

# Kvarterní prostředí (podzimní semestr 2019)

Spraše a paleopůdy

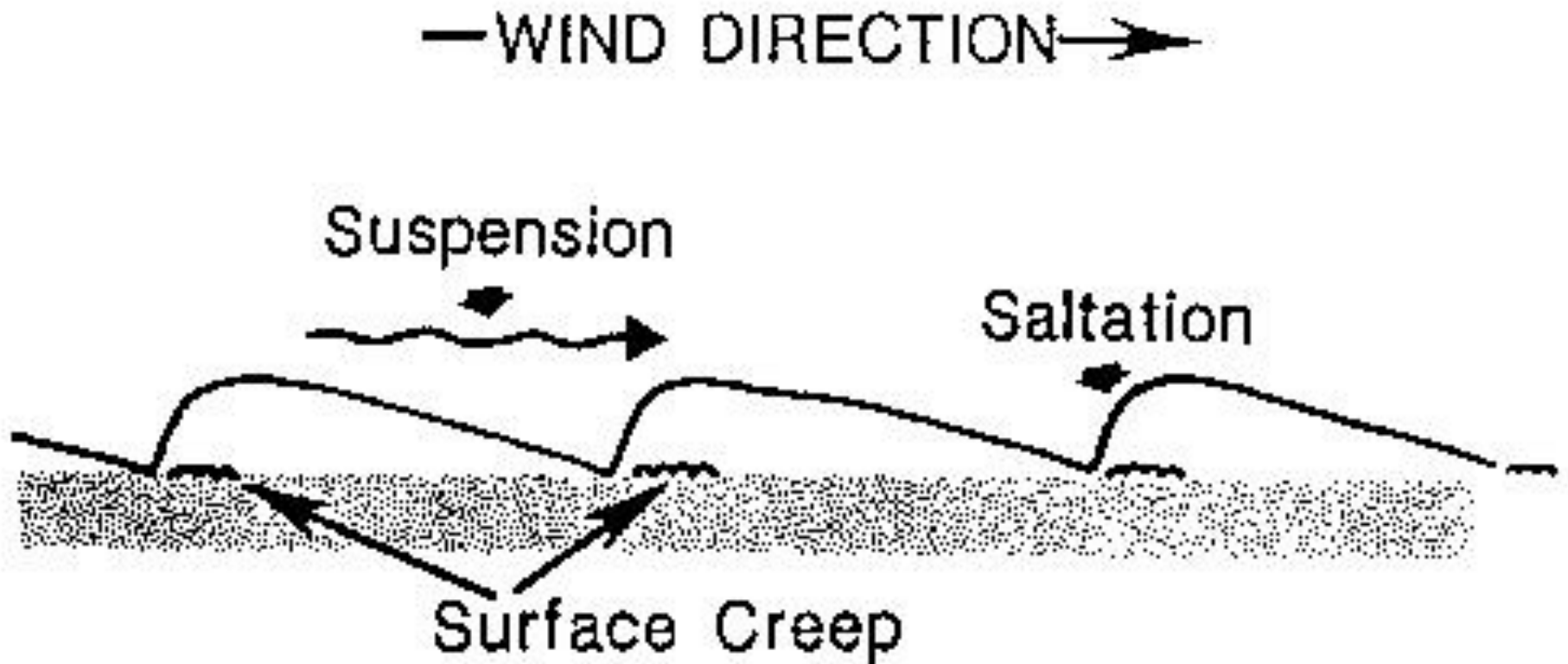
**MUNI**

*Daniel Nývlt* ([daniel.nyvlt@sci.muni.cz](mailto:daniel.nyvlt@sci.muni.cz))

# Eolické procesy, sedimenty a tvary reliéfu

## Transport a ukládání větrem

Eolický transport probíhá ve všech klimatických pásmech, ale jen v aridních oblastech není jeho účinek maskován akumulací či erozí činností vody. Hlavní typy eolického transportu: **vlečení**, **saltace**, **v suspenzi**, významná též recyklace materiálu. Při saltaci dochází díky nízké viskozitě vzduchu, který tak netlumí částice při dopadu, k vyrážení zasažených částic směrem do unášecího proudu. V závislosti na rychlosti větru jsou unášena prachová a písková zrna, výjimečně i šterková frakce.



Eolický unášený materiál tvoří **charakteristické morfologické tvary**, typické pro dnešní **pouštní a polopouštní oblasti**.

Hierarchicky velikostně rozdílné erozní a akumulární tvary reliéfu.

**mikrotvary**: čeřiny, pouštní laky, voštiny, hrance, scallops,...

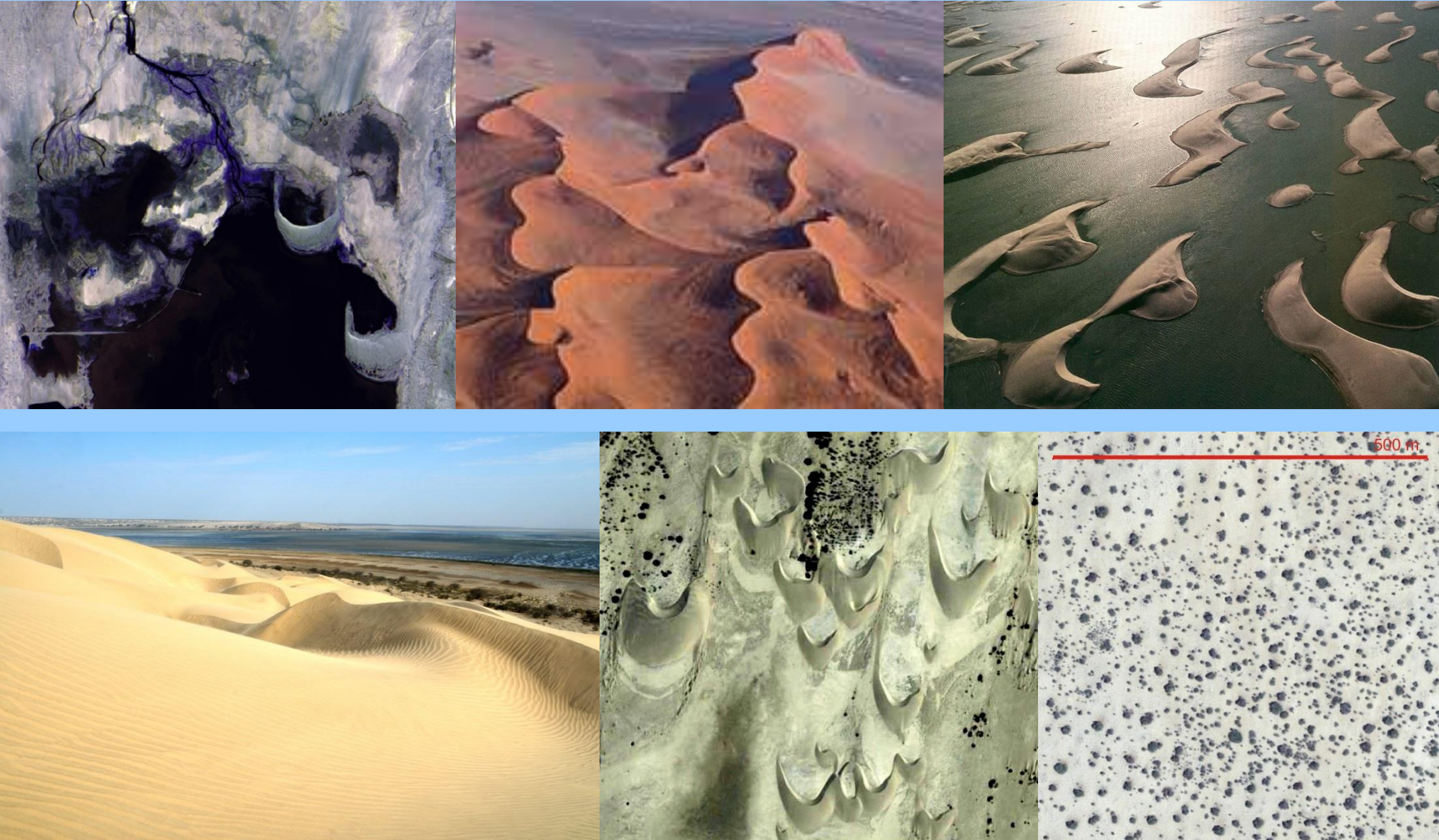
**mezotvary**: různé typy dun, barchany, sejfy, návěje, závěje, jardangy, nebky,...

**makrotvary**: dunová pole, pokryvy – různé typy pouští (erg, hamada, serir, reg),...



**Eolické sedimenty** jsou světově **plošně** (nikoliv však mocností) **nejrozšířenější** skupinou kvartérních terestrických sedimentů.

**Eolické písky** – písčité pouště s typickými makrotvary eolické sedimentace (dunami), typicky rozšířené především v subtropickém pásu.



Eolické prachové sedimenty – **spraše** a **sprašové hlíny** tvoří návěje, závěje a plošné pokryvy s mocnostmi od několika dm až po desítky m. U nás nejčastěji 2–3 m mocné.

**Spraš** – eolický prach, masivní, obvykle bez primárních textur, který prošel lesifikací (zasprašováním) – pedogenním procesem během kterého vznikl vyvločkováný  $\text{CaCO}_3$  (obvykle 6–20 wt%, ale někdy až 40 wt%). Hlavním minerálem tvořícím spraš je křemen, který tvoří obvykle 40–75 %. Spraš není sediment, ale není to ani půda. **Pécsi, M. (1990):** *Loess is not just the accumulation of dust. Quaternary International 7 (8), 1-21.* Obsahuje vápnité konkrece, pseudomycélia, smouhy a bročky oxidů Fe a Mn, sekundární mramorování s náznaky oglejení.

Druhá definice rozšířená především v angloamerické literatuře považuje za spraš jakýkoliv **eolicky ukládaný prach**, přičemž přítomnost karbonátu není podstatná.



Spraš je ukládána ve vrcholných fázích glaciálů (**pleniglaciálech**), kdy byl vegetační kryt mírných zeměpisných šířek minimální. Pokrývají téměř **10 % pevnin**, rozšířeny jsou v nezaledněných **mírných** a severních subtropických zeměpisných **šířkách** obou polokoulí (20–65°), hlavní pás mezi 35° a 55° s. š.

Průměr **zrnitosti** našich spraší je 16  $\mu\text{m}$ , ve světě jsou často hrubší (20–40  $\mu\text{m}$ ), obsahují jemnozrnny písek (běžně 5–15 %) a malý podíl jílu (do 5–10 %). Převažující **prachovitá frakce** je dominantně tvořena zrny křemene. Místy může obsahovat písčité vrstvičky nebo písčité klíny vyplňující mrazové praskliny hrubším písčitým materiálem.

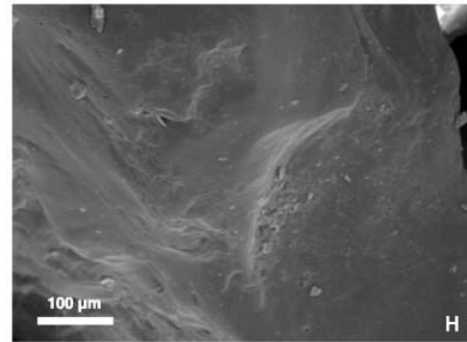
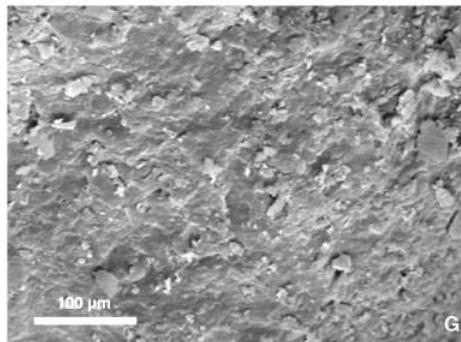
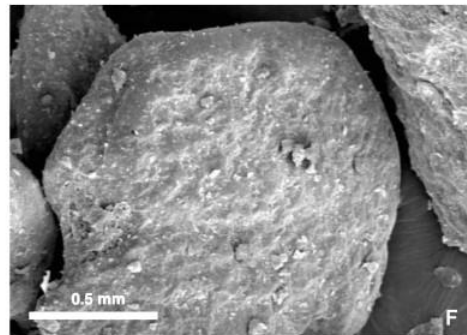
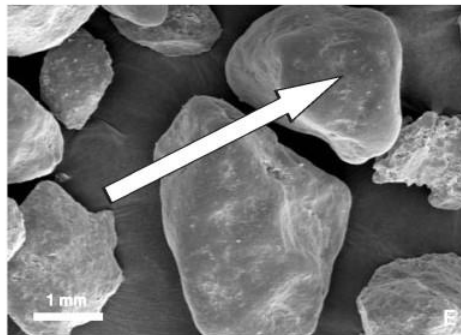
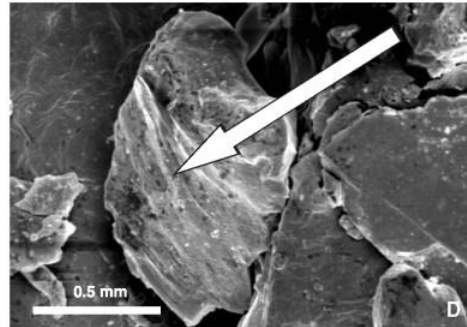
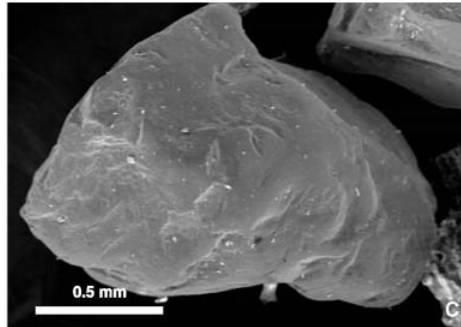
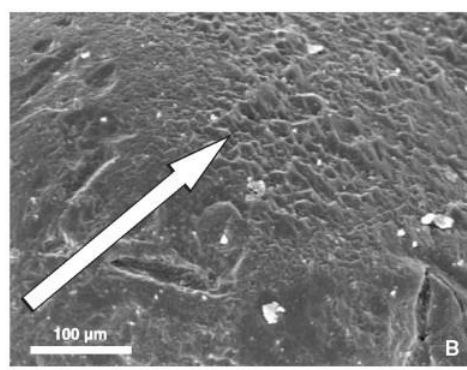
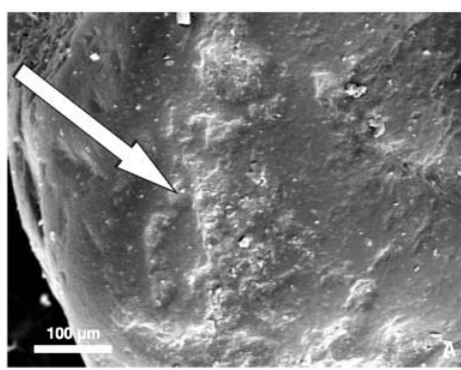
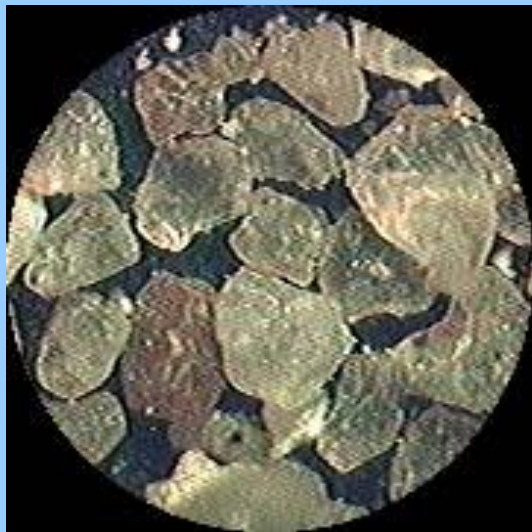


**Původ křemene** v prachové frakci byl tradičně vysvětlován ledovcovým drčením (glacial loess), protože finální zrnitost **ledovcové deterže** křemenného materiálu je právě ve frakci středno- až hrubo-zrnného prachu. Nověji bylo zjištěno, že obdobná zrnitostní frakce křemene může vznikat i jinými procesy, např. **termálním pukáním** krystalinických hornin v pouštních oblastech (desert loess). **Deflační oblasti** – "**glacial loess**" - rozsáhlé glacifluviální výplavové plošiny, vegetací nezpevněná krajina vrcholných glaciálů mírných zeměpisných šířek, „**desert loess**" - pouštní oblasti subtropů a obnažené kontinentální šelfy.

Díky sedimentaci přímo z atmosféry velice vhodný materiál pro **paleometeorologické rekonstrukce**. Obsahuje **pohřbené půdní horizonty** (**fosilní půdy**) mnohdy s archeologickým materiálem odpovídající obdobím bez sedimentace a důležité indikátory kvartérních klimatických změn.



**Křemen** v prachové i písčité frakci dobře zaoblený se specifickými tvary povrchu vázanými na eolický transport (eolické jamky a zálomy po impaktech jiných zrn) a zmatnění povrchu zrn díky korozi chemickými procesy.





# Světové rozšíření spraší

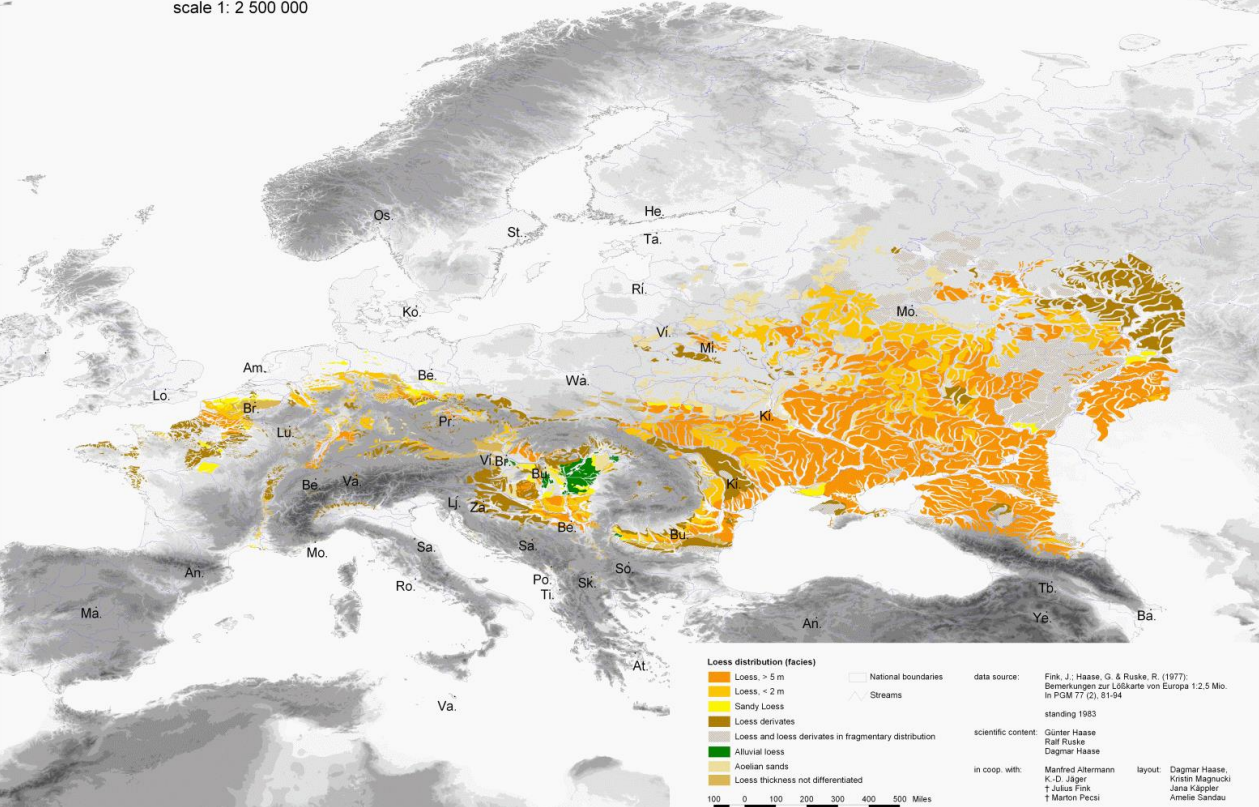
Starý svět:

- Středoevropský sprašový pás
- Východoevropský sprašový pás
- Sibiřský sprašový pás
- Sprašový pás středoasijský
- Čínské sprašové plató

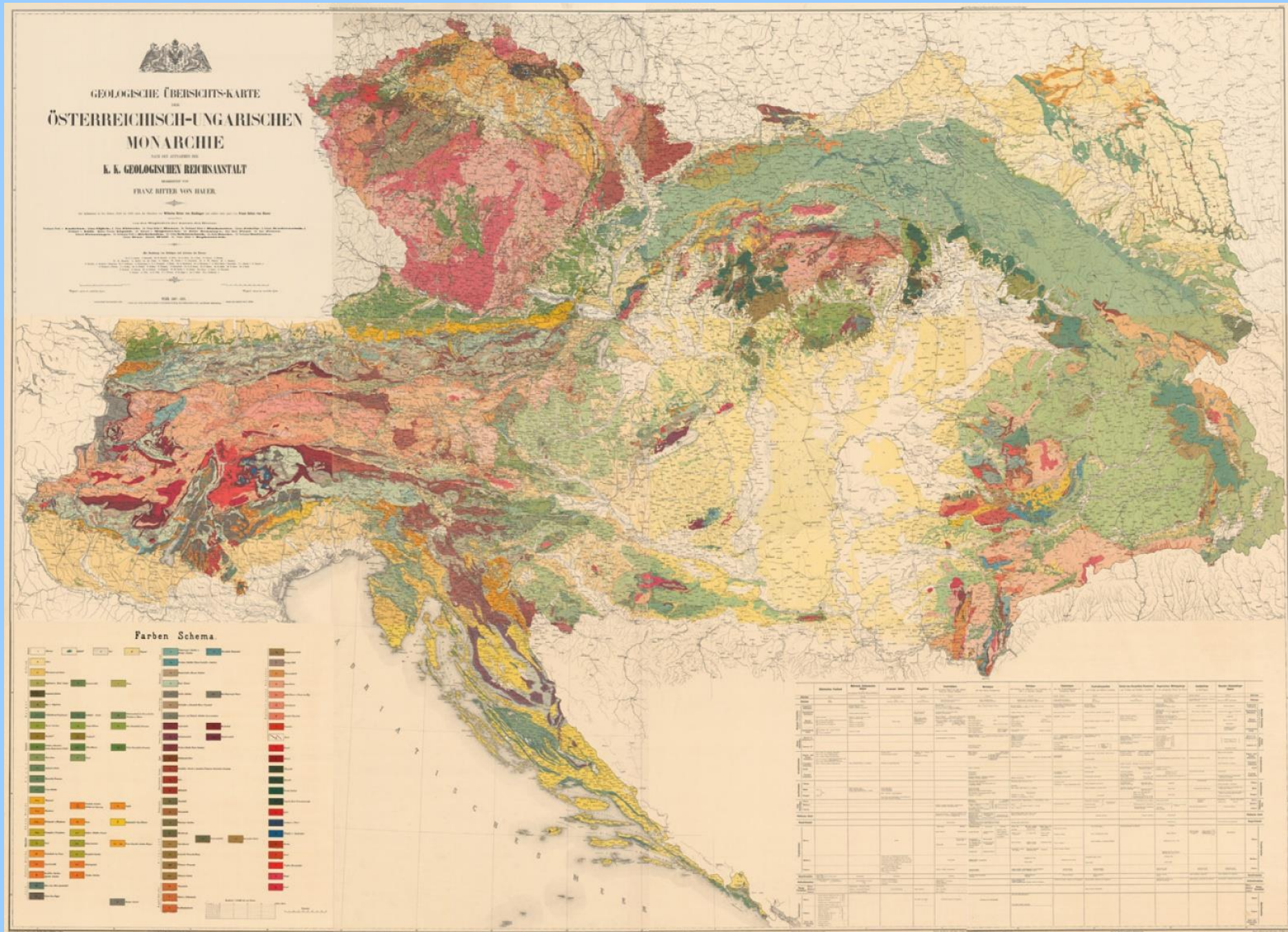


Map of loess distribution in Europe

scale 1: 2 500 000



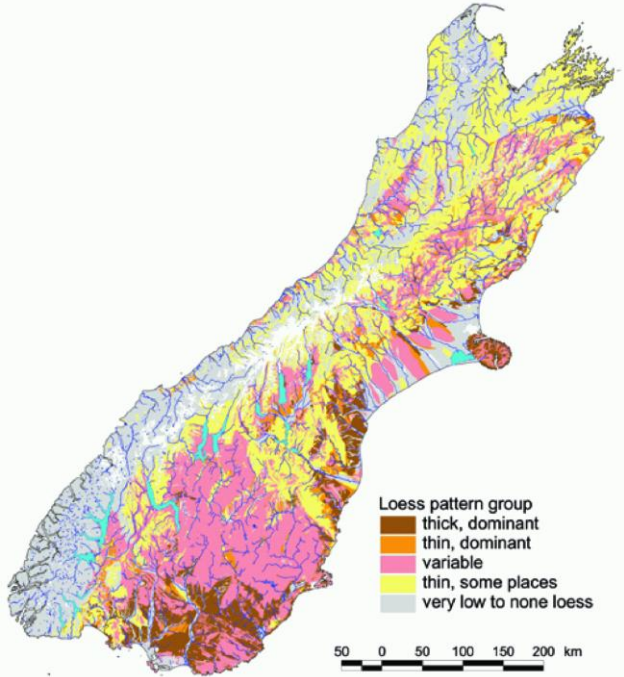
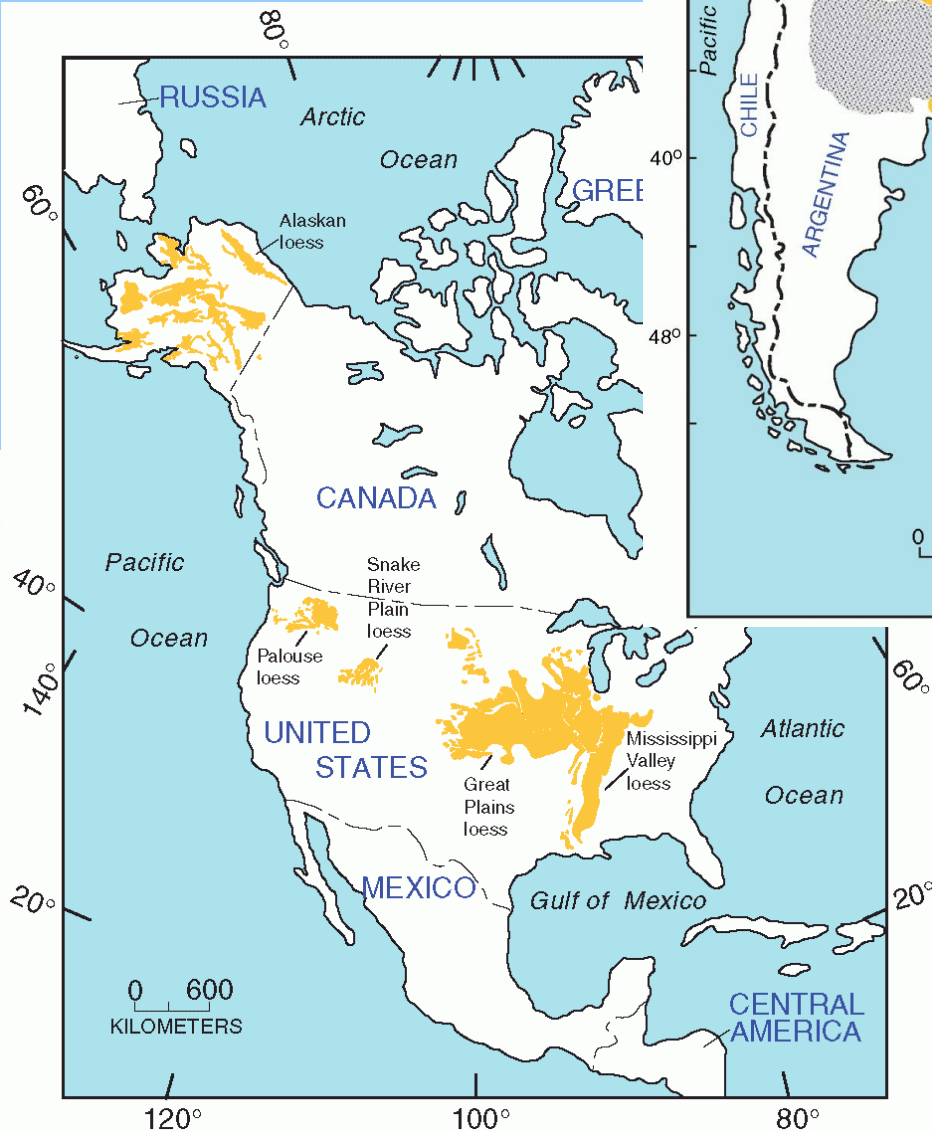
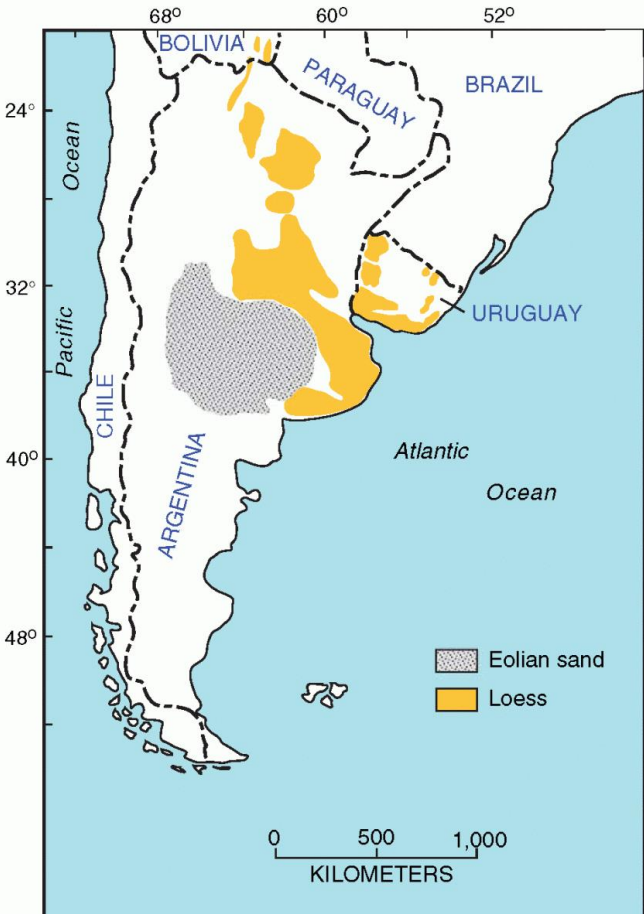
# Středoevropský sprašový pás: nejstarší mapa již Franz Ritter von Hauer (1867–1871)



# Světové rozšíření spraší

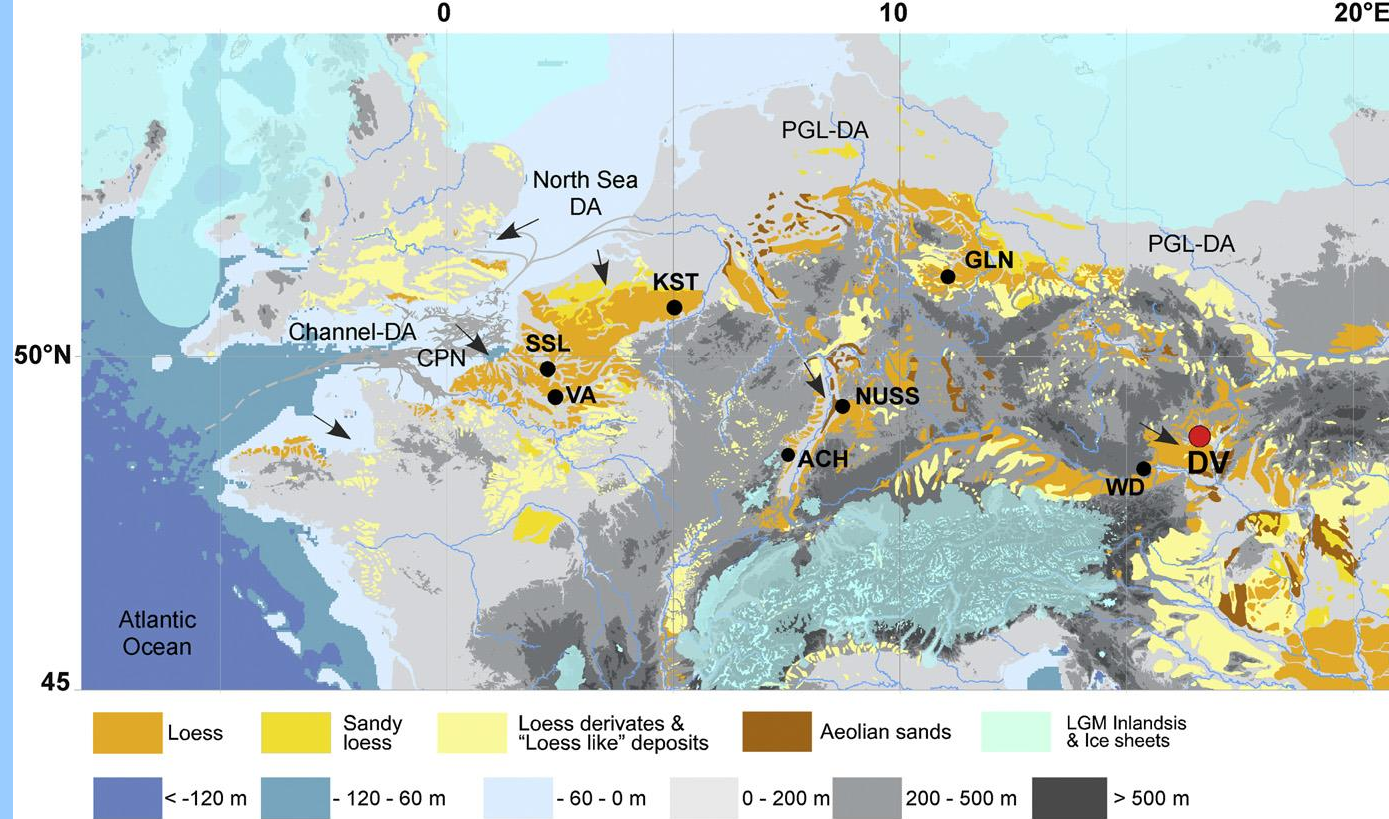
Nový svět:

- Aljaška
- Columbia plateau
- Great Plains
- Mississippi Valley
- Argentina-Uruguay
- Nový Zéland



# Rozšíření spraší ve střední Evropě

Vyskytují se do nadm. výšek 300–350 m, výše se vyskytují nevápnité **sprašové hlíny** (ty byly díky vyšším srážkám ve vyšších nadm. výškách druhotně odvápněny). V humidních oblastech je výšková hranice pravých spraší ještě níže (i 200 m n. m.).



**Průměrná rychlost sedimentace pleniglaciálních evropských spraší: 0,5–30 cm/rok**

## Smíšené eolické sedimenty (vlhké oblasti)

- koluvioelické až eolickokoluviální (častá resedimentace sprašového materiálu uloženého na svahu solíflukcí, obvykle plošnou jednostrannou gelíflukcí).
  - spraše pahorkatin (Ambrož 1952) - eolická a koluviální složka
- niveoeolické – navátí prachu a písku na sníh
- bažinné spraše
- sprašové hlíny stojatých vod (Ostravsko)
- fluvioeolické – jižní Morava - proudící voda

## Stratigrafický a paleogeografický význam sprašových sérií

- sprašové profily a naváté písky s fosilními a subfosilními půdami → proxy data
- stratigrafie kvartéru (tvorba nejmladší spraše ~28–13 ka BP, naváté písky <12 ka BP)

**Význam spraší** – sklepy (soudržný materiál díky  $\text{CaCO}_3$ ), stěny drží díky sloupcovité odlučnosti, cihlářská hlína, v písčítých polohách jiříčky, hmyz – ekologické hledisko

**sprašová série se subfosilní půdou**

**Hranice, Česko**



**sprašová série v nadloží fluviálních sedimentů řeky Bije**

**Priobskoe plató, Bijsk, Rusko**



**sprašová série s fosilní půdou  
(braunlehmem), spodní pleistocén**

**Kurovice, Česko**



**fosilní kost v  
profilu**

**okraj  
Priobskova  
plata, podhůří  
Altaje, Rusko**



**typicky vyvinutá  
černozem na  
spraši s  
„recentní  
spraší“ na  
povrchu**

**Priobskoe plató,  
Bijsk, Rusko**



# Metody výzkumu sprašových sérií

- magnetické vlastnosti
- pedostratigrafie a mikromorfologie
- obsah  $\text{CaCO}_3$ , TIC a TOC
- zrnitost
- mineralogie
- datování (OSL,  $^{14}\text{C}$ )
- malakologie
- savčí paleontologie

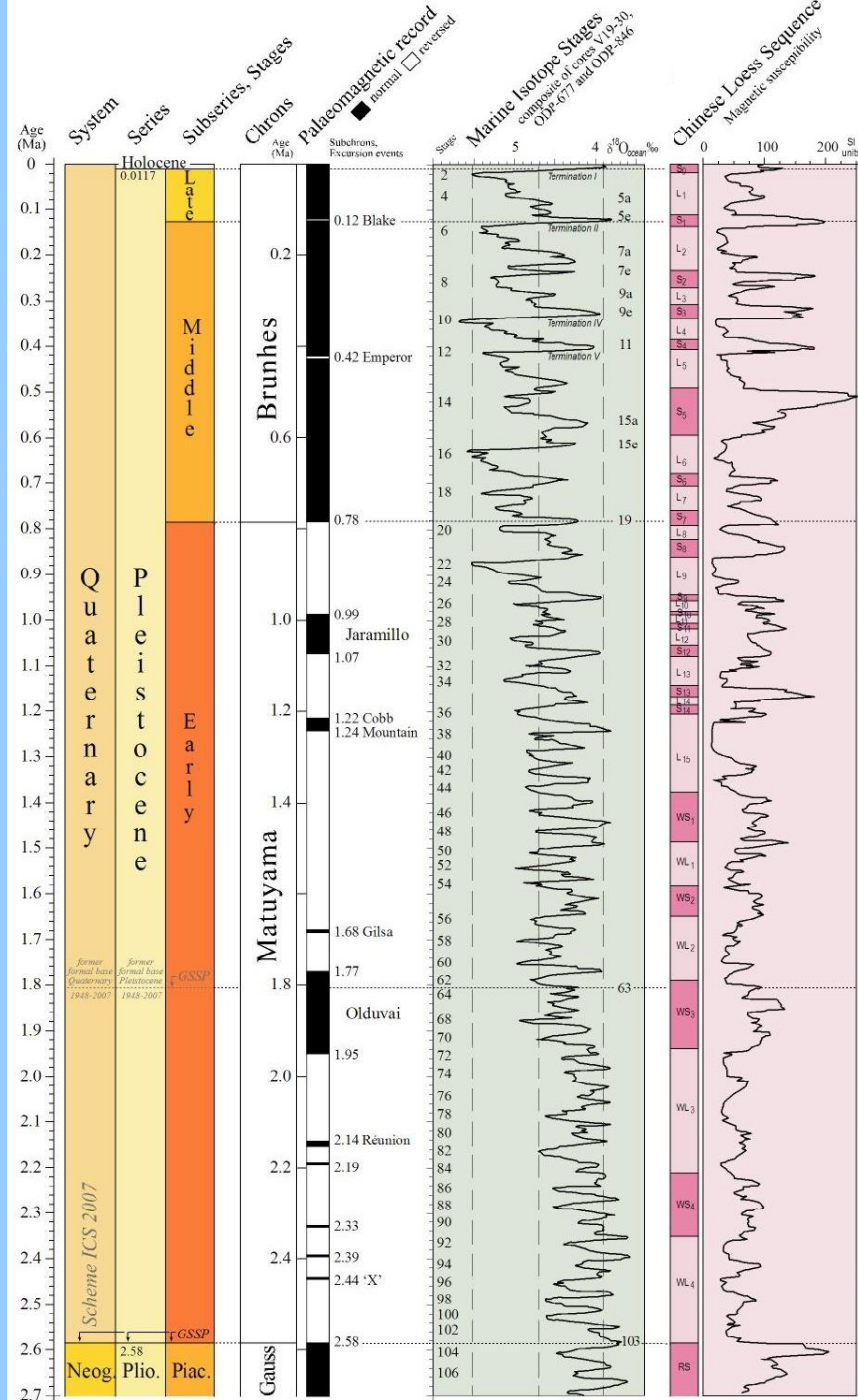


# Paleoklimatický záznam ve sprašové sérii Čínského sprašového plató

Na hranici pliocén/pleistocén (~2,6 Ma) změna ze sedimentace červených jíílů na typické spraše.

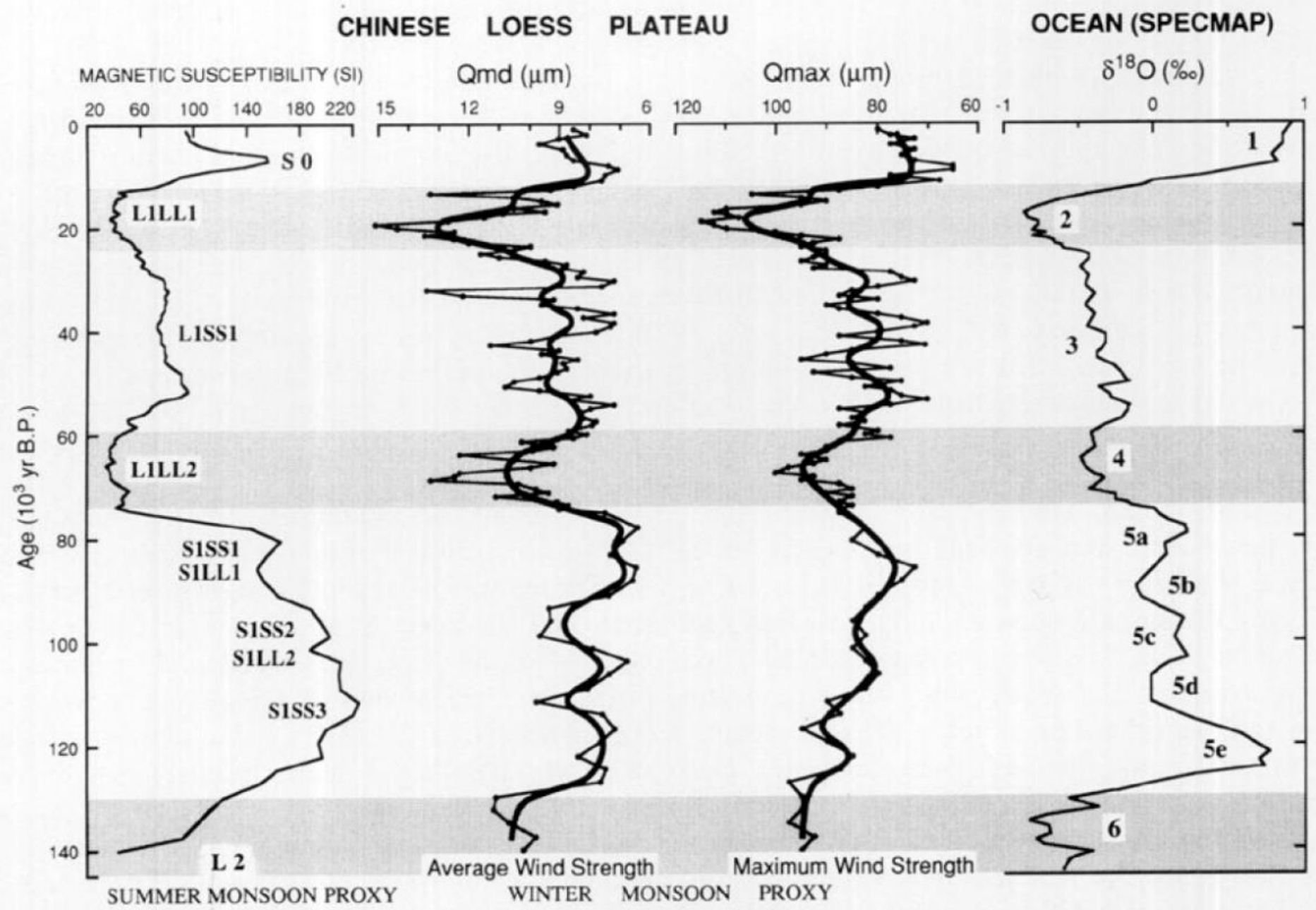
Záznam odráží různou klimatickou cyklicitu během kvartéru – Laplaceova, Crollova a Milankovičova perioda.

Dobrá korelace s mořským záznamem přinejmenším pro Milankovičovu periodu středního a svrchního pleistocénu.

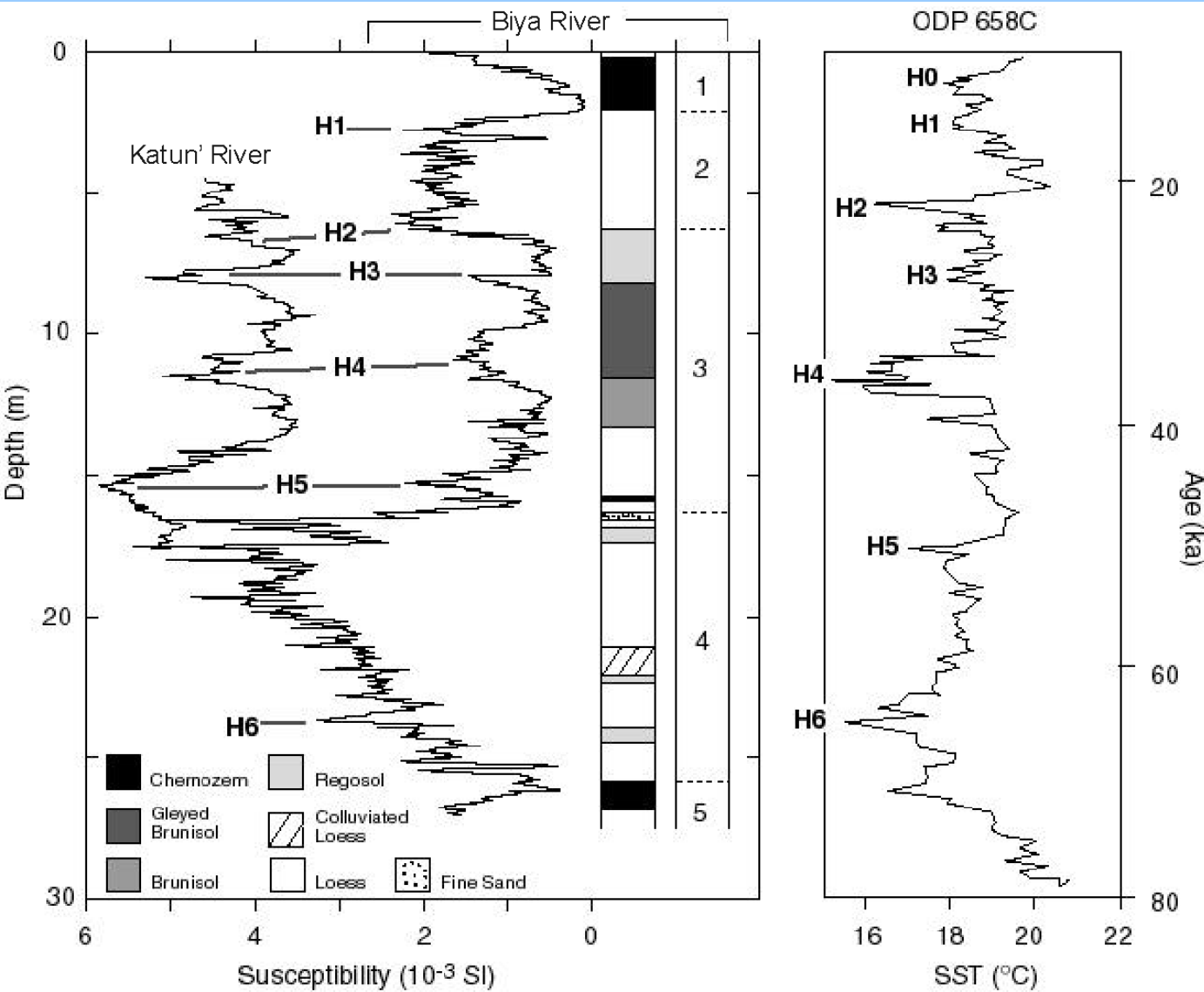




# Čínské sprašového plató – zrnitost (hrubší spraše v chladných obdobích)



**Magnetická susceptibilita a stratigrafie na profilech Bija a Katuň**  
 vpravo rekonstruované přihladinové teploty moře ze zbytků  
 fytoplanktonu z mořských sedimentů poblíž sz. pobřeží Afriky (ODP  
 658C) s vyznačenými Heinrichovými událostmi (Heinrich events – HE),  
 jejichž ekvivalenty byly zjištěny ve zkoumaných sprašových profilech.



Vyšší hodnoty MS během  
 OIS 3 dobře korelují s  
 vyššími hodnotami MS v  
 hlubokomořských  
 sedimentech severního  
 Atlantiku – na střední Sibiři je  
 to způsobeno chladnějším  
 počasím s hojnějšími  
 bouřemi, které mohly  
 transportovat těžší zrna

Čínské profily nevykazují  
 žádné chladné události  
 zjistitelné MS, pouze zrnitostí  
 a obsahem karbonátů. MS  
 tam ukazuje pouze na teplé  
 (GIS) výkyvy.

**VYSVĚTLENÍ – Rozdílný  
 magnetoklimatický model**

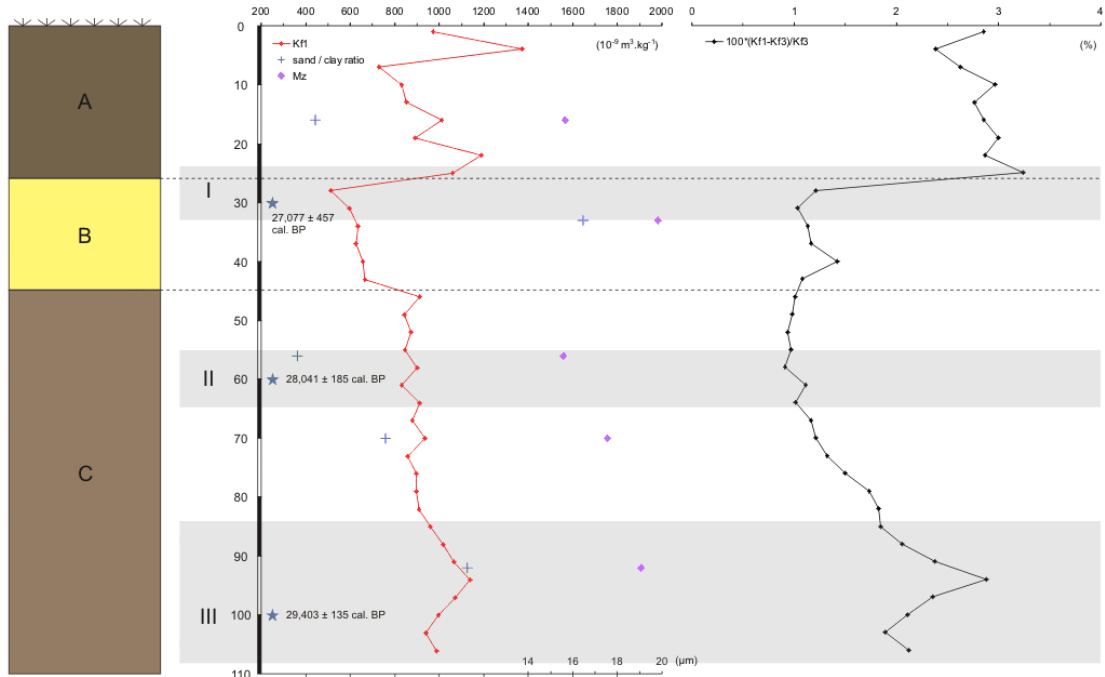
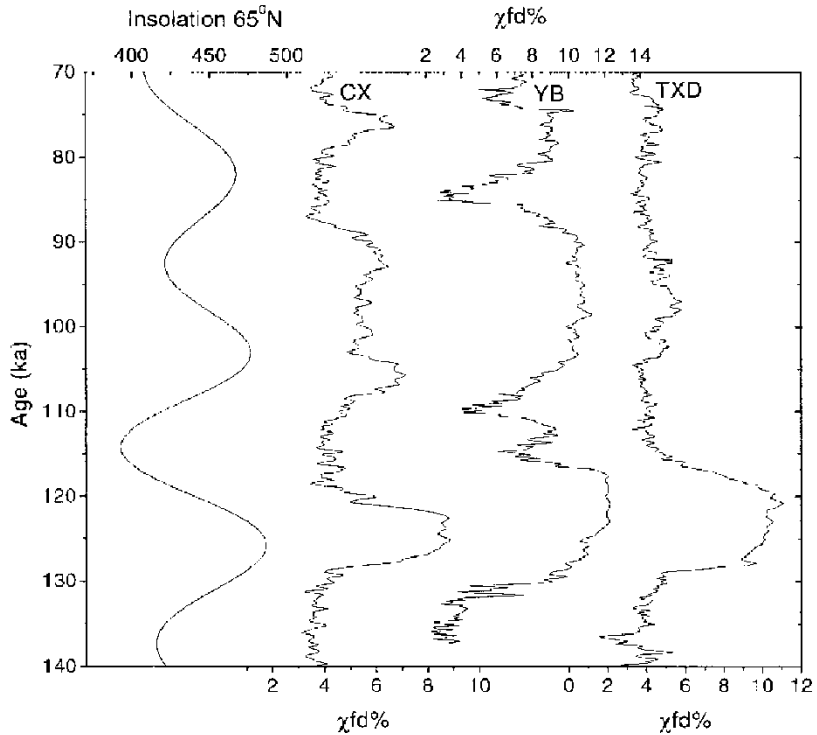
Čína – MS ovlivněna  
 intenzitou pedogeneze –  
 superparamagnetické  
 minerály (množství srážek  
 způsobené monzunovou  
 činností)

Sibiř – MS ovlivněna silou  
 (směrem) větru, proto je  
 možné zaznamenat i krátké  
 události jako HE

# Frekvenčně závislá magnetická susceptibilita

MS je možné měřit v několika frekvencích, vztah mezi magnetickými vlastnostmi materiálu v závislosti na frekvenci měření vyjadřuje frekvenčně závislá MS:  $100 \cdot (Kf1 - Kf3) \cdot Kf3^{-1}$

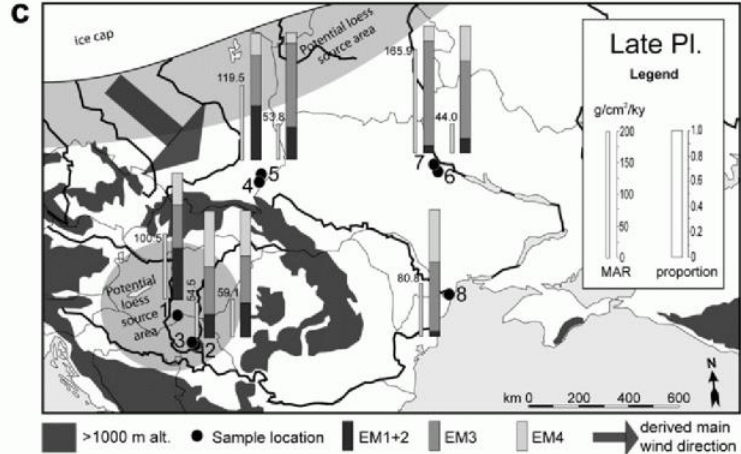
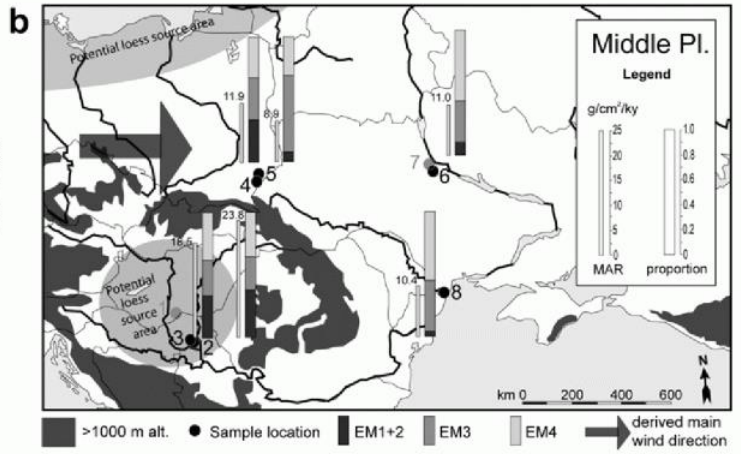
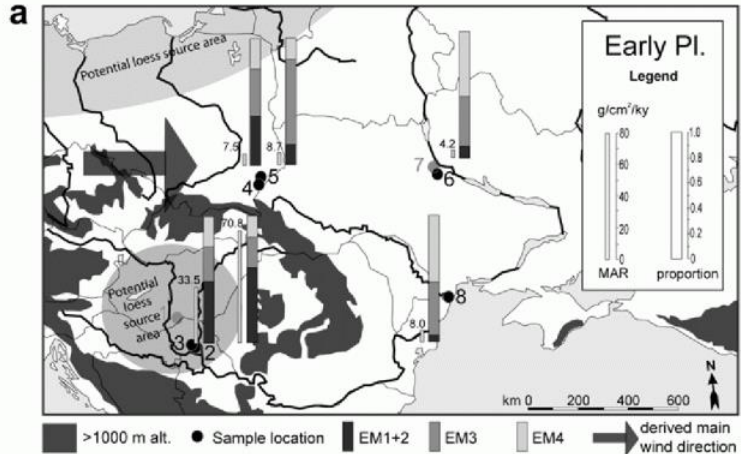
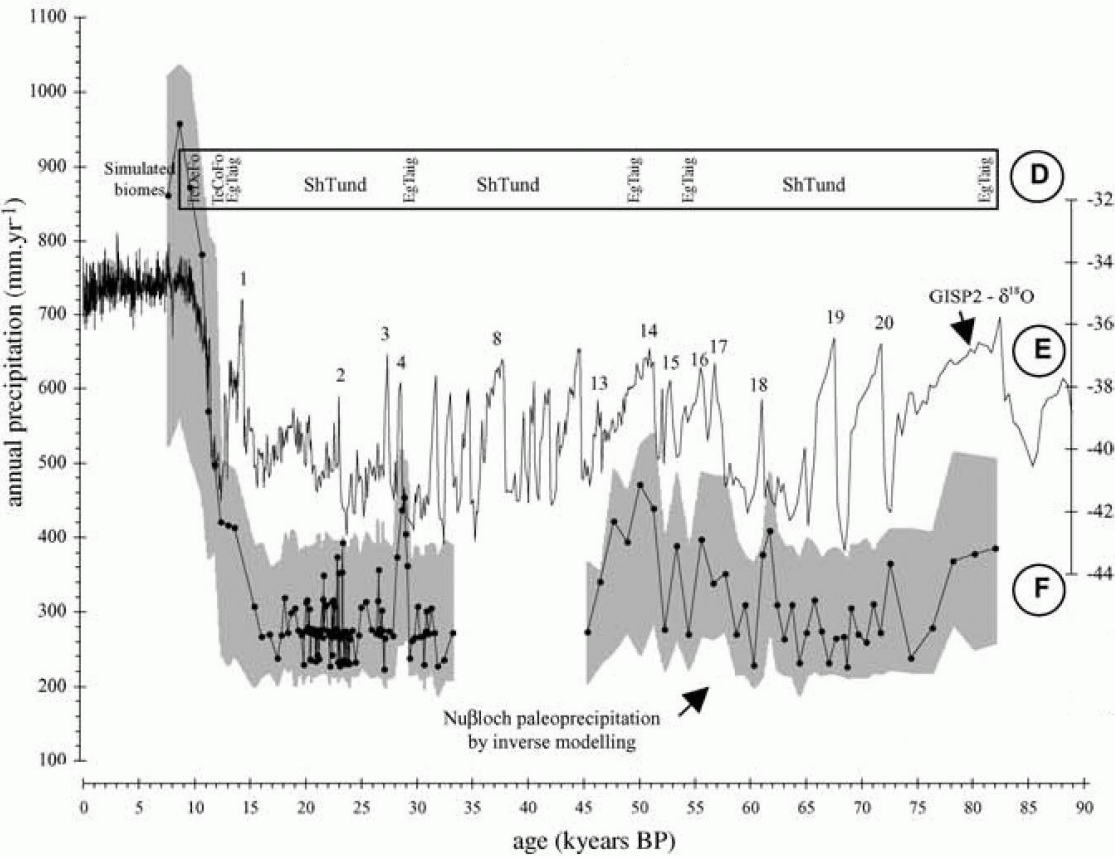
Dokáže z magnetického záznamu vytáhnout záznam způsobený **velice jemnými superparamagnetickými částicemi** vzniklými v důsledku působení pedogenních bakterií.



**Velmi vhodný indikátor intenzity pedogeneze**

# Rekonstrukce paleosrážek v Západní Evropě, sprašová série u Nusslochu

pleniglaciální srážky 200–400 mm/rok; interstadiální srážky 300–550 mm/rok, holocenní srážky 550–1000 mm/rok, dnešní srážky ~750 mm/rok



Rekonstrukce směru proudění větru ve střední Evropě během posledního pleniglaciálu na základě zrnitosti spraší

# Fosilní půdy jejich stratigrafický a paleogeografický význam

- přerušení sedimentace, vulkanický a seismický klid, není eroze a akumulace
- změna přírodního prostředí

**Pedostratigrafie** – vývoj konceptu nezávisle v 50. letech v Číně (Liu, Chang) a v Československu (Kukla, Ložek, Prošek)

**spraše** – chladná období (stadiály), sedimentace

**pohřbené půdy** – teplá období (interglaciály, interstadiály), bez sedimentace

## Půdní komplexy (PK)

– černozemě – stadiály; hnědé půdy (kromě PK I) – interglaciály

PK I Stillfried B – hnědozem (gravettien)

PK II, III Stillfried A – černozemě (interstadiál) a parahnědozemě (poslední interglaciál)

PK IV–VI ozemněné (luvické) a braunlehmovité parahnědozemě

PK VII–XI braunlehm, (ferreto na štěrcích)

PK XII ? zemitý braunlehm

Černozem (typická) na spraši

černozem

Chernozem

humifikace

Ap – tmavošedá hlinitá zemina výrazně drobtové struktury, drobná

A – tmavošedá hlinitá zemina krupnaté struktury, soudržná

roviny do 300 m n. m.; průměrná roční teplota nad 8°C; srážky 450-650 mm/rok; mocnost 60-80 cm; vznik ve stepních podmínkách termination I; dnes udržovány kultivací

A/Cca – plavošedá hlinitá zemina, slabě vápnitá, polyedrické struktury, soudržná; žilky uhličitane vápenatého, krotoviny

Cca – plavá vápnitá spraš; hojné žilky uhličitane vápenatého, krotoviny

Hnědozem (typická) na spraši

hnědozem

Luvisol

illimerizace

Ap – šedohnědá hlinitá zemina drobtové struktury, drobná

Bt – hnědá jílovitohlinitá zemina kostečkové struktury, soudržná; povlaky koloidů na strukturních částicích

B/C – světle hnědá jílovitohlinitá zemina prizmatické struktury, tuhá; náteky koloidů na strukturních částicích

Cca – plavá vápnitá spraš; hojné žilky uhličitane vápenatého, cicváry

pahorkatiny 200-450 m n. m.; průměrná roční teplota 7-9°C; srážky 500-700 mm/rok; mocnost 30-50 cm

SPRAŠ

Černozem degradovaná na spraši

černozem luvická

Illimerizovaná půda (typická)

luvizem

Luvic Chernozem

Luvisol **illimerizace**

**humifikace + iluviace**

Ap – šedá hlinitá zemina drobtové struktury, drobnivá

Ap – hnědošedá hlinitá zemina práškovité a hrudkovité struktury, ulehlá

A – tmavošedá hlinitá zemina krupnaté struktury, soudržná

**střední polohy; průměrná roční teplota 6-8°C; srážky 550-900 mm/rok; pod humus. horizontem až 40 cm mocný vybělený eluviální (E) horizont**

E – světle plavošedá hlinitá zemina lístkovité struktury, drobnivá; bílé poprašky na strukturních částicích, rezivě železité bročky

A/Ct – tmavohnědá hlinitá zemina kostečkové struktury, soudržná; povlaky humusu a koloidů na strukturních částicích

E+B – světle narezle hnědá hlinitá zemina se světle plavošedými jazyky, polyedrické struktury, drobnivá; jednotlivé povlaky koloidů na strukturních částicích, bílé poprašky, rezivě železité bročky

**vznik iluviálního horizontu na přechodu do matečného sustrátu**

Bt – rezivohnědá zemina s ojedinělými bělošedými jazyky, jílovitohlinitá, polyedrické struktury, tuhá; povlaky koloidů na strukturních částicích, jednotlivé rezivě železité bročky

Cca – plavá vápnitá spraš; hojné žilky uhličitane vápenatého, cicváry

B/C – světle rezivohnědá jílovitohlinitá zemina prizmatické struktury, tuhá; náteky koloidů na strukturních částicích, ojedinělé rezivě železité bročky

C – žlutohnědá jílovitohlinitá sprašová hlína s ojedinělými rezivými železitými bročky a tmavými Fe-Mn povlaky ve svrchní části horizontu

**SPRAŠ**

## Šedozem na spraši



## šedozem

### Greyzem

#### humifikace + illimerizace

- Ap – šedá hlinitá zemina drobtové a práškovité struktury, drobná
- Ae – šedá hlinitá zemina (světlejší než předešlá) lístkovité struktury, drobná; bílé poprašky na strukturních částicích
- At – tmavošedá hlinitá zemina polyedrické struktury, soudržná, výrazné bílé poprašky a povlaky koloidů na strukturních částicích

**okrajová oblast rozšíření černozemí; hluboký humusový horizont až >50 cm; humus díky iluviaci i níže v profilu**

- Bt – tmavohnědá hlinitá zemina kostečkové struktury, soudržná; povlaky humusu a koloidů na strukturních částicích
- B/C – hnědá hlinitá zemina prizmatické struktury, tuhá; jednotlivé náteky humusu a koloidů na strukturních částicích
- Cca – plavá vápnitá spraš s hojnými žilkami uhličitanu vápenatého

## Pseudoglej na sprašové hlíně



## pseudoglej

### Planosol oglejení

- Ap – hnědošedá jílovitohlinitá zemina hrudkovité struktury, ulehlá; výskyt rezivých železitých broček
- gor – bělošedá (rezivoohnědě mramorovaná) jílovitohlinitá zemina slité struktury, tuhá; rezivé železité bročky
- střední polohy; průměrná roční teplota 6-8°C; srážky 550-900 mm/rok; pod humus. horizontem několik dm mocný bělošedý oglejený horizont s rezavými skvrnami**
- gm – rezivoohnědá, výrazně bělošedě mramorovaná jílovitohlinitá zemina s náznaky prizmatické struktury, velmi tuhá; ojedinělé povlaky koloidů na strukturních částicích, ojedinělé rezivé železité bročky
- g/C – žlutoohnědá jílovitohlinitá sprašová hlína s bělošedými jazyky; rezivé železité bročky, Fe-Mn povlaky ve svrchní části horizontu

**SPRAŠ, SPRAŠOVÁ HLÍNA**



## K dalšímu čtení:

- Bockhorst, M.P. et al. (2011): Atmospheric circulation patterns in central and eastern Europe during the Weichselian inferred from loess grain–size records. *Quaternary International* 234, 62–74.
- Derbyshire, E., Ed. (2001): Recent research on loess and palaeosols, pure and applied. *Earth-Science Reviews*, 54, 1–260. **Monotématické číslo obsahující celkem 13 článků.**
- Evans, M.E., Rutter, N.W., Catto, N., Chlachula, J., Nyvlt, D. (2003): Magnetoclimatology: Teleconnection between the Siberian loess record and North Atlantic Heinrich events. *Geology*, 31, 6, 537–540.
- Frechen, M., Oches, E.A., Kohfeld, K.E. (2003): Loess in Europe – mass accumulation rates during the Last Glacial Period. *Quaternary Science Reviews*, 22, 1835–1857.
- Antoine, P. et al. (2013): High-resolution record of the environmental response to climatic variations during the Last Interglacial–Glacial cycle in Central Europe: the loess-palaeosol sequence of Dolní Věstonice (Czech Republic). *Quaternary Science Reviews*, 67, 17–38.
- Maher, B.A. (1998): Magnetic properties of modern soils and Quaternary loessic paleosols: paleoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 137, 25–54.
- Muhs, D.R. (2006): Loess Deposits, origins and properties. In: Elias, S. A. (Ed.): *Encyclopedia of Quaternary Science*. 1405–1418, Elsevier.
- Pécsi, M. (1990): Loess is not just the accumulation of dust. *Quaternary International* 7 (8), 1 – 21.
- Smith B.J., Wright J.S., Whalley W.B. (2002): Sources of non-glacial, loess-size quartz silt and the origins of “desert loess”. *Earth-Science Reviews*, 59, 1–26.
- Tomášek, M. (2007): *Půdy České republiky*. 4. vydání. 68 p., 41 příloh. ČGS, Praha.
- Vlačiky, M., Michalík, T., Nývltová Fišáková, M., Nývlt, D., Moravcová, M., Králík, M., Kovanda, J., Péková, K., Přichystal, A., Dohnalová, A. (2013): Gravettian occupation of the Beckov Gate in western Slovakia as viewed from the interdisciplinary research of the Trenčianske Bohuslavice-Pod Tureckom site. *Quaternary International*, 294, 41–60.