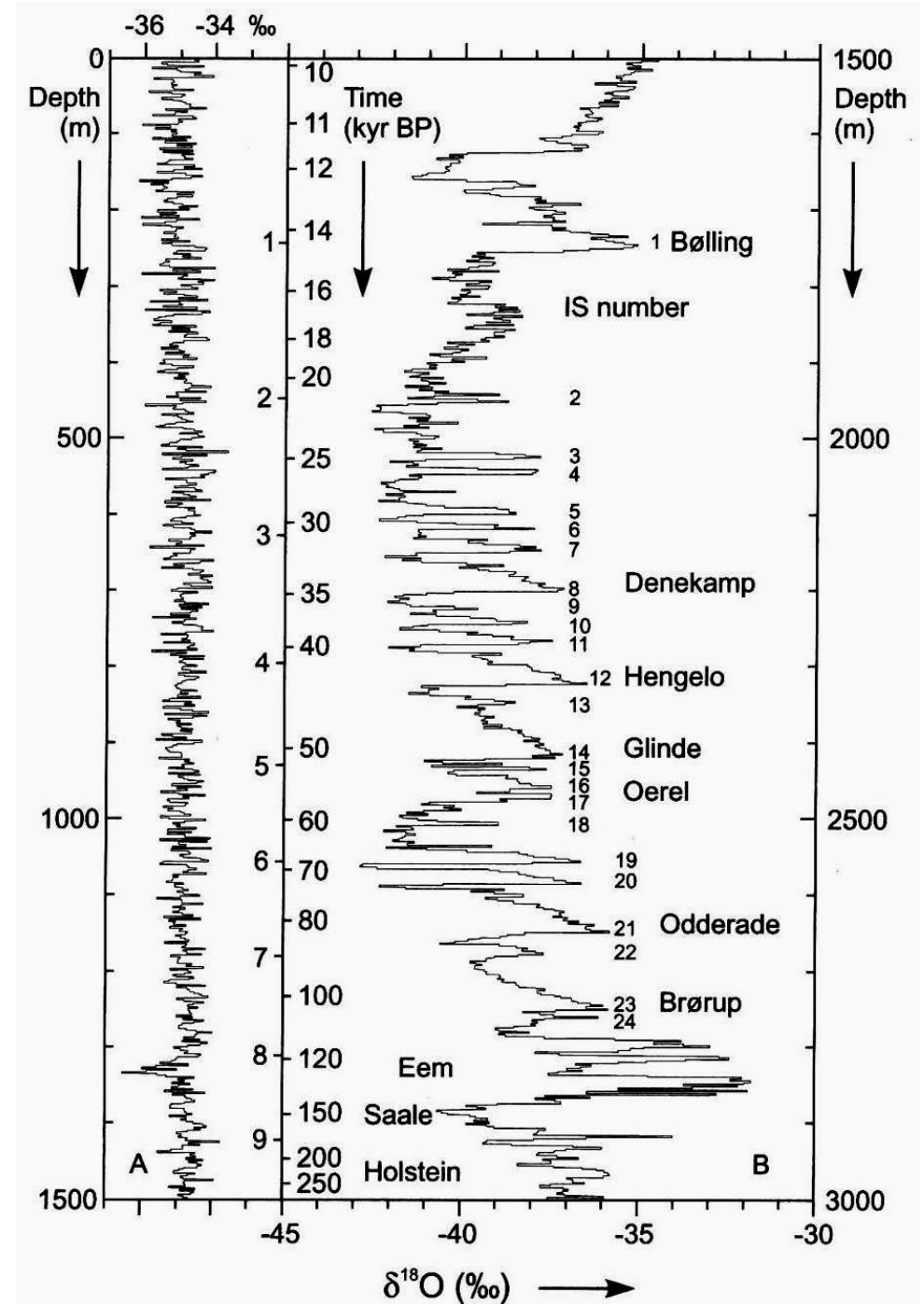
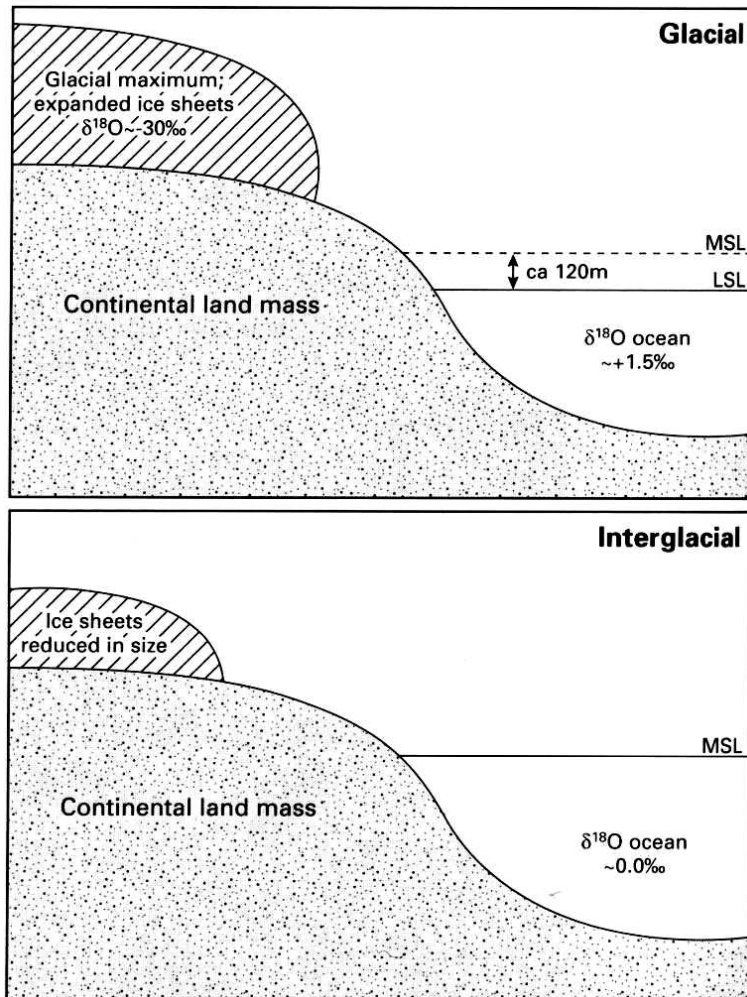
Střídání hornin s normální a reverzní polaritou na středooceánském hřbetě.



**epochy** - hlavní periody normální nebo reverzní polarity trvající řádově  $10^6$  let a více let, nyní polarizační epocha Brunhes  
**eventy** - intervaly jedné magnetické polarity trvající řádově  $10^4$ - $10^5$  let  
**krátkodobé odchylky (kryptochrony)** - řádově několik tisíc let

# Izotopy kyslíku

založeno na změnách obsahu  $\delta^{18}\text{O}$  v mořské vodě  
 detailní stratigrafie odrážející teploty mořské  
 vody, zvláště podrobné pro období kvartéru  
 kalibrace s izotopovým datováním





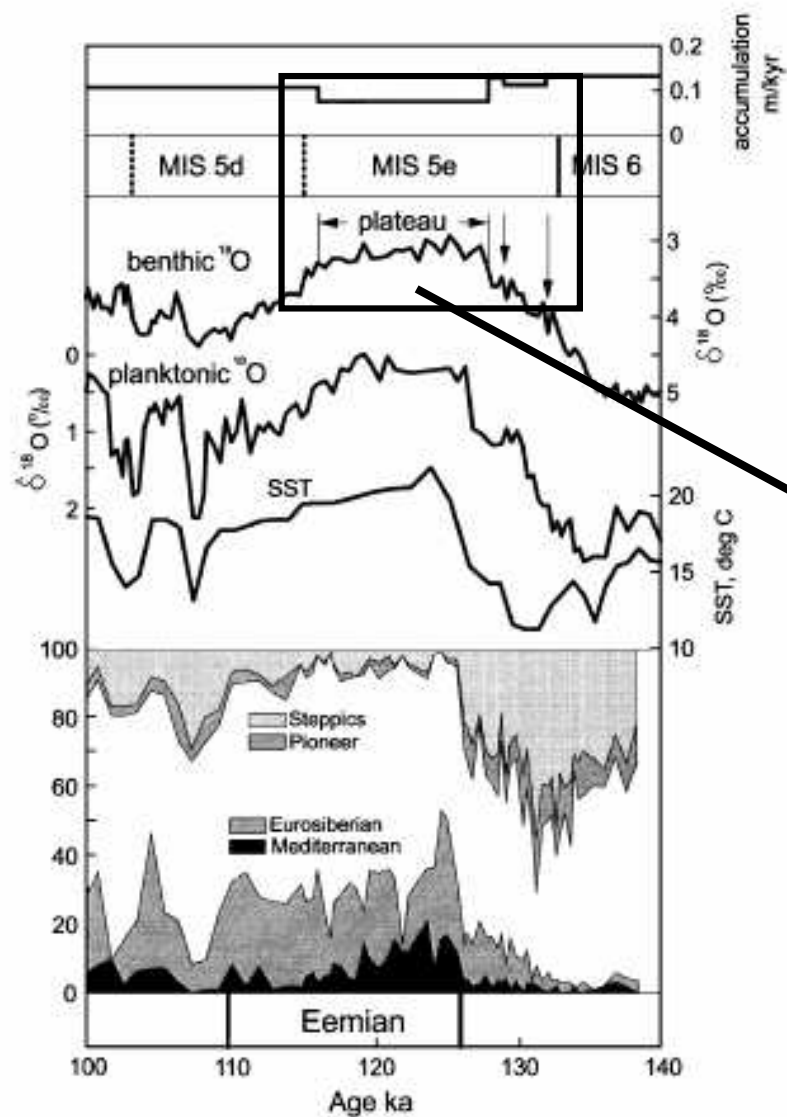


Fig. 2. Marine and continental records of the last interglacial in core MD95-2042 on a time scale based on radiometric dates for uplifted corals (see text). From the top: Sedimentation rate implied by the age controls marked; benthic  $\delta^{18}\text{O}$  record (replicates averaged); planktonic  $\delta^{18}\text{O}$  record (replicates averaged); sea surface temperature based on  $\text{U}_{37}^k$  alkenones; major groups of pollen taxa.

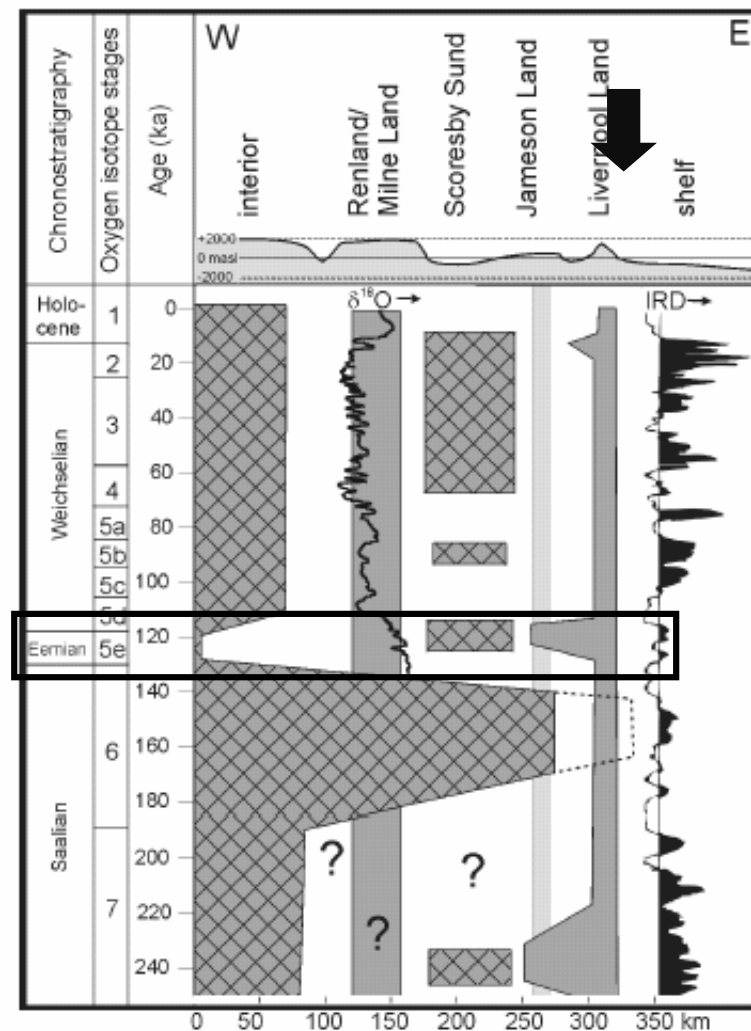
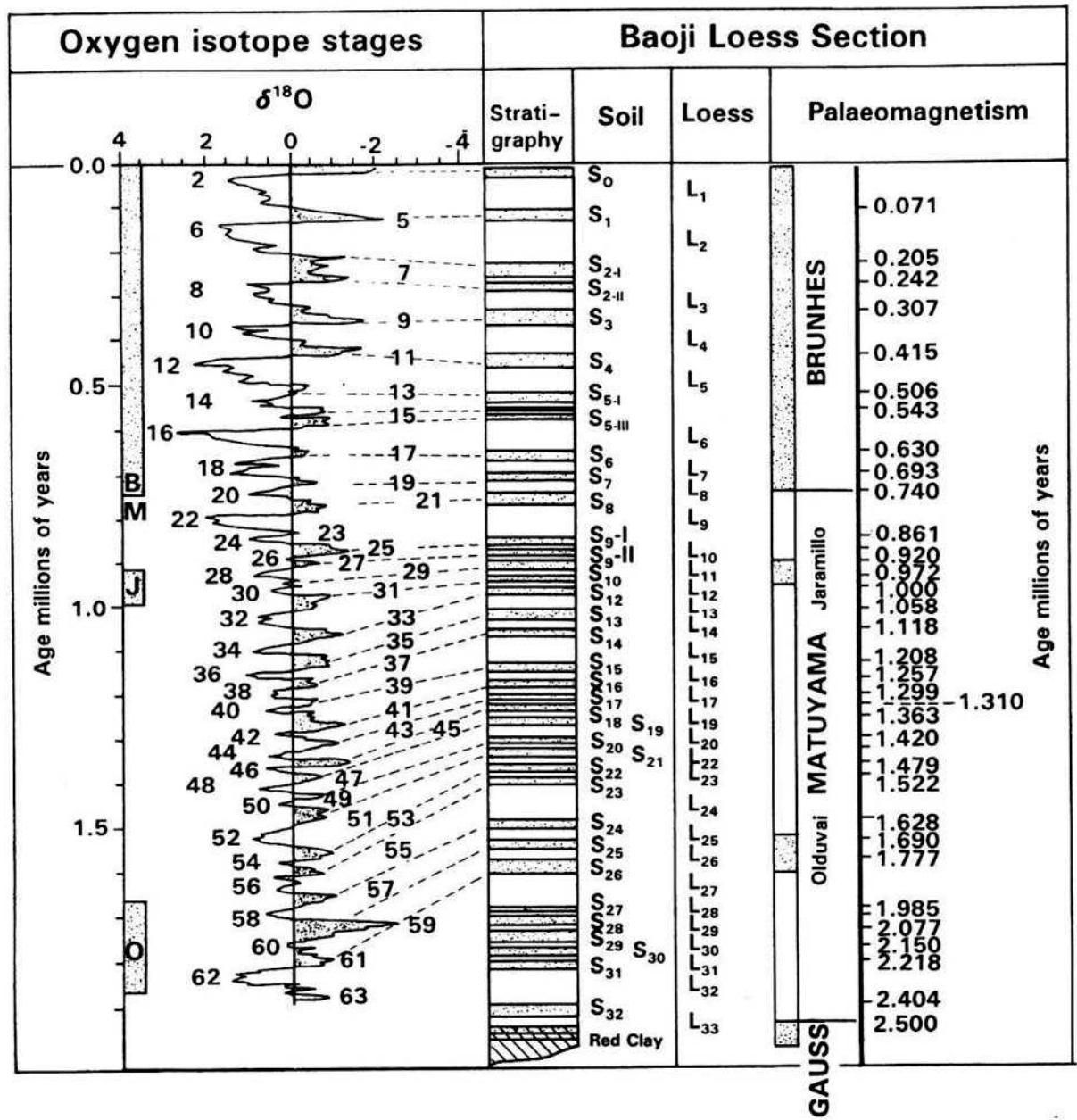


Fig. 4. Glaciation curve for the Scoresby Sund area. The hatched areas represent the Greenland ice sheet and its outlet glaciers, in contrast to local ice caps (grey). The vertical, light grey shading shows the location of the Ugleelv area. The  $\delta^{18}\text{O}$ -record is from the Renland ice core (Johnsen et al. 1992) and the ice-rafted debris (IRD) record from core PS1726 on the continental slope off Scoresby Sund (Stein et al. 1996; stretched to fit a linear timescale). Additional data also from Funder et al. (1998) and Hansen et al. (1999; Scoresby Sund).



OIS stratigrafie a její korelace se sprašovými sekvencemi v Číně.

Fig. 1. The deep-sea oxygen isotope record of Williams et al. (1988) compared with the Chinese loess-palaeosol section at Baoji. The timescale is largely based on palaeomagnetic measurements, of which the principal reversals are shown here (according to Rutter 1992).

# Stratigrafické škály v pleistocénu a holocénu

# KARTÉR

## Báze kvartéru

1,806 Ma - svrchní část chronozóny C2n (Olduvai), zóna vymírání nanofosilií *Discoaster brouveri* (báze Zóny CN13), nad ní FAD vápnitých nanofosilií *Gephyrocapsa* spp. a vymírání planktonních foraminifer *Globigerinoides extremus*  
OIS 63

Vrica (Kalábrie, již. Itálie) - typová lokalita počátku pleistocénu



Hranice pliocén/pleistocén na lokalitě Vrica B se nachází na bázi marinních jílovců ležících v nadloží sapropelové vrstvy - e -.

éra	kenozoikum
útvár	neogén
oddělení	pleistocén
stupeň	sp. pleistocén
region. stupeň	günz

Základní chronostratigrafické členění na dvě epochy:

**PLEISTOCÉN:** spodní - střední - svrchní  
**HOLOCÉN**

## PLEISTOCÉN

- **spodní pleistocén** - báze 1,806 Ma
- **střední pleistocén** - báze 0,781 Ma - Brunhes / Matuyama (informativní, bez typové lokality)
- **svrchní pleistocén** - báze 0,126 Ma - báze eemského interglaciálu (= báze OIS 5e) před poslední glaciální epizodou pleistocénu

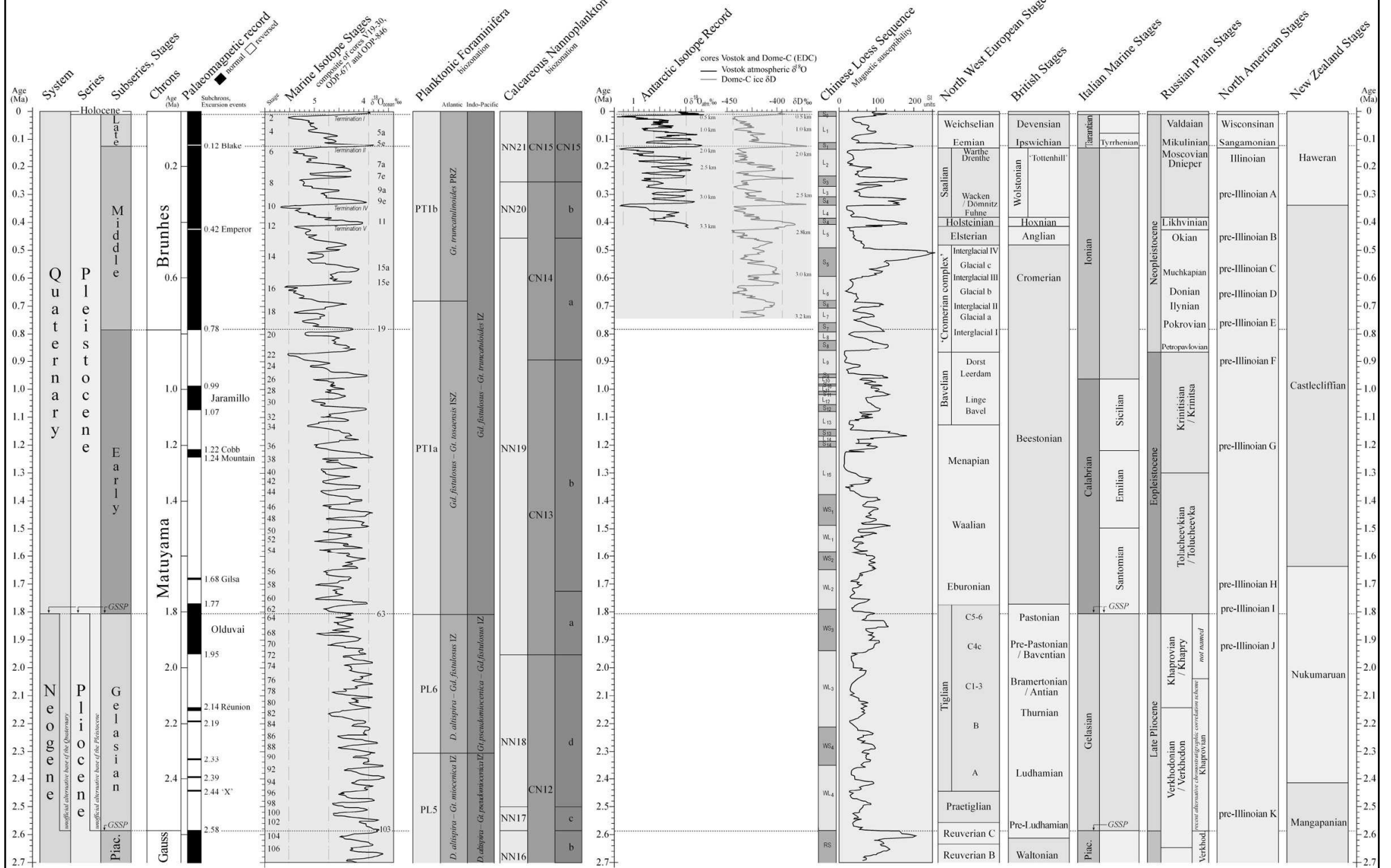
## HOLOCÉN

- báze přesně 10 000 <sup>14</sup>C let (= 11,5 ka kalend. let BP)



# Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years

v. 2004 b



GSSP = Global Stratotype Section and Point

GSSP = Global Stratotype Section and Point position

## Návrh posunutí báze kvartéru

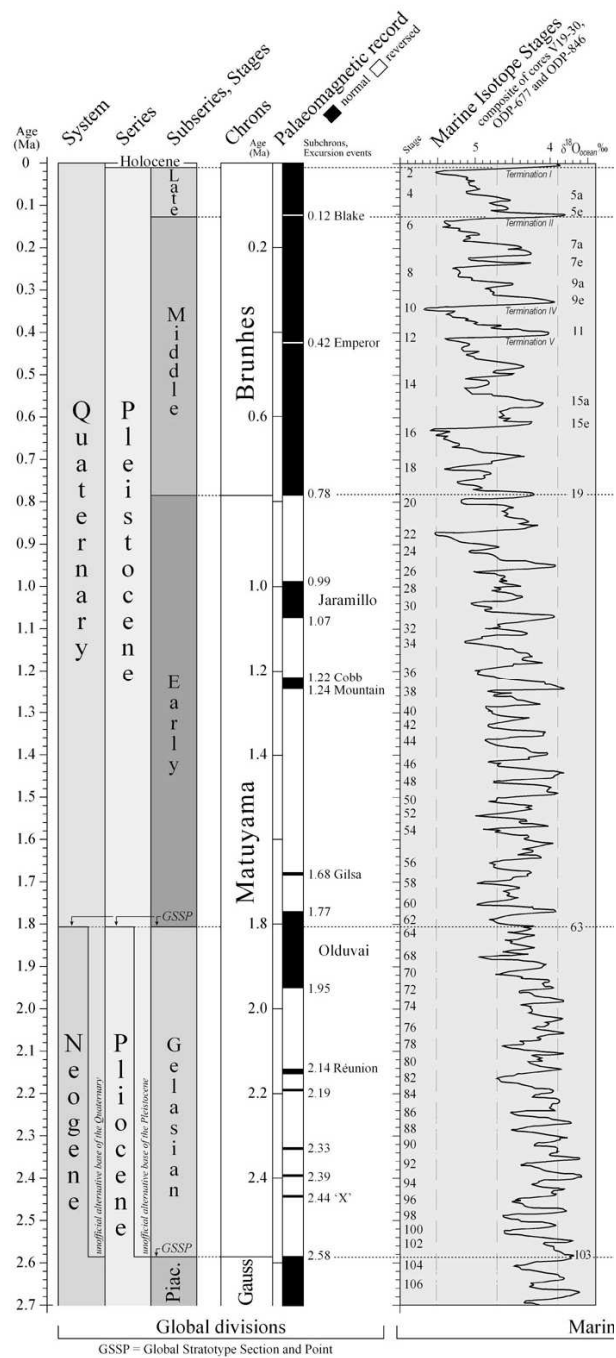
báze stupně gelas (angl. „Gelasian“) - 2,588 Ma, báze chronozóny magnetické polarity C2r (Matuyama). Nad ní vymírání vápnitých nanofosilií *Discoaster*

*pentaradiatus* a *D. surculus* (báze Zóny CN12c)

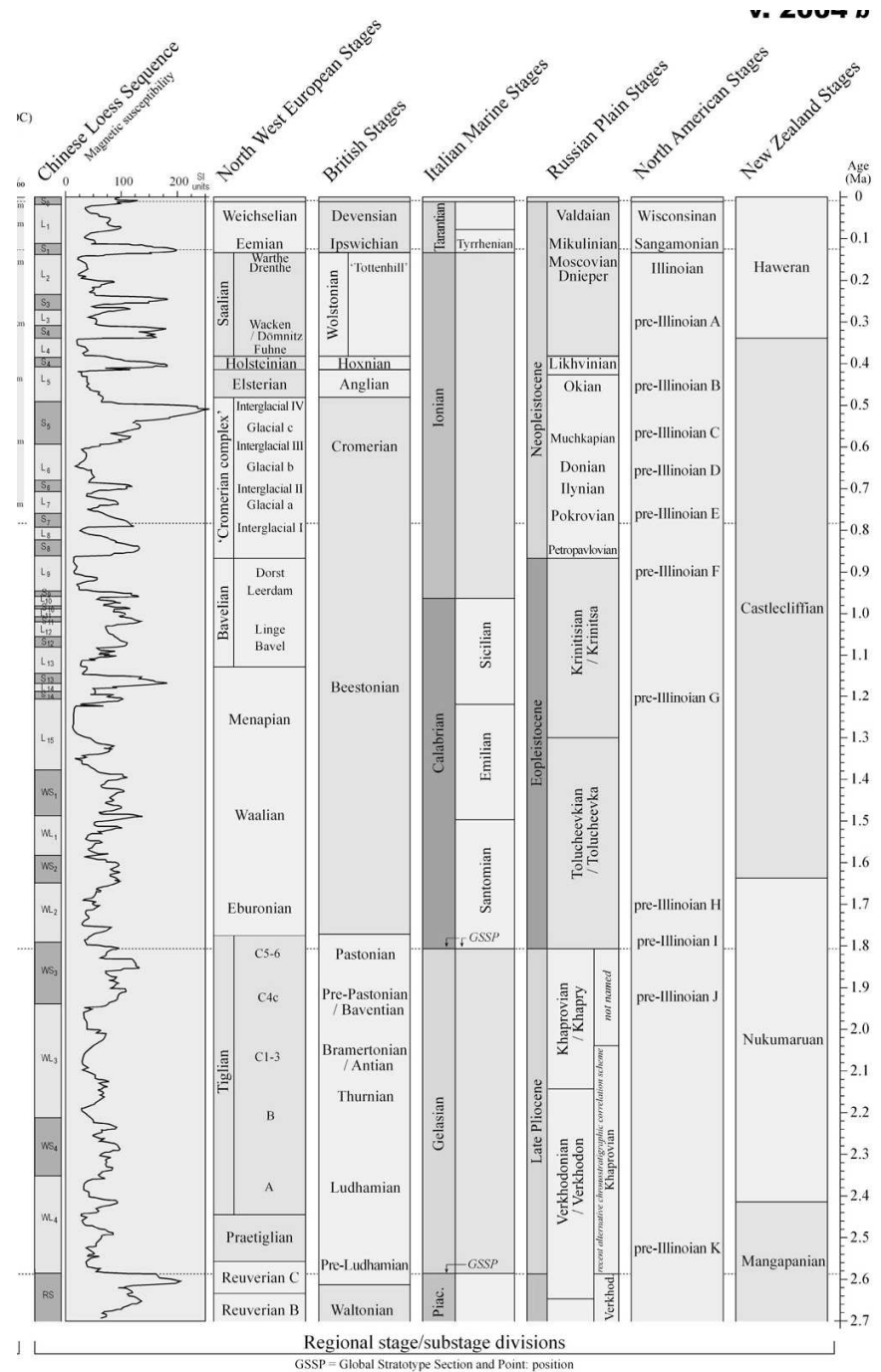
OIS 103

Neogene System				The " <b>Quaternary</b> " is traditionally considered to be the interval of oscillating climatic extremes (glacial and interglacial episodes) that was initiated at about 2.6 Ma, therefore encompasses the Holocene and Pleistocene epochs and Gelasian stage of late Pliocene. This composite epoch is not a formal unit in the chronostratigraphic hierarchy.			
<b>Holocene Series</b>							
base Holocene	11.5 ka	0.00	Carbon-14 dating calibration	exactly 10,000 Carbon-14 years (= 11.5 ka calendar years BP) at the end of the Younger Dryas cold spell		Informal working definition	
<b>Pleistocene Series</b>							
base Upper Pleistocene subseries	0.126	0.00	Astronomical cycles in sediments	base of the Eemian interglacial stage (= base of marine isotope stage 5e) before final glacial episode of Pleistocene	Potentially, within sediment core under the Netherlands (Eemian type area)	Informal working definition	
base Middle Pleistocene subseries	0.781	0.00	Astronomical cycles in sediments	Brunhes-Matuyama magnetic reversal		Informal working definition	
base Pleistocene Series	1.806	0.00	Astronomical cycles in sediments	Just above top of magnetic polarity chronozone C2n (Olduvai) and the extinction level of calcareous nannofossil <i>Discoaster brouweri</i> (base Zone CN13). Above are lowest occurrence of calcareous nannofossil medium <i>Gephyrocapsa</i> spp. and extinction level of planktonic foraminifer <i>Globigerinoides extremus</i> .	Top of sapropel layer 'e', Vrica section, Calabria, Italy	Ratified 1985	<i>Episodes</i> 8 (2), p.116-120, 1985
<b>Pliocene Series</b>							
base Gelasian Stage	2.588	0.00	Astronomical cycles in sediments	Isotopic stage 103, base of magnetic polarity chronozone C2r (Matuyama). Above are extinction levels of calcareous nannofossil <i>Discoaster pentaradiatus</i> and <i>D. surculus</i> (base Zone CN12c).	Midpoint of sapropelic Nicola Bed ("A5"), Monte San Nicola, Gela, Sicily, Italy	Ratified 1996	<i>Episodes</i> 21 (2), p.82-87, 1998
base Piacenzian Stage	3.600	0.00	Astronomical cycles in sediments	Base of magnetic polarity chronozone C2An (Gauss); extinction levels of planktonic foraminifers <i>Globorotalia margaritae</i> (base Zone PL3) and <i>Pulleniatina primalis</i> .	Base of beige layer of carbonate cycle 77, Punta Piccola, Sicily, Italy	Ratified 1997	<i>Episodes</i> 21 (2), p.88-93, 1998

# Globální chronostratigrafické členění kvartéru

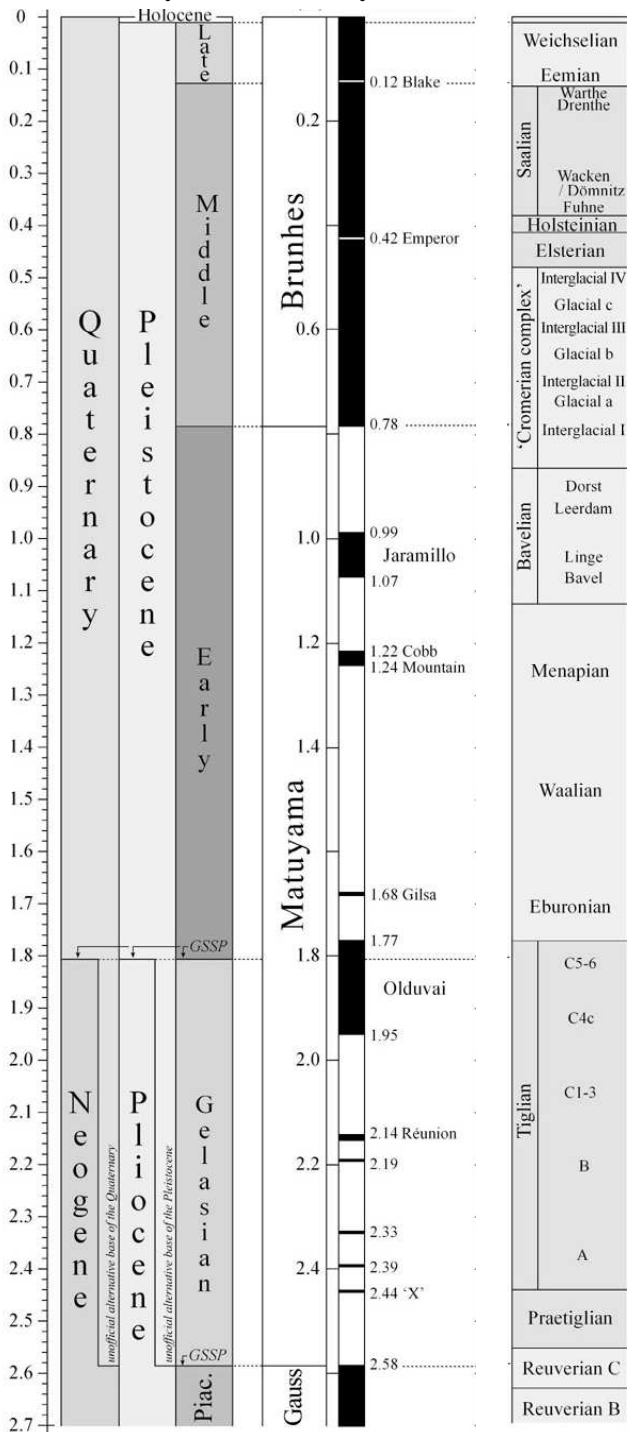


# Regionální chronostratigrafické členění kvartéru

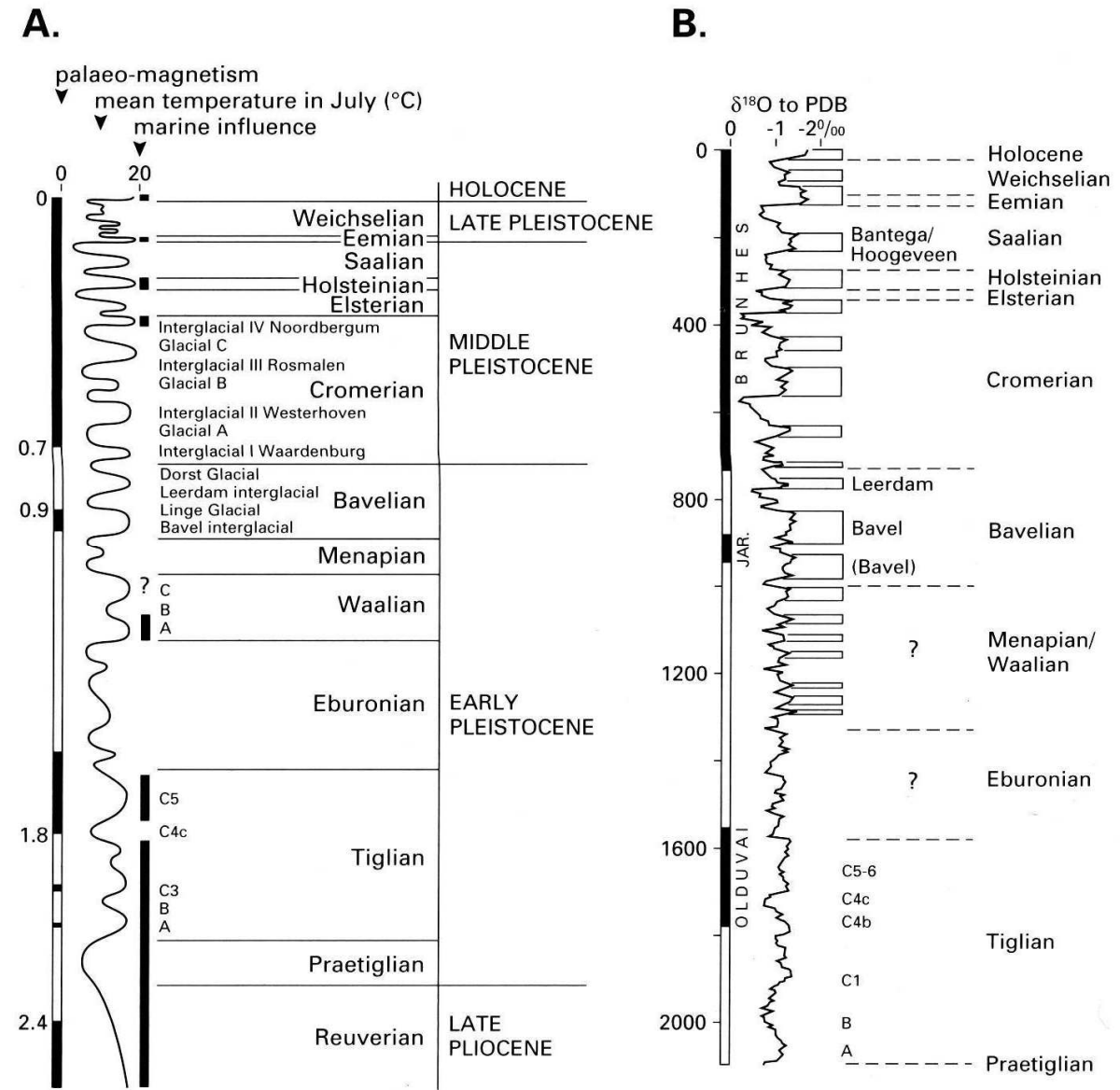




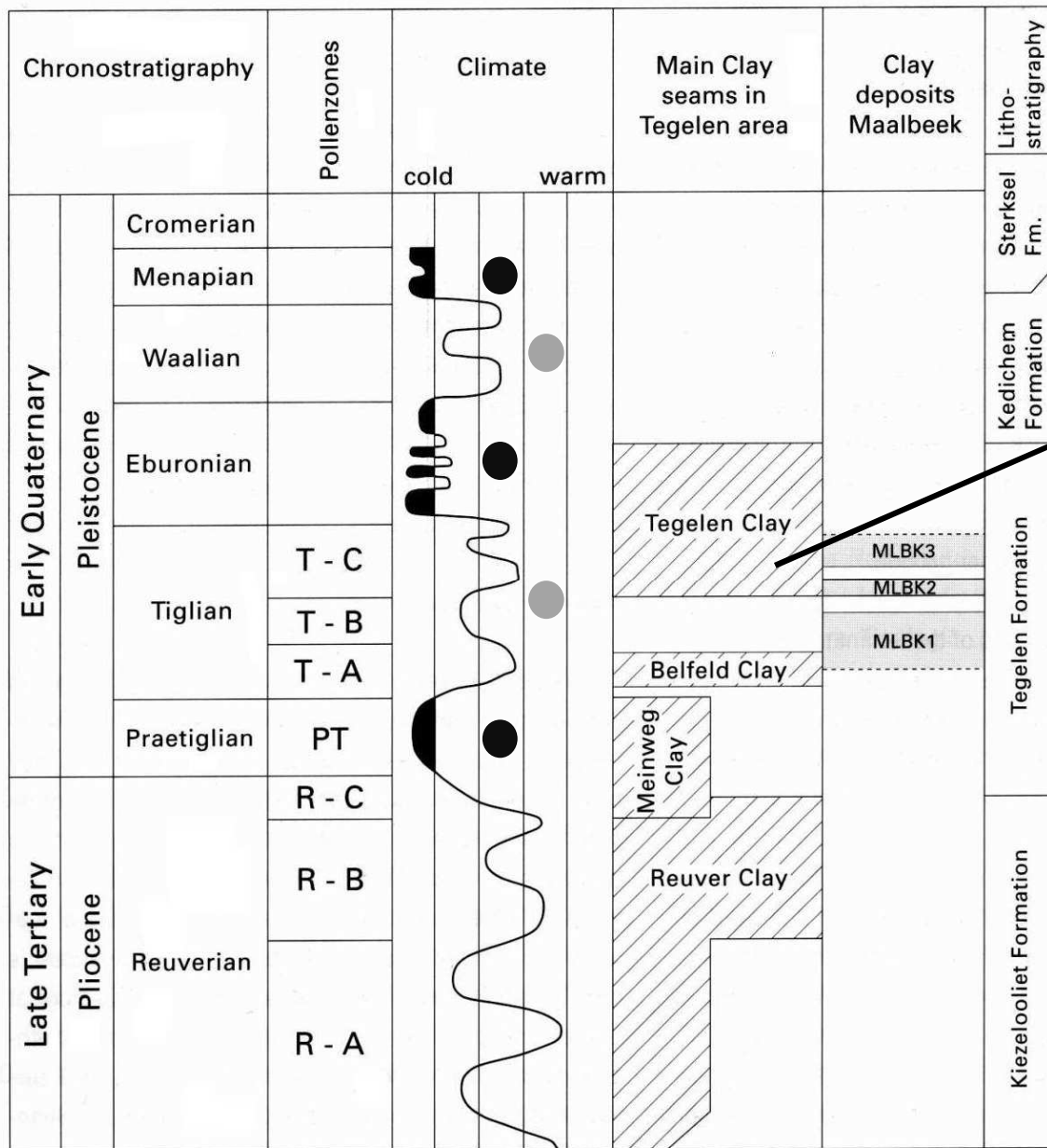
# Severozápadní Evropa



# HOLANDSKO



Základní geochronologické členění pleistocénu v oblasti severozápadní Evropy (Holandsko).



Teplé a většinou ani chladné cykly nebyly klimaticky jednotné

Tegelenští zástupci (Holandsko):  
 velmi teplo, např. *Mammuthus meridionalis*, *Anancus arvernensis*,  
*Tapirus arvernensis*,  
*Stephanorhinus etruscus*, *Leptobos*  
*sp.*, *Eucladoceros ctenoides*, *Sus strozzii*, *Ursus etruscus*,  
*Pachycrocuta perrieri*, *Panthera gombaszoegensis*

Hraboši: *Mimomys pliocaenicus*,  
 makakové *Macaca sylvana florentina*.

**HOLANDSKO**

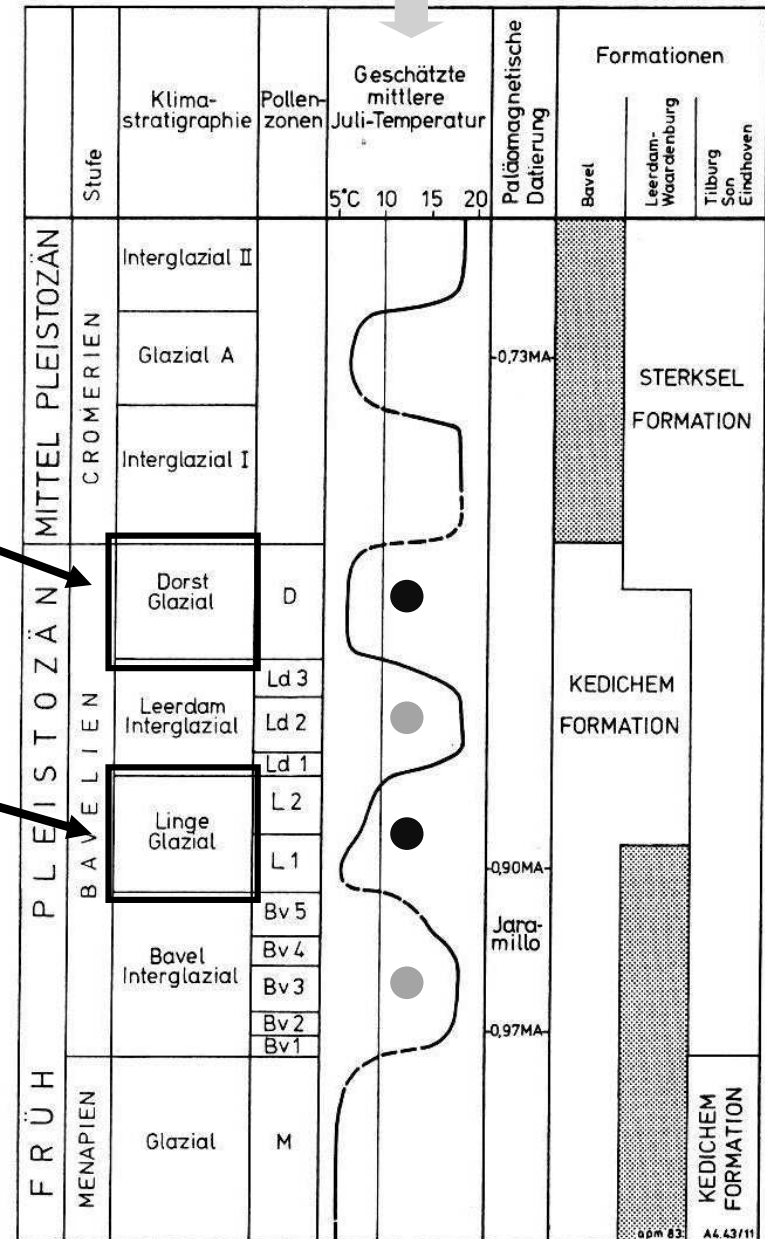
Rozčlenění tegelenu na základě pylových analýz v typové oblasti v Holandsku.  
 Porovnání s teplotní křivkou získanou ze studia izotopů kyslíky  $\delta^{18}\text{O}$ .

### Vrty

Stufe	Klima- stratigraphie	Pollenzonen	Pollenanalytische Charakterisierung	Profilabschnitt	Paläomagnetik					
					● Normal ○ Revers	— Keine Messung				
CROMERIEN	Interglazial I	Cr-I	Interglaziale Waldasso- ziation mit <i>Eucommia</i> , ohne <i>Tsuga</i>	u.a. Waardenburg 43-46m	○	○				
N E L I E	Dorst Glazial	D	Kräuterdominanz	Dorst 2-2,7m Bavel III 2,5-3,3m Waardenburg 55-60m	○	○				
	Leerdam Interglazial	Ld3	Pinus-Alnus-Betula	Dorst 2,7-5,25m Bavel III 3,3-3,8m Leerdam 51,5-59,5m	○	○				
							Ld2	b Pinus-Quercus Carpinus-Ulmus	Leerdam 59,5-63,75m	○
	Ld1	Betula	Leerdam 64,5-64,75m	○						
	Linge Glazial	L2	Artemisia-Kräuter- Juniperus	Leerdam 64,75-70,3m	○	○				
L1							Kräuter-Pinus-Betula	Bavel III 4,2-8,66m Bavel Ia 3,5m	○	
B A V E L	Bavel Interglazial	Bv5	Pinus-Picea	Veldhoven 65-66,5m	○	○				
							Bv4	<i>Tsuga</i> - <i>Abies</i> - <i>Carpinus</i>	Bavel II-P2 Logtsche Heide 52,2-53,3m Son 92,5-109m	○
							a <i>Carpinus</i> - <i>Eucommia</i>	Bavel II-B	○	
							Bv2	Alnus-Pinus-Ulmus- Taxus	Bavel II-A	○
							Bv1	Pinus-Alnus-Ulmus	Veldhoven 70,5-71,5m	○
							MENAPIEN	Glazial	M	Kräuterdominanz

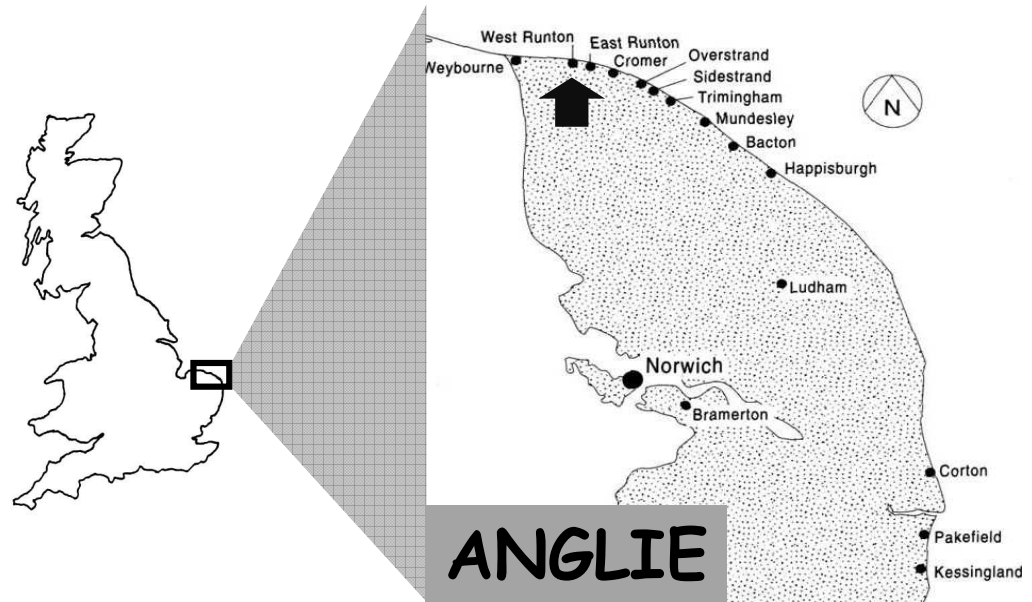
HOLANDSKO

### Průměrné červenové teploty



Pylová charakteristika bavelského interglaciálu (Holandsko).

Age	British stages	West European stages	British localities	West European localities
Middle Pleistocene	Wolstonian	Saalian Complex		Schöningen Bilzingsleben
	Hoxnian	Holsteinian	Hoxne Clacton	Neede
	Anglian	Elsterian		
Early Pleistocene	Cromerian (s.s.)	Cromerian Complex	West Runton	Miesenheim I Mauer Mosbach Voigtstedt Süssenborn
		Bavelian Complex	Cromer Forest Bed Formation	
		Menapian		
		Waalian	Trimingham (?)	Jockgrim (?)
		Eburonian		
	Beestonian Pastonian Pre-Pastonian/ Baventian Bramertonian/ Antian	Tiglian	Crags	Tegelen
	Thurnian Ludhamian			
Pre-Ludhamian	Prætiglian			



Lokalizace typové lokality cromeru - West Runton v Norfolku (východní Anglie).

Cromer Forest Bed - část spodní pleistocén, část raný střední pleistocén - podél pobřeží Severního moře (Norfolk, Suffolk)

sladkovodní vrstvy West Runtonu - tmavé zbarvení, mocnost až 1,8 m - na úpatí 17-20 m vysokého útesu ve West Runtonu - typová lokalita cromeru

bohatá fauna (měkkýši, ryby, obojživelníci, ptáci, savci) i flóra, nález 47 savčích taxonů, mezi nimi i raná forma druhu *Mammuthus trogontherii*

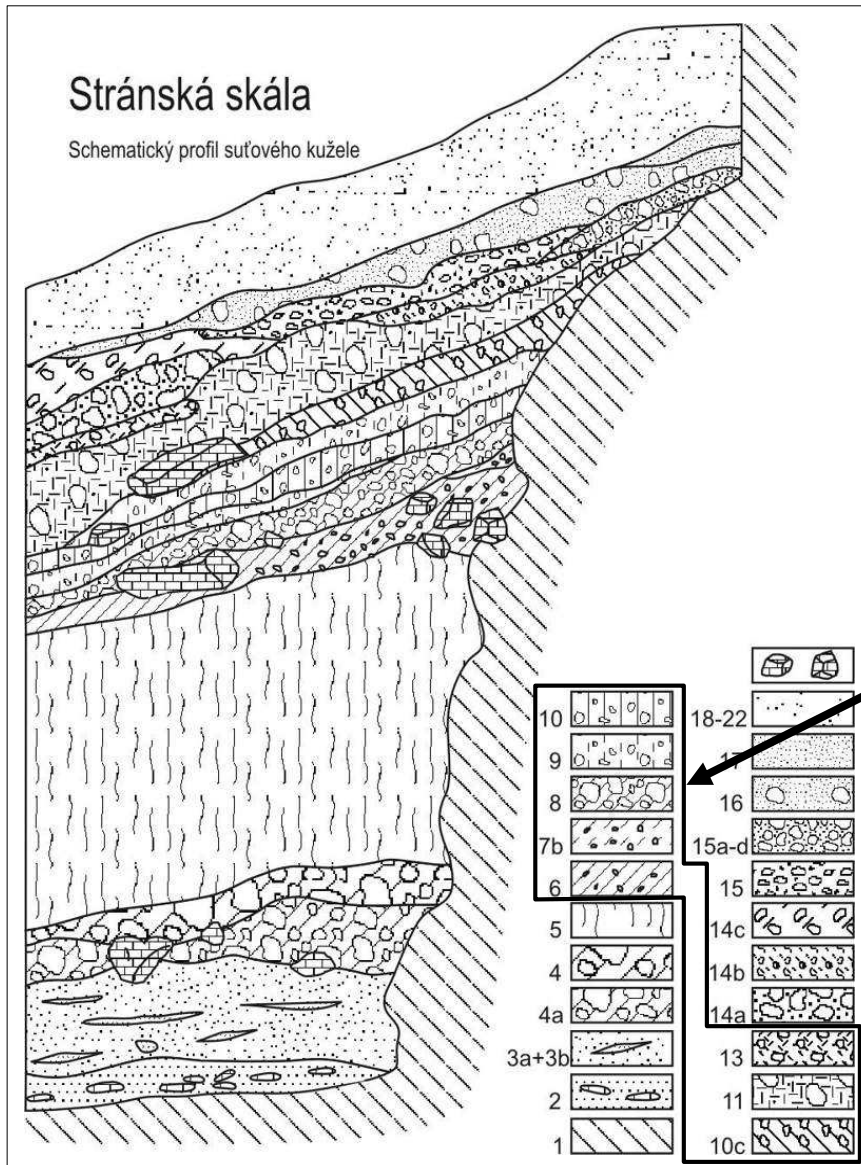
Chronostratigrafické členění pleistocénu v oblasti Britských ostrovů a západní Evropy.



West Runton, Norfolk.



# ČESKÁ REPUBLIKA



Suťový kužel na Stránské skále (upraveno dle Musila 1965).

několik klimatických oscilací různé délky trvání  
nejspodnější vrstvy - zřejmě glaciální (**menap**),  
avšak nepřiliš chladné (chladné až mírné klima) -  
fluviální sedimenty suťového kužele I a II

nadložní jasně interglaciální sedimenty - teplé  
klima, humidní se střídá s aridnějším. Dva  
suťové kužele oddělení tenkou polohou typické  
spraše, uložené však v obecně stejných  
podmínkách jako podloží a nadožní

v nadožní - stratigrafický hiát, poté sedimenty  
posledního glaciálu (velmi chladné klima)

holocén - dobře dochovaný, větší počet půd

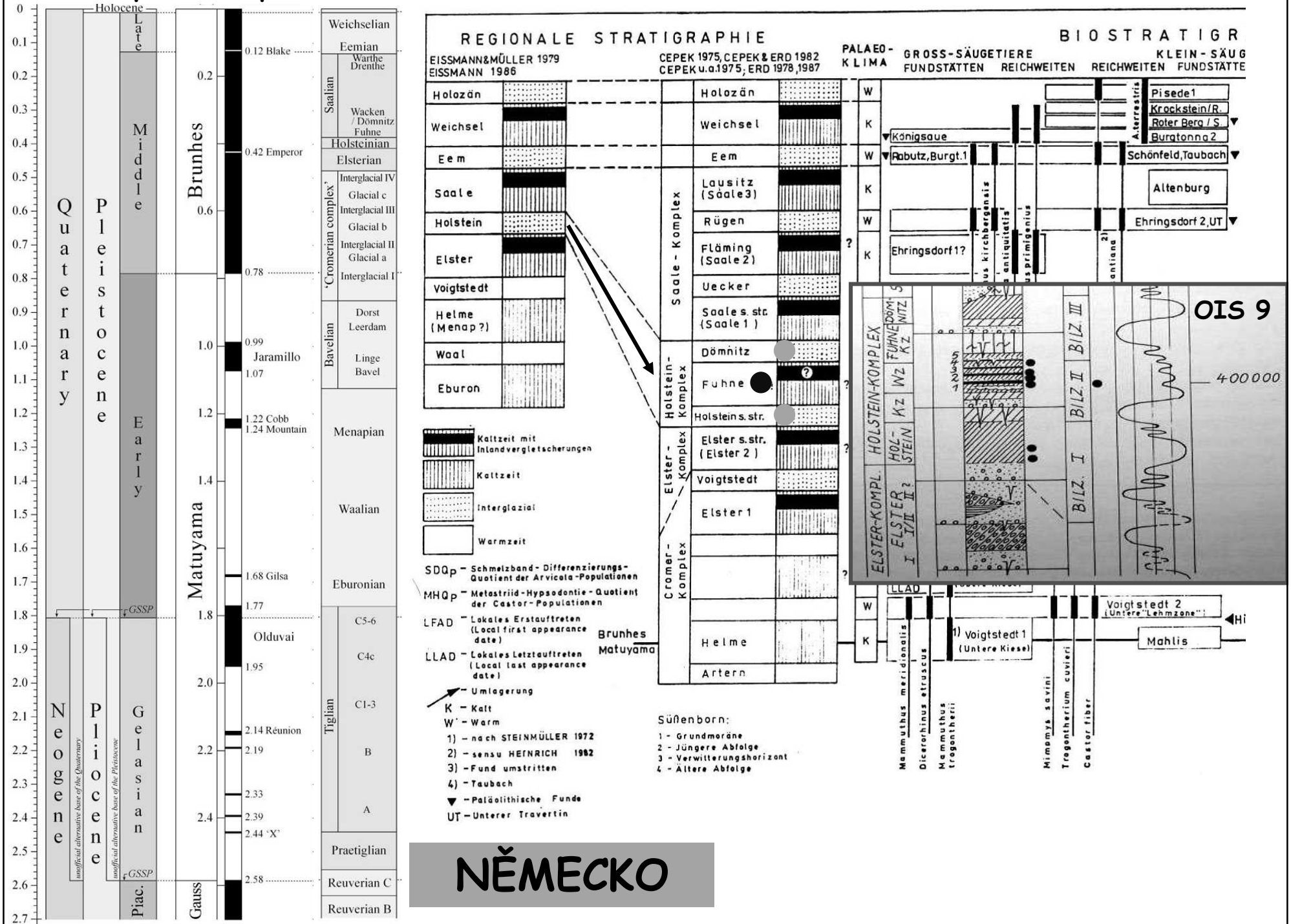
Vrstvy 6-13 jasně interglaciální ( **Cromer s.s.**),  
nepochybně mladobiharské -  **Cromer I** (suťový  
kužel III) a  **Cromer II** (suťový kužel IV).

1. *E. süssenbornensis* dosud pouze mezi  
menapem a elsterem. V elsteru - pouze  
kabaloidní koně (pokročilé), nikdy však *E.*  
*süssenbornensis* (hojný na Stránské skále)

2. paleomagnetismus - svrchní část profilu (do  
vrstvy 7) -  **brunhes** (normální polarita). Od  
vrstvy 5 - negativní polarita ( **matuyama**)

3. Stránská terasa leží pod interglaciálními  
sedimenty, mindelské stáří

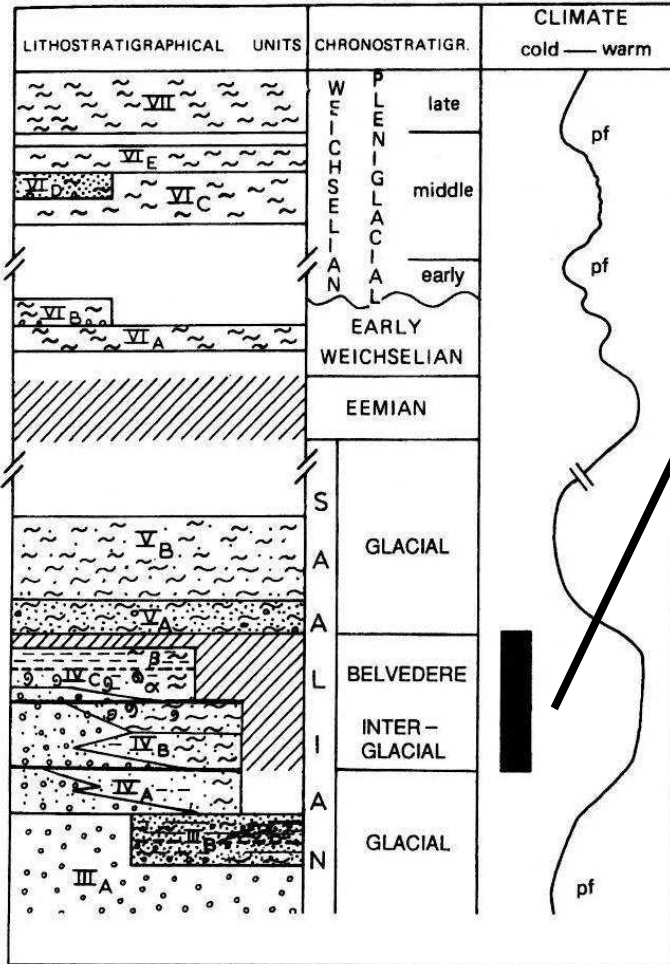
# Severozápadní Evropa



**NĚMECKO**

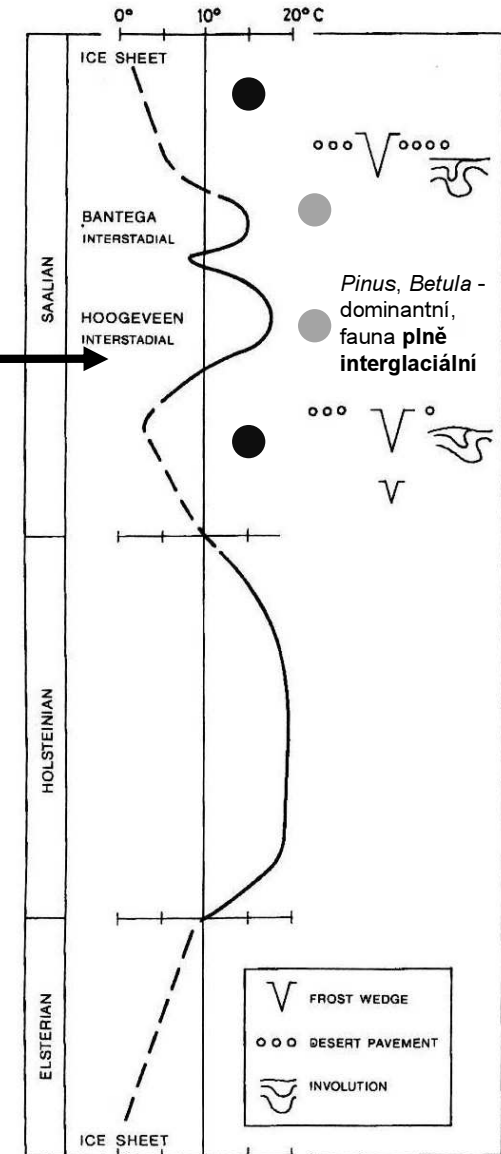
# HOLANDSKO

Weichselian	
Eemian	Warthe / Drenthe
Saalian	Wacken / Dömnitz / Fuhne
Holsteinian	
Elsterian	
"Cromerian complex"	
Interglacial IV	Glacial c
Interglacial III	Glacial b
Interglacial II	Glacial a
Interglacial I	
Bavelian	Dorst / Leerdam
	Linge / Bavel
Menapian	
Waalian	
Eburonian	
Tiglian	C5-6
	C4c
	C1-3
	B
	A
Praetiglian	
Reuverian C	
Reuverian B	



Litostratigrafie středního a svrchního pleistocénu na lokalitě Belvéděre, paleoklimatická rekonstrukce a pozice archeologických nálezů.

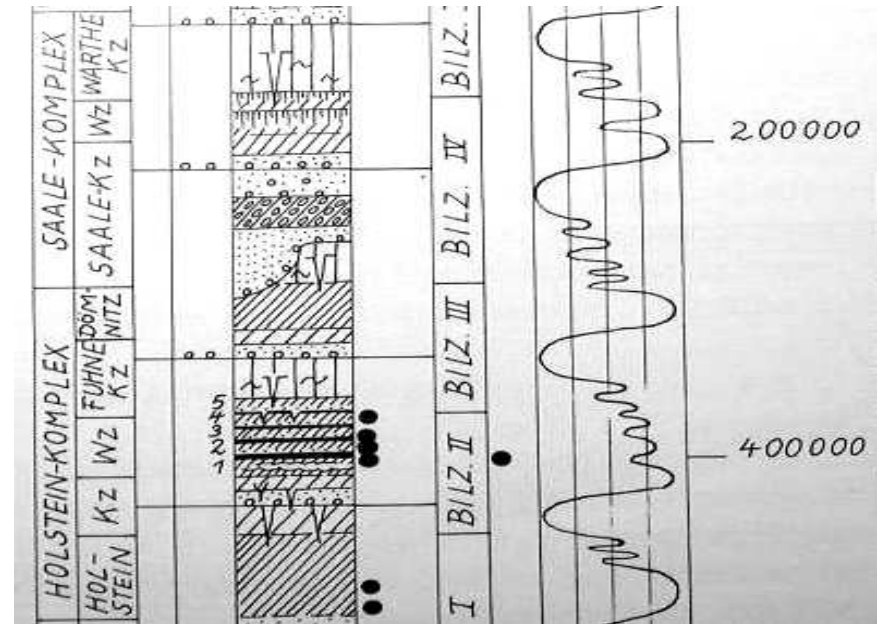
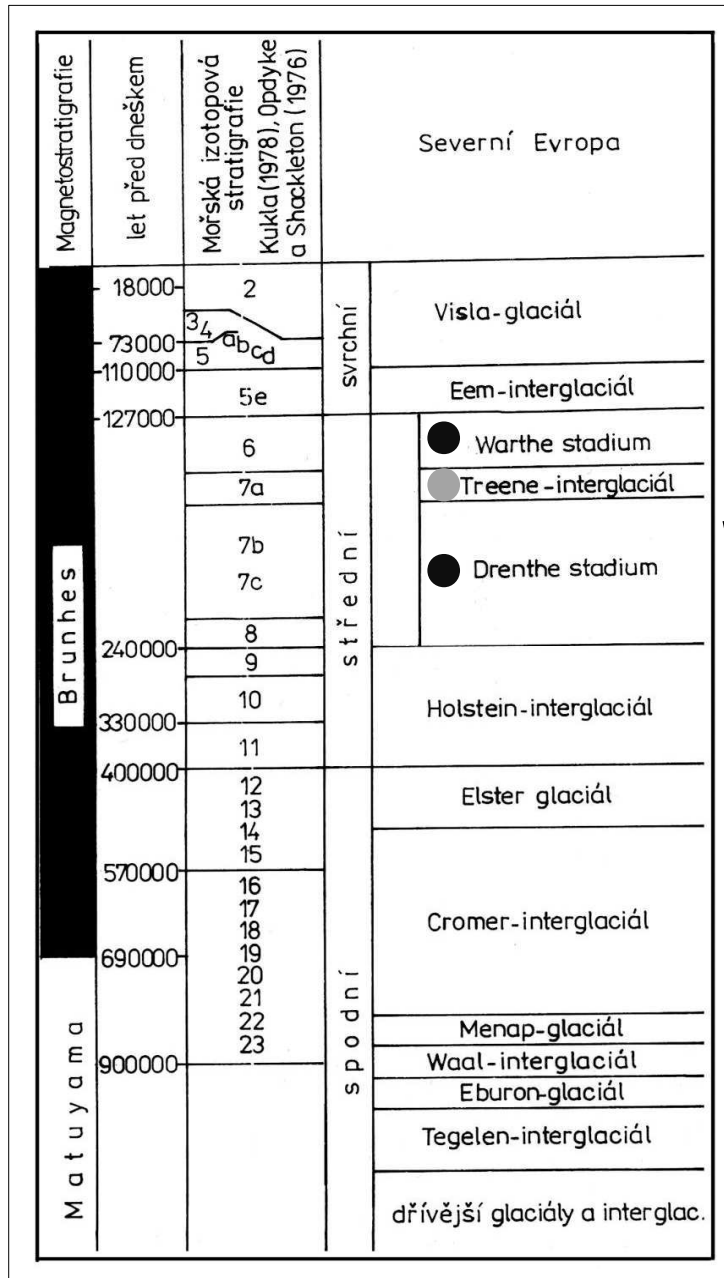
Glaciál saale - klimatická nejednotnost, nejasnosti s vyčleněním spodní hranice, interglaciál dömnitz ještě holsteinský komplex



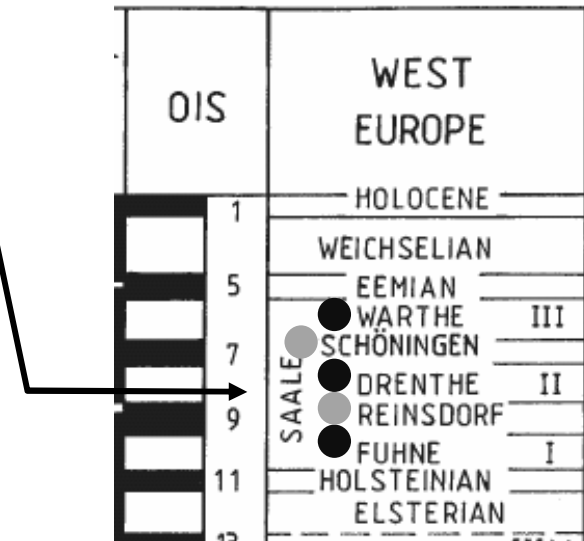
Odhadnuté změny průměrných letních teplot v rozmezí glaciálů elster až saale.



Weichselian	
Eemian Warthe Drenthe	
Saalian	Wacken Dömnitz Fuhne
Holsteinian	
Elsterian	
"Cromerian complex"	
Interglacial IV Glacial c Interglacial III Glacial b Interglacial II Glacial a Interglacial I	
Bavelian	Dorst Leerdam
Linge Bavel	
Menapian	
Waalian	
Eburonian	
C5-6	
C4c	
C1-3	
B	
A	
Prætigian	
Reuverian C	
Reuverian B	



Saalský komplex na lokalitě Bilzingsleben, Německo.



Rozdělení pleistocénu v severní Evropě.

Eemian	E 6	b	Temperate forest <i>Pine, Birch; Spruce, Alder, Oak, Hornbeam etc. decrease</i>
		a	
	E 5	b	Warm Temperate forest <i>Hornbeam decreases Pine, Spruce, Oak, Alder, Fir etc</i>
		a	
	E 4	b	Warm Temperate forest <i>Hornbeam; Alder, Oak, Hazel, Spruce, Fir and others</i>
		a	
	E 3	b	Warm Temperate forest <i>Oak, Hazel, Elm, Ash, Linden Hornbeam and Spruce attain somewhat higher values</i>
		a	
	E 2	b	Temperate forest <i>Hazel-Oak; Alder and others</i>
		a	
	E 1	b	Temperate forest <i>Oak, Elm, Ash Hazel increasing</i>
		a	
Saalian	E 1		Temperate forest <i>Oak, Elm, Ash Pine decreases Alder increases</i>
	E 1		Temperate forest <i>Pine-forest Oak and Alder increase; Elm, Ash</i>
E 1			Temperate forest <i>Pine-forest Elm increases, Ash</i>
E 1			(Birch-Pine forest)
E 1			(Parklandscape)

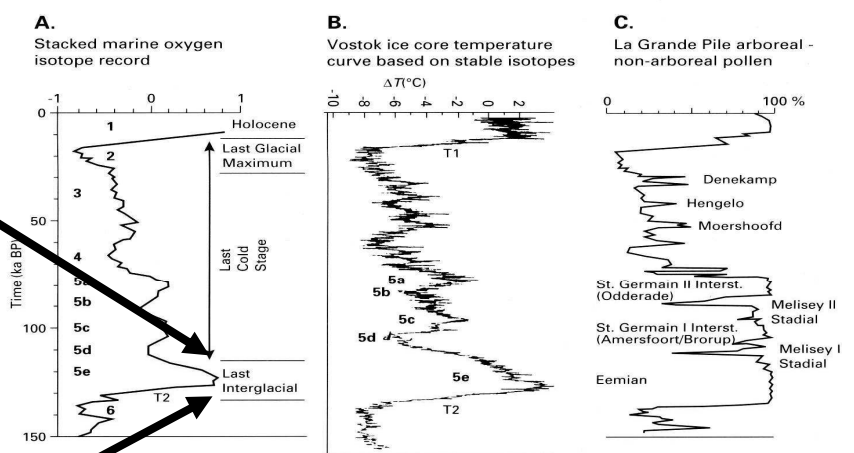


Figure 7.1 A. The stacked marine oxygen isotope record for the past 130 ka (after Martinson *et al.*, 1987). B. The Vostok ice-core temperature curve for the same period (after Jouzel *et al.*, 1987). C. The arboreal/non-arboreal pollen record from La Grande Pile, Vosges, France (after Beaulieu & Reille, 1992a).

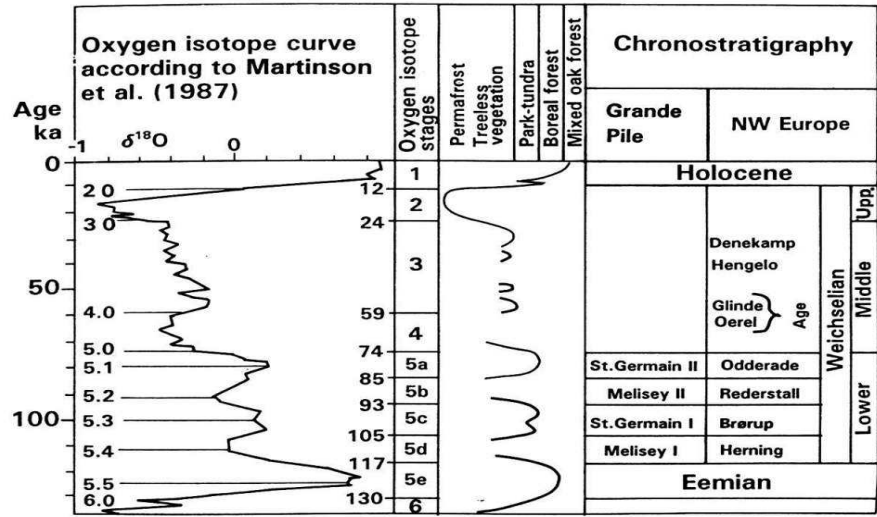


Fig. 4. Chronostratigraphical divisions of the last interglacial/glacial cycle based on different proxy data. The oxygen isotope stages and palaeobotanical studies made in France (Grande Pile), Germany (NW Europe) and the Netherlands (the vegetation curve) all indicate similar climatic trends, which are also in accordance with the orbital variations, cf. discussion in text, (according to Mangerud 1991a,b).

Dělení eemského interglaciálu dle Zagwijn (1961).

začátek eemu - vegetací definován jako pokles množství stepních elementů a vzrůst eurosibiřských a mediteránních stromů

konec eemu - vzrůst množství stepních a vymizení mediteránních elementů

Po konci MIS 5e vegetační pokryv dočasně přetrvává (Portugalsko) do MIS 5d i v době akumulace ledu v oblasti Sev. Ameriky.

# OIS 5e - údaje z GRIP

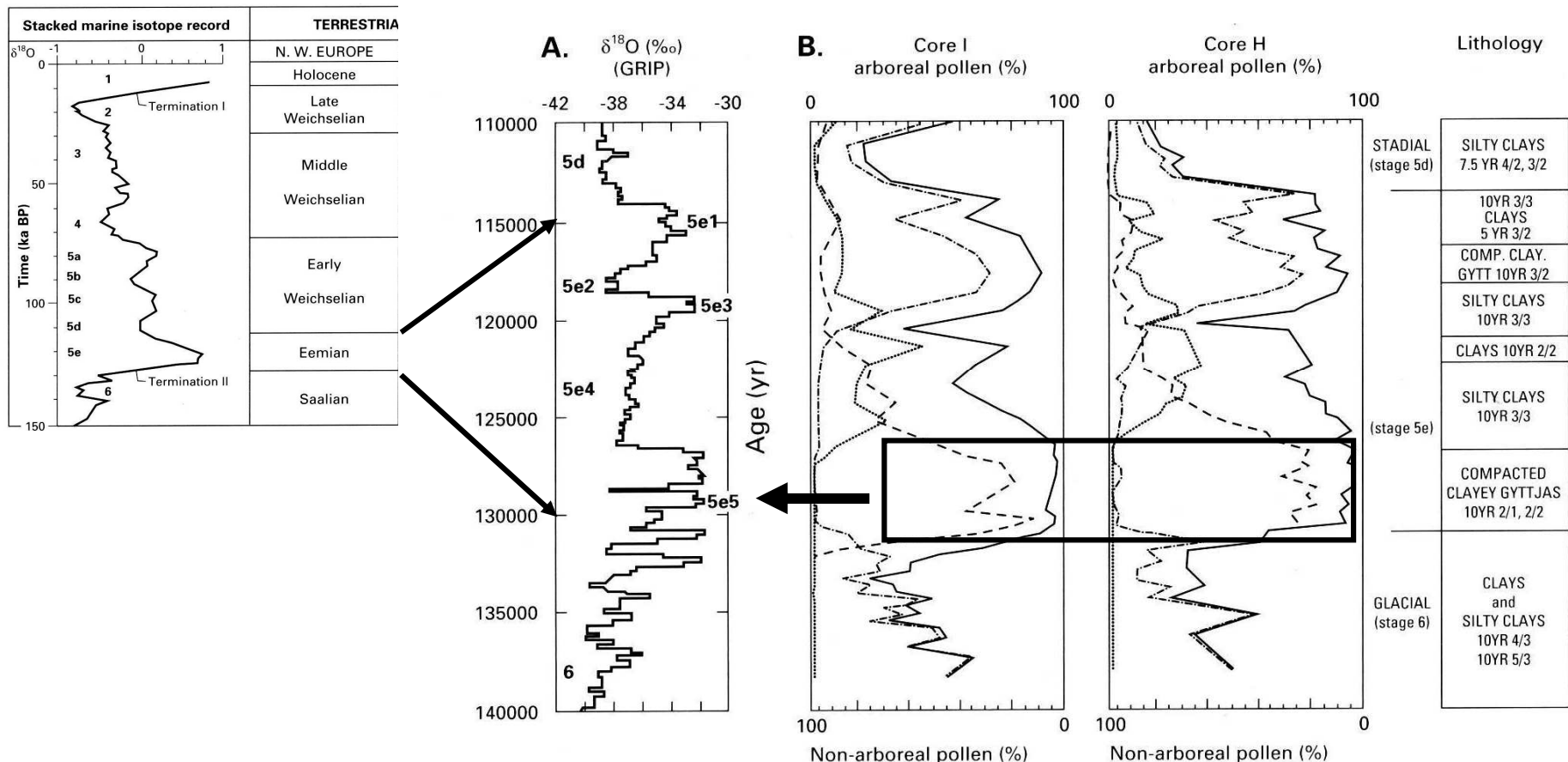


Figure 7.5 A. Oxygen isotope profile through the OI stage 5e section of the GRIP Summit ice core. This can be read as a temperature record with warmer conditions to the right and colder to the left. OI stage 5e is divided into three principal warm substages (5e1, 5e3 and 5e5) separated by cooler episodes of up to 5 ka duration (5e2 and 5e4). The warmest temperatures appear to have been recorded during the early part of the interglacial, and the record suggests a high degree of climatic instability during this period (after GRIP Members, 1993). B. Eemian pollen and sediment record in two cores (I and H) from Lac du Bouchet, France. Heavy solid line: non-arboreal pollen (NAP). Dashed line: *Quercus* + *Corylus* + *Carpinus*. Dashed line: *Pinus*. Fine dotted line: *Picea*. Note the maximum values for deciduous trees during OI stage 5e5, while peaks in the *Pinus* curves follow the warmer substages 5e3 and 5e1. Minimum NAP values are recorded towards the end of the cooler substage 5e4. The episode of deciduous tree expansion and the first *Pinus* maximum also coincide with lithological units (clay-gyttjas) of higher organic content (after Thouveny et al., 1994).

Nejteplejší - OIS 5e5 - počátek eemu (OIS 5e)  
 Pylové analýzy - doklad velmi teplých lesů - dub, líska, habr. Minimum smrku a borovice

ISO-TOPEN	NIEDERLANDE	NORDEUTSCHLAND DÄNEMARK	POLEN	OSTFRANKREICH	ALPENRAUM	ka BP
● 1	Holocène	Holozän	Holocène	Holocène	Holozän	0
○	Younger Dryas	Jüngere Dryas	Younger Dryas	Dryas récent	Jüngere Dryas	10
●	Allerød	Allerød	Allerød	Allerød	Allerød	
○	Older Dryas	Ältere Dryas				
● 2	Bølling	Bølling	Bølling	Bølling	Bølling	
○	Oldest Dryas	Älteste Dryas	Oldest Dryas	Dryas ancien	Altteste Dryas	15
○						
⊖	Denekamp					
○						
⊖	Hengelo					
○						
⊖ 3	Moershoofd					
○						
⊖		Glinde				
○		Ebersdorf		Lanterne II?		
⊖		Oerel		Ognon	3. Int.-St., Dürnten	
○ 4		Schalkholz		Lanterne I	3. St., Bifig	60
● 5a	Odderade	Odderade	Rudunki	Saint Germain 2	2. Int.-St., Ufhusen	85
○ 5b		Rederstall		Melisey 2	2. St., Mühle	95
●	Brørup			1c	3	
○ 5c		Brørup s.l.	Amersfoort s.l.	Saint Germain 1b	1. Int.-St., Huttwil 2	
●	Amersfoort			1a	1	
○ 5d		Herning		Melisey 1	1. St., Seilern	105
● 5e	Eemian	Eem	Eemian	Eémien	Riss/Würm	115
	Saalian	Saale	Varsovian	Riss	Riss	130

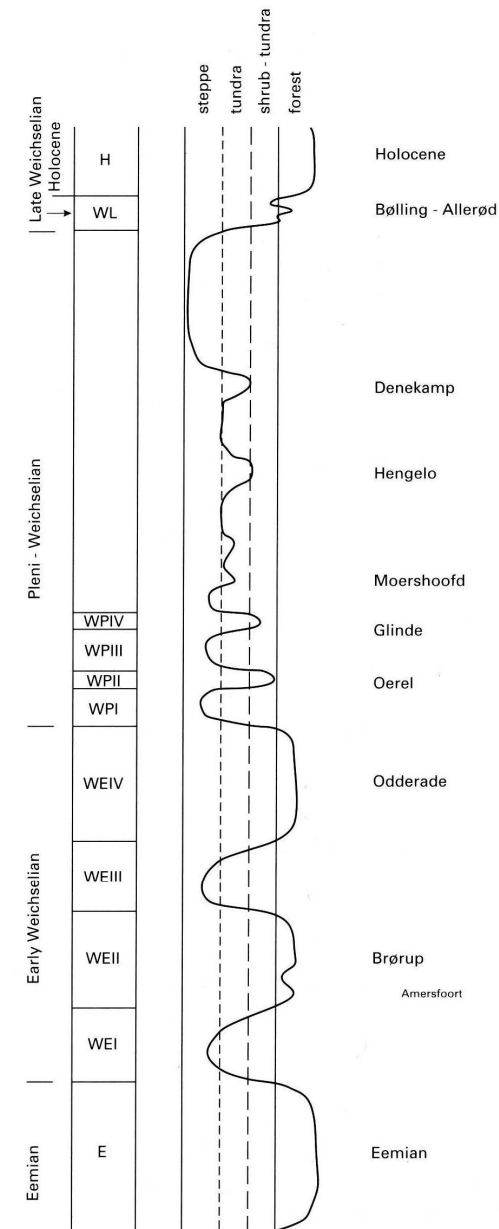
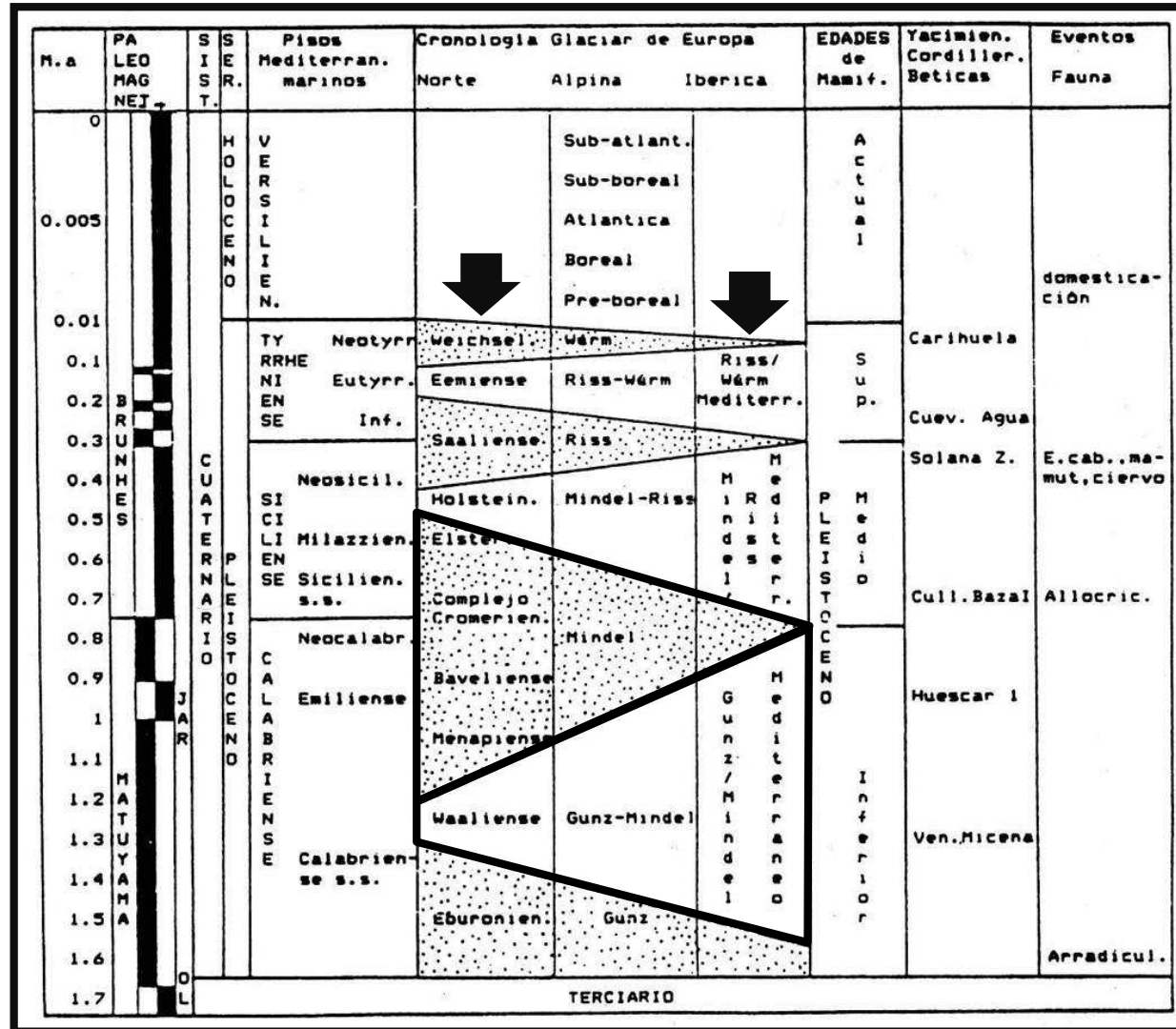


Figure 7.10 Schematic diagram showing the sequence of Weichselian interstadials and their vegetational characteristics in northern and western Europe (after Behre, 1989).

Rozdělení posledního glaciálu v různých oblastech Evropy - Holandsko, Dánsko, Polsko, vých. Francie a alpská oblast.

# Korelace členění v oblasti severozápadní Evropy s oblastí alpsou a mediteránní



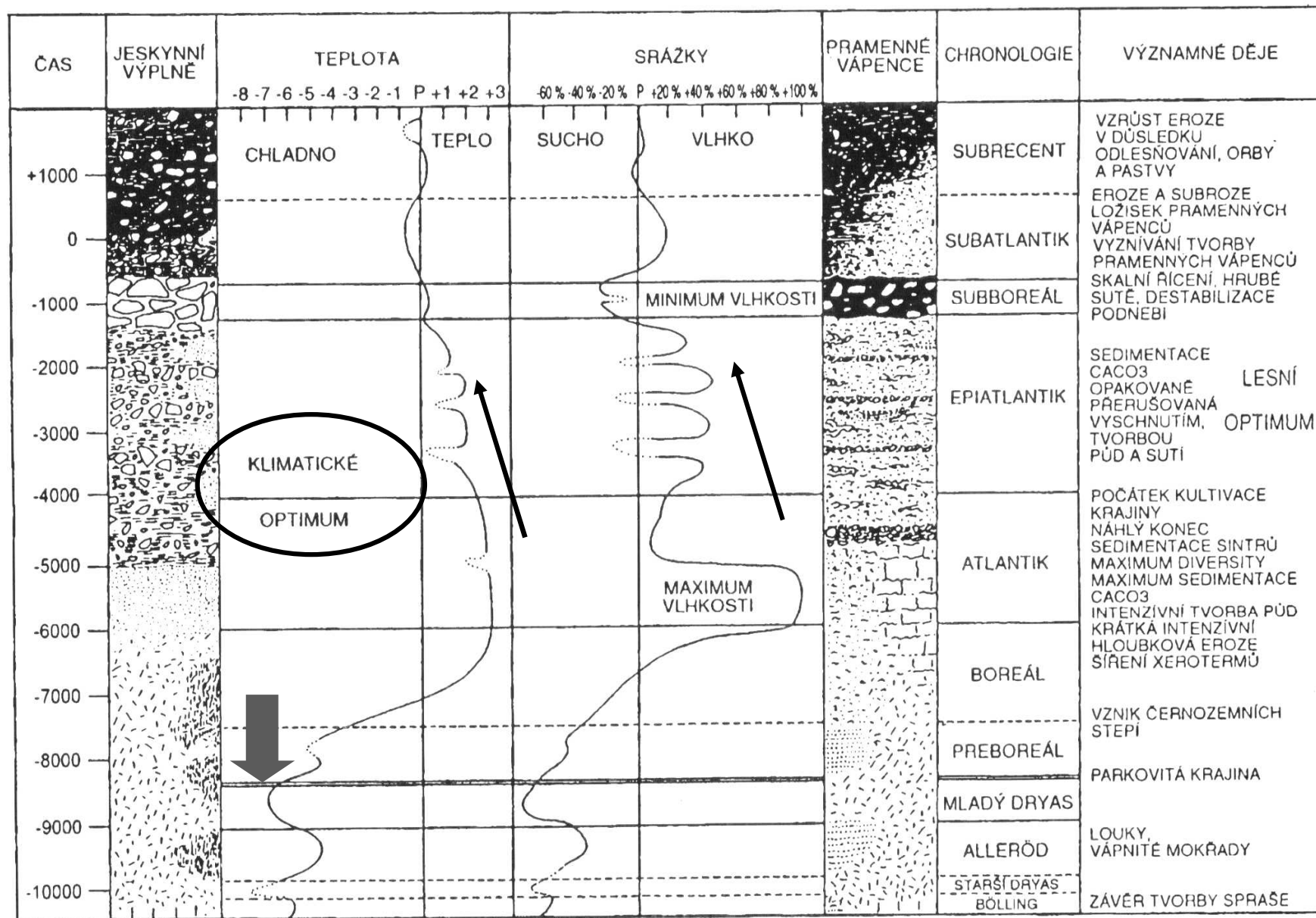
ŠPANĚLSKO

korelace klimaticky odlišných oblastí. Glaciály severní Evropy - mají větší intenzitu a větší dosah než glaciály na Iberském poloostrově

problém - klimaticky O.K., avšak užitím chronostratigrafických termínů v širších geografických oblastech dochází k problémům v paralelizaci vrstev

Korelace chronostratigrafické škály západní Evropy, alpské oblasti a Iberského poloostrova (Ruiz-Bustos 1990).

# Stratigrafie holocénu



Rozdělení holocénu na základě nálezů  
kulturních vrstev

<h1>Kvartér</h1>			
oddělení:		holocén	
		kultura	věk v tisících let
X	subatlantik mladší	doba historická	2 000
IX	starší	latén	1 000
VIII	subboreál	doba železná halštát	0
VII	atlantik mladší	doba bronzová	1 000
VI	starší	eneolit	2 000
V	boreál	neolit	3 000
IV	preboreál	mezolit	4 000
			5 000
			6 000
			7 000
			8 300

### **Použitá literatura**

Bradley, R. S., 1999: Paleoclimatology. Reconstructing Climates of the Quaternary, 2-nd Edition. - In: R. Dmowska, J. R. Holton (Eds.): International Geophysics Series, 1-613. Harcourt Academic Press, Burlington.

Lowe, J. J., 1997: Reconstructing Quaternary Environment. - 1-446. Prentice Hall, Harlow, Essex.

Musil, R., et al., 1995: Stránská Skála Hill – Excavation of Open Air Sediments 1964-1972. – Anthropos series, Vol 26, N.S. 18, 1-213, Moravian Museum, Brno.

Wilson, R. C. L., Drury, S. A., Chapman, J. L., 2000: The Great Ice Age: Climate Change and Life. - 1-267. Routledge, The Open University, London.

<http://www.quaternary.stratigraphy.org.uk/>