

Obr. 5. Stratigrafické schéma kvartérních sedimentů na listu St. Serin-sur-Rance (2442). Ca – travertin; ob – organické sedimenty; dfl – deluvio-fluviátlní sedimenty; fl – povodňové hlíny; j – jeskynní sedimenty; s – sprašové hlíny; d – deluviaální sedimenty, sutě; F 1 – 6 a Fw-h – fluviální písčité štěrky (terasy a výplň údolních niv).

rozsah v poměrně široce rozvětveném údolí. Naopak pro řeku Rance je typické hlubší a užší, místy až kaňonovité údolí, na jehož svazích jsou zachovány jen ploše málo rozsáhlé terasy (resp. jen jejich relikty), často překryté hlinito-kamenitými deluviaálními sedimenty. Fluviální písčité štěrky vyplňující dolní nivy obou řek a potoků jsou obdobného složení jako štěrky teras a jsou překryty 1–2 m mocnými povodňovými hlinami.

### Literatura

- BODELLE, J. - GOGUEL, J. et al. (1980): Carte géologique de la France et de la marge continentale B l'échelle de 1/1 500 000. – B.R.G.M. Orléans.  
 GUÉRANGÉ-LOZES, J. - BURG, J.-P. (1990): Les nappes varisques du sud-ouest et structurales B 1/250 000 Montpellier et Aurillac. – Géologie de la France, 3–4, 71–106. Paris.

## PALEOPEDOLOGICKÝ VÝZKUM VÝZNAMNÝCH KVARTÉRNÍCH LOKALIT V DOLNÍM RAKOUSKU

### Palaeopedological investigation of the important Quaternary localities in the Lower Austria

PAVEL HAVLÍČEK<sup>1</sup> - LIBUŠE SMOLÍKOVÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Český geologický ústav, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

<sup>2</sup>Ústav geologie a paleontologie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Albertov 6, 128 43 Praha 2

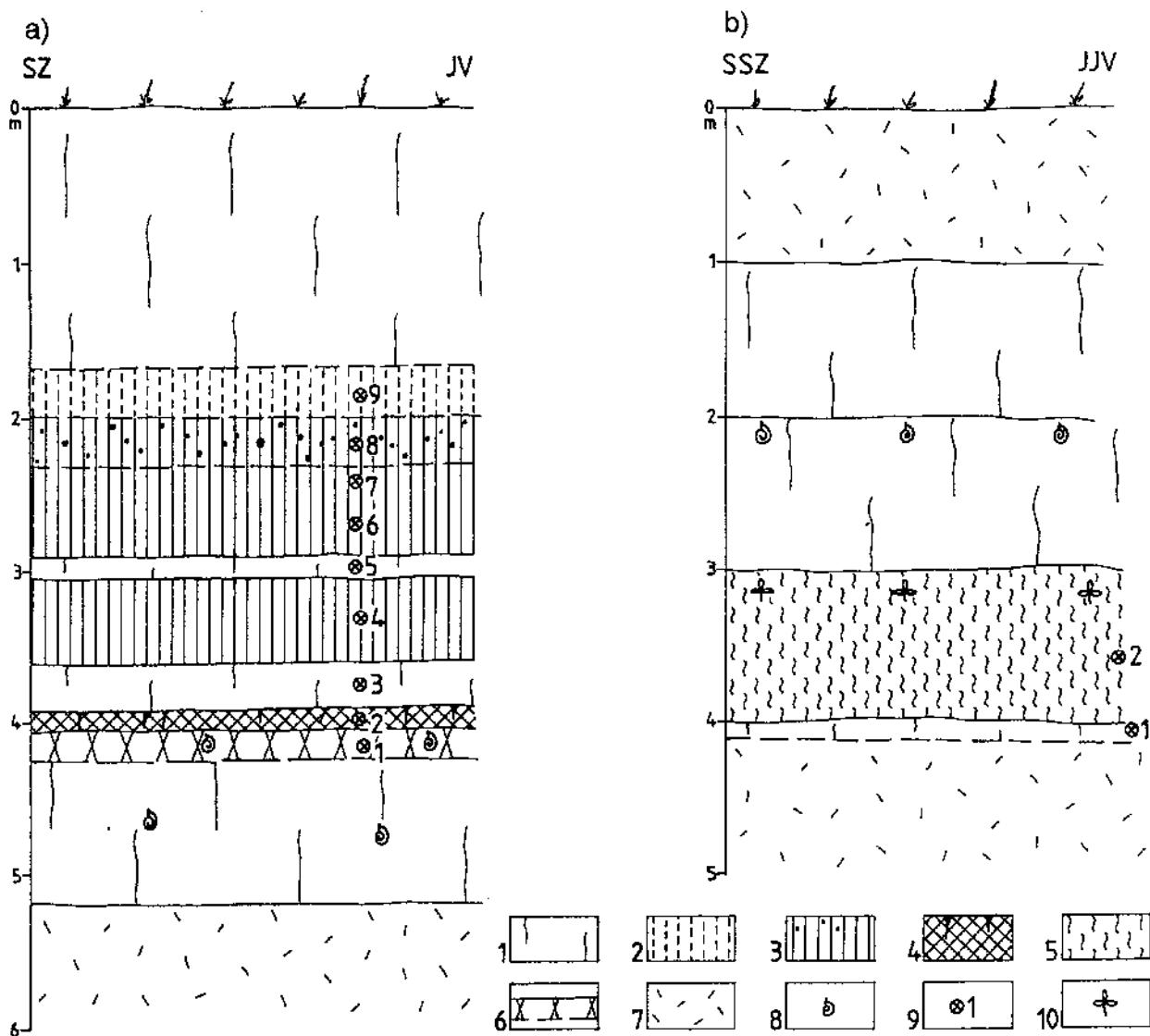
**Key words:** Quaternary sediments, Palaeopedology

V roce 1998 jsme pokračovali ve zpracovávání dalších významných kvartérních lokalit podél Moravy (Stillfried) a Dunaje (Vídeň - Rudolfova cihelna, Neudegg a světoznámá archeologická lokalita Willendorf). Tyto nové výsledky tak přispějí k lepší korelace již dříve zpracovaných důležitých kvartérních fluviálních a eolických souvrství s fosilními půdami.

Pro půdně-mikromorfologické zhodnocení bylo z profilu Stillfried A odebráno celkem 9 vzorků, z toho 3 (1–3) z bazální půdy odpovídající klimatickému optimu posledního interglaciálu (R/W, Eem), 5 (4–8) z nadložních černozemních půd a jejich substrátů a 1 (9) z nejmladší slabě vyvinuté půdy.

Bazální člen PK III odpovídá illimerizované půdě o horizontech Ca (výbrus 1; 10 YR 4/3), B<sub>t</sub> (výbrus 2; 7,5 YR 7/6) a reliktu subhorizontu A<sub>3</sub> (výbrus 3; 10 YR 6/4). Stu-

peň illimerizace je vysoký; stěny přívodních drah jsou široce lemovaný sytě oranžovým braunlehmovým plazmatem, které vykazuje výrazné proudovité struktury, příruškové zóny a vysoký dvojlom; zastoupení četných drobných braunlehmových konkrecí a zbytků původní segregátové (až polyedrické) skladby. Následovalo mírné hnědé ozemnění, které se projevilo zvýšenou biogenní aktivitou (např. koprogenní elementy žížal – *Lumbricidae*) a částečnými skladebními změnami (místy je vyvločkovaná základní hmota soustředěna do sekundárně vzniklých agregátů, které však mají nízký podíl vnitřních pórů a ještě dochovaný původní systém trhlin a puklin). Ozemňovací pochod byl přerušen slabým pseudooglejením (řidce roztroušené pseudoglejové konkrece a „manganolimonitové“ povlaky na větších minerálních zrnech a na lemech tvořených dílčím braunlehmovým plazmatem), po němž byla tato polygene-



Obr. 1. Stillfried „A“ (a) a „B“ (b).

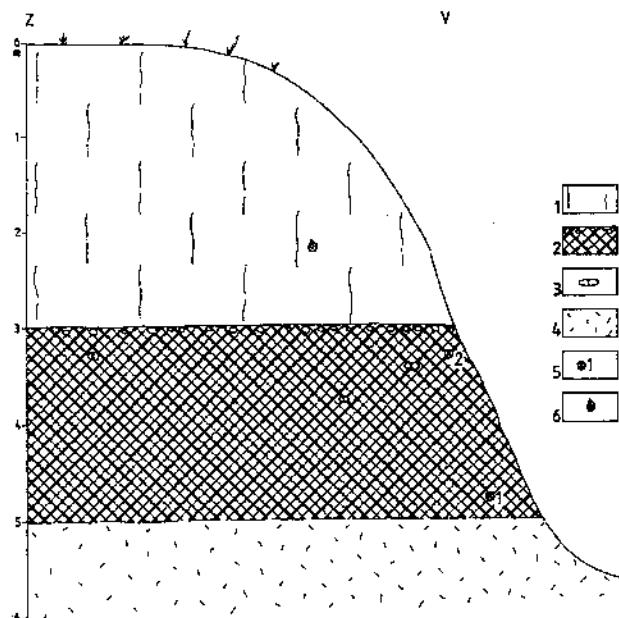
1 – spráš, 2–5 fosilní půdy, 6 – karbonátový horizont, 7 – zasuto, 8 – malakofauna, 9 – odběr vzorků na mikromorfologické určení fosilních půd, 10 – uhlíky.

tická půda ještě silně zesprašněna (zbylé volné prostory přívodních drah jsou vyplňeny amorfni formami  $\text{CaCO}_3$ , řidčeji drobnými kalcitovými rhomboedry) a její svrchní úsek mírně obohacen hrubší alochtonní komponentou (převažují velká zrna křemene) a mechanicky destruován (zahnětení hrudek slabě humózního a zejména sprašového materiálu a široké paralelně s povrchem půdy uspořádané trhliny bez jakýchkoli výplní nebo lemu). Genetická příslušnost tohoto horizontu ( $A_3$ ) k podložnímu horizontu B je doložena zejména četnými reliktními partiemi sestávajícími z dříšho braunlehmového plazmatu, nehledě k přítomnosti drobných braunlehmových konkrecí, zbytků původních skladebních forem aj.

Svrchní člen PK III (= spodní humózní půda Stillfriedu A; výbrus 4; 10 YR 4/3) odpovídá horizontu A černozemě. Vyhložovaná silně humózní (forma humusu je mul) základní hmota je soustředěna do aggregátů, na jejichž výstavbě se podílely vedle žížal zejména roupice (*Enchytrae-*

*idae*). Podíl volných prostorů je vysoký a zahrnuje nejen póry uvnitř aggregátů a bohatě členěné meziagregátové prostory, nýbrž i hojně rourky po kořenech, žížalách atd. V primárních složkách dominuje dobře vytříděný eolický materiál, pouze přimíšena je hrubší komponenta (velká zrna křemene a úlomky kvarcitů). Půda byla velmi jemně pseudoglejena (pouze řidce roztroušené nevýrazné pseudoglejové konkrece) a rekalcifikována (amorfni formy  $\text{CaCO}_3$  na stěnách přívodních drah; v některých širších volných prostorech jsou nahromaděny drobné červené ostrohanné exkrementy recentních roztočů – *Acari* – *Oribatei*).

Střední humózní půda Stillfriedu A (= spodní humózní půda PK II; výbrus 6; 10 YR 4/3) odpovídá rovněž horizontu A černozemě vyvinuté z karbonátové spráše (výbrus 5; 10 YR 7/3). Hlavní mikromorfologické znaky jsou shodné s podložní černozemí, liší se pouze převahou zbytků činnosti žížal nad enchytreidy, jež jsou místy zavlečeny až do podložní spráše, intenzivnější rekalcifikací (vedle



Obr. 2. Vídeň - Rudolfova cihelna.

1 – spraš, 2 – fossilní půda s roztroušenými valouny při povrchu, 3 – cicvary  $\text{CaCO}_3$ , 4 – zasuto, 5 – odber vzorků na mikromorfologické určení fosilních půd, 6 – malakofauna.

amorfních forem  $\text{CaCO}_3$  též kalcitové rhomboedry) a mírným mrazovým načechráním půdní matrice.

Svrchní humózní půda Stillfriedu A (= svrchní humózní půda PK II; výbrus 8; 10 YR 4/3) je reprezentována také horizontem A černozemě, která se však nevyvinula ze spraše, nýbrž z humózních půdních sedimentů smíšených se sprašovým materiálem (výbrus 7; 10 YR 7/3) a jejíž stupeň vývoje je ve srovnání se dvěma podložními humózními půdami podstatně nižší. Liší se především výrazně slabším zastoupením stop po biogenní aktivitě, a tím i barevným mozaikováním půdní matrice, zvýšeným podílem hrubších primárních komponent a mírným zvrstvením půdního materiálu; stěny přívodních drah jsou jemně lemovány černými sloučeninami Mn, na ně nasedají v obou horizontech nejprve amorfní formy  $\text{CaCO}_3$  a posléze kalcitové klence; kromě těchto sekundárních karbonátů vázaných na přívodní dráhy se vyskytuje v půdní hmotě primární karbonát ve formě pelitomorfního kalcitu, který se zde uplatňuje jako tmel primárních součástek.

Nadložní slabě vyvinutá půda (výbrus 9; 10 YR 7/2) odpovídá iniciálně vyvinuté půdě typu pararendziny. Od výchozí karbonátové spraše (karbonáty jsou zde zastoupeny nejen v přívodních drahách v amorfní formě, jehličkami i rhomboedry, nýbrž i jako tmel minerálních zrn) se liší především zvýšenou biogenní aktivitou (hojně exkrementy fosilních enchytreidů, které jsou však vzájemně nepropojené, volné, podmiňující pak téměř sypkou skladbu; tato skladební forma, jakož i nerovnoměrné prohumóznění, a tím i zbarvení základní hmoty, naprostá čerstvost primárních komponent aj. svědčí o tom, že vývoj této půdy byl velmi krátkodobý). Tvorba této půdy stojící na samém počátku vývojové kategórii byla ukončena slabým pseudoglejením (řídce roztroušené pseudoglejové konkrece) a mírnou redepozicí (zvrstvení základní hmoty), která již předcházela nové sprašové sedimentaci.

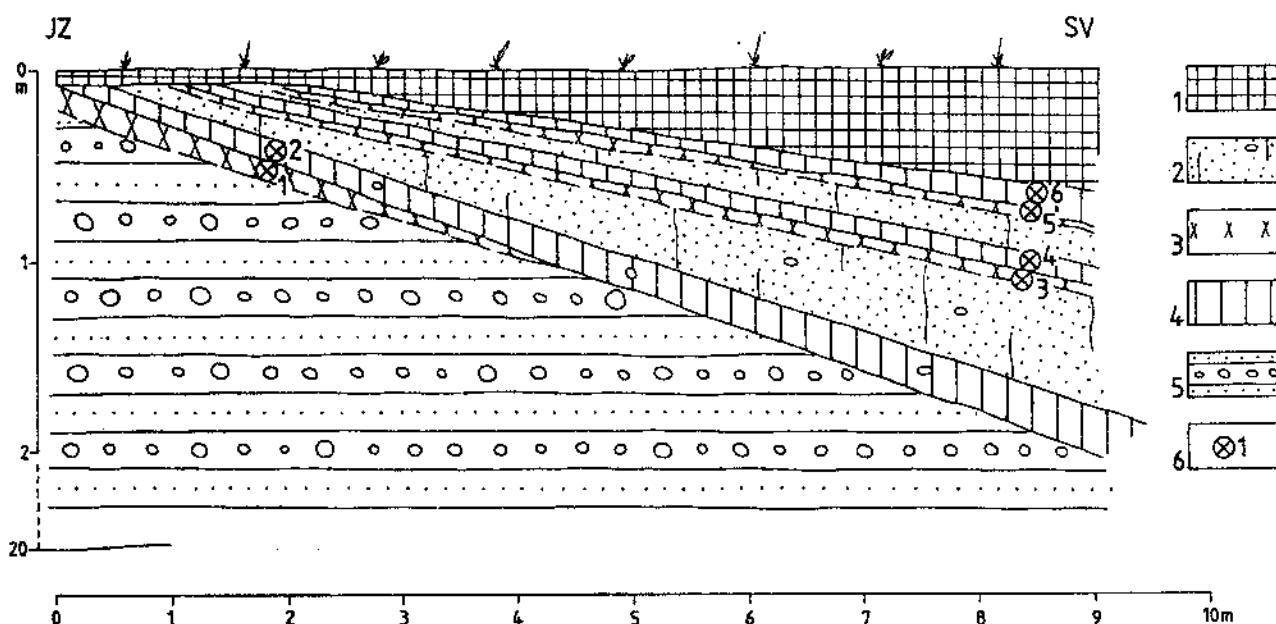
Z profilu Stillfried B byly odebrány 2 vzorky, a to ze svrchního (10 YR 6/3) a spodního (10 YR 7/3) úseku horizontu gA slabě vyvinuté fossilní půdy. Tato půda geneticky odpovídá iniciálnímu pseudogleji.

Vyvločovaná světle šedoookrová až světle hnědá, zřetelně mramorovaná základní hmota je prostoupena četnými pseudoglejovými konkrecemi „explozivních“ obrysů, v okolí je půdní substance místy výrazně vybělená; některá větší zrna (zejména křemene) nebo úlomky (kvartitů) jsou lemovány černými povlaky tvořenými sloučeninami Mn. Primární součástky jsou zrnitostně jemně vytřídeny, jejich dominantní podíl odpovídá prachu. Volné prostory jsou zde reprezentovány především širokými, víceméně paralelně s povrchem půdy uspořádanými trhlinami a dlouhými úzkými puklinami nepravidelného průběhu, nečetnými rourkami po kořenech a žížalách a v poslední řadě pory uvnitř základní matice; ty jsou pak vázány především na ty partie, které byly ovlivněny nerovnoměrnou aktivitou edafonu (řídce zastoupené mírně humózní koprogenní exkrementy fosilních žížal – *Lumbricidae*, zjištěné místy i ve spodním úseku půdy). Přestože byla tato biogenní činnost krátkodobá, musela být poměrně intenzivní, neboť se zde (a to v obou výbrusech) dále hojně vyskytuje i silně rozložené velké fragmenty zuhelnatělých dřev (s téměř již setřenými původními celulózními strukturami) a ve svrchním úseku též opálové fytolity. – Půda byla následně lehce rekalcifikována (pouze jemně lemy tvorené amorfními formami  $\text{CaCO}_3$  na stěnách některých drah) a před překrytím nejmladším sprašovým pokryvem posléze mechanicky porušena (systém prázdných trhlin) viz výše (bez jakýchkoli výplní nebo lemů). (V některých makropórech se vyskytují koprogenní elementy recentních roztočů – *Acari* – *Oribatei*.)

Z profilu Vídeň - Rudolfova cihelna byly odebrány dva vzorky ze silně vyvinuté fossilní půdy, která je dochována ve sprašové závěji překrývající terasové štěrky a podložní pannonské sedimenty, a to z jejího spodního (vzorek 1; 5 YR 4/6) a svrchního úseku (vzorek 2; 5 YR 6/4).

**Mikromorfologie:** základní hmota je zcela peptizovaná, tvořená braunlehmovým stavebním plazmatem (difuzní rozložení hydroxidů  $\text{Fe}^{3+}$ ) a vyznačuje se ostře žlutým, žlu-tooranžovým až rudým zbarvením (rudé partie jsou soustředěny zejména kolem minerálních zrn a trhlin). Je hustě prostoupena partiemi, které vykazují vysoký dvojlam a výrazné proudovité struktury a obsahují četné velké tmavohnědé opakní braunlehmové konkrece, které jsou v napadajícím světle červené. Skladba je segregátová (polyedrická), volné prostory jsou zde zastoupeny především úzkými a ostře lomenými puklinami, které prostupují segregáty a širšími mezisegregátovými trhlinami, podél pórů v polyedrech je nízký. Z minerálů jsou zde zastoupena pouze zrnitostně netříděná zrna křemene a řídce granáty, z úlomků hornin jen zaoblená drť kvartitů.

Po dosažení klimaxového stadia byla tato půda mírně pseudoglejena (řídce roztroušené pseudoglejové konkrece v základní matrici a úzké „manganolimonitové“ lemy na stěnách segregátů nebo na některých větších minerálních zrnech), slabě obohacena alochtonní komponentou (redepozicí zaoblené úlomky kvartitů a ve svrchním úseku ještě



Obr. 3. Neudegg – pískovna.

1 – navážka, 2 – písčitá spraš, 3 – karbonátový horizont, 4 – fosilní půdy, 5 – hollabrunské štěrky (neogén), 6 – odběr vzorků na mikromorfologické určení fosilních půd.

rovněž zaoblené partie tvořené slínitými horninami) a posléze jemně rekalcifikována (amorfni formy  $\text{CaCO}_3$ , nasedající místy na „manganolimonitové“ povlaky).

**Typologická příslušnost:** rotlehm (červený plastosol, ultisol).

**Stratigrafická pozice:** půdy typu rotlehu se ve střední Evropě naposledy tvořily v cromerském interglaciálu s.l. (G/M). Studovaná půda tedy může odpovídat buď pedokomplexu X anebo některému z půdních komplexů starších.

Z profilu Neudegg bylo odebráno 6 vzorků pro půdně-mikromorfologický výzkum, a to vzorek 1 (7,5 YR 8/4) z horizontu Ca a 2 (7,5 YR 6/6) z horizontu B bazální půdy, vzorek 3 (10 YR 8/3) z horizontu Ca a 4 (10 YR 7/4) z horizontu B/Ca střední půdy a vzorek 5 (7,5 YR 8/2) z horizontu Ca a 6 (5 YR 5/6) z horizontu B svrchní fosilní půdy.

Nejstarší fosilní půda odpovídá silně vyvinutému braunlehu (hnědému plastosolu, ultisolu). Sytě hnědá (v horizontu B) základní hmota je tvořena braunlehmovým stavebním plazmatem, které místy vykazuje charakteristické fluviálne struktury a optickou aktivitu. Je převážně soustředěno do polyedrů s nízkým podílem vnitřních pór, avšak prostoupených úzkými, ostře lomenými puklinami; skladba je segregátová. Pouze partie, v nichž jsou dochovány koprogenní elementy žížal (*Allolobophora*), řidčeji roupic (*Enchytraeidae*) vykazují sekundární agregátovou skladbu, která je dokladem následného slabého hnědého ozemnění. Bohatě zastoupený půdní (mikro) skelet se vyznačuje zrnitostním nevytříděním, vysokým podílem hrubých komponent (velikosti písku a větších) a mineralogickou a petrologickou pestrostí (křemen, plagioklas, ortoklas, biotit) většinou baueritzovaný, (muskovit, augity, amfiboly; zaoblené častečky pískovců, slínů aj.). V půdní matrice se řidce vyskytují opálové fytolity a černé, nepravidelně omezené konkrece tvořené sloučeninami Mn; ty také namnoze lemuje některé

složky (mikro) skeletu (a to i v horizontu Ca). Širší přívodní dráhy (trhliny, rourky po kořenech a žížalách aj.) jsou vyplňeny amorfni formami  $\text{CaCO}_3$  a kalcitovými klenci.

Střední fosilní půda je rovněž braunlehm, avšak slaběji vyvinutý než podložní. Jeho substrátem je spraš, o čemž svědčí dobře vytrácené primární komponenty v horizontu Ca. Vysoký podíl hrubých komponent ve svrchním horizontu odpovídá stejně jako u bazální půdy alochtonnímu přínosu v závěrečné fázi polygenetického vývoje této půdy. Jejich hrubozrnost a mineralogické a petrologické složení je rovněž analogické vzorku 2, liší se pouze zastoupením granátů. Všechny ostatní hlavní znaky jsou shodné (např. peptizovaná základní hmota soustředěná převážně v segregátech, pouze nerovnoměrně rozložené partie sestávající z koprogenních elementů žížal a porušené jejich četnými chodbami vykazují sekundární agregátovou skladbu aj.). Poněkud výraznější jsou zde stopy sekundárního pseudooglejení, probíhající rovněž do karbonátového horizontu (jako u vzorku 1) a zejména závěrečná rekalcifikace (amorfni formy  $\text{CaCO}_3$  a kalcitové romboedry v přívodních drahách; fragmenty ulit měkkýšů). Řidce se zde také vyskytují opálové fytolity a trus recentních roztočů (*Oribatidae* – ?*Phthiracaridae*).

Svrchní fosilní půda je reprezentována rubefikovaným braunlehem, jehož substrátem byla písčitá spraš. Braunlehmovému stadiu odpovídají reliktty tvořené braunlehmovým stavebním plazmatem se zbytky polyedrické skladby a braunlehmovými konkrecemi. Pro následnou rubefikaci je typické vyvločkování půdní matrice. Vznikla jemně aggregátová skladba s bohatým podílem volných prostorů vně i uvnitř agregátů (dochované exkrementy fosilních žížal) a červené zbarvení, a to jak základní hmoty, tak braunlehmových konkrecí (v napadajícím světle). Hrudky tohoto materiálu byly bioturbací vtaženy i do horizontu Ca. Půdní mikroskelet je dobře vytrácený (písčitý prach až jemný písek) a

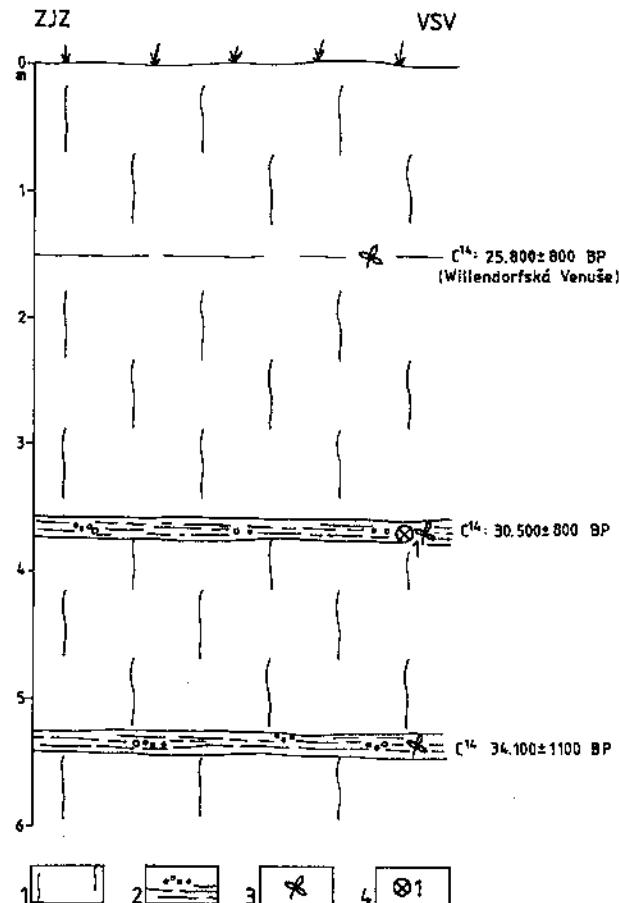
jeho složení je obdobné jako u střední půdy (vzorek 4). Hrubší jsou pouze některá zrna křemene a zaoblené částice tvořené pískovci a slíny, řidčeji krystalinickými horninami. Pukliny některých z nich jsou vyplněny rudými plazmatickými partiemi. Stopy sekundárního pseudooglejení odpovídají svou intenzitou nadložní půdě, rekalcifikace je nevýrazná (pouze tenké lemy tvořené amorfnními formami  $\text{CaCO}_3$  na stěnách přívodních drah, tj. především rourk po kořenech a chodeb žížal). V horizontu B se vyskytují malé, silně rozložené fragmenty zuhelnatělých dřev a „hnízdovitě“ nakupené opálové fytoly, v širších přívodních drahách obou horizontů pak drobné, ostrohranně omezené a červeně zbarvené exkrementy recentních roztočů.

Všechny tyto vysoce zvětralé fosilní půdy jsou polygenetické. Po dosažení svého klimaxového, ve všech případech braunlehmového stadia byly vystaveny ozemňovacím pochodem, a to spodní dvě mýrnému hnědému ozemnění, svrchní červenému (rubefikaci). Následovalo pseudooglejení, výrazný přínos alochtonních komponent a závěrečná rekalcifikace v důsledku nového zesprašnění. Sled uvedených pochodů je zcela konformní s průběhem kvartérního klimaticko-sedimentačního a pedogenetického cyklu.

Stratigrafická pozice: půdy typu braunlehm se ve středoevropských podmírkách naposledy vystupují v nejmladším teplém období uvnitř mindelského (elsterského) glaciálu (tedy v PK VII), rubefikované půdy pak v cromerském interglaciálu G/M (s.l.), tedy v PK X. Vzhledem k tomu, že rubefikovaný braunlehm zde vystupuje jako svrchní fosilní půda, je zřejmé, že celá trojice zastoupených půd je vysoceho stáří a odpovídá minimálně PK X, popřípadě ještě některému z pedokomplexů starších.

Z profilu ve Willendorfu byl pro půdně-mikromorfologické posouzení odebrán 1 vzorek (10 YR 6/2), a to ze střední soliflukcí rozvlečené polohy ( $30\,500 \pm 800$  BP).

Jde o sediment, v němž se v různém poměru mísí redeponovaný humózní půdní materiál, velmi slabě humózní materiál, bezhumózní materiál a karbonátová spráš. První z těchto složek je dochována vesměs v ostrohranných zbytcích a obsahuje vysoký podíl fragmentů zuhelnatělých dřev s dobře zachovalými celulózními strukturami; má nevyhřaněnou, téměř slitou skladbu s nepatrným podílem póru a upomíná na kulturní vrstvy analogického stáří z řady známých lokalit. Druhá komponenta se vyznačuje kromě dokonale vyvločkané půdní matrice vysokým podílem volných prostorů, které podmiňují téměř sypkou skladbu. Jsou vázány jak na póry uvnitř agregátů, tak na široké meziagregátové prostory. Aggregáty zde vznikly převážně činností roupic (*Enchytraeidae*). Toto biogenní osídlení však nepostihlo veškerou půdní hmotu, je nerovnoměrné, čemuž odpovídá i barevné mozaikování půdní matrice. Třetí složka je tvořena jemně hnědošedě mramorovanou substancí, která má nízký podíl volných prostorů, a to pouze mikropóry uvnitř segregátů, úzké ostře lomené pukliny, které segregaty prostupují a mezisegmentové pukliny a trhliny, které jsou místa lemovaný „manganolimonitovými“ povlaky; půdní hmota obsahuje hojně shluky tvořené sloučeninami Mn; dosahují značných rozměrů a jsou mechanicky roztrhané. Čtvrtá složka je tvořena sil-



Obr. 4. Willendorf – významná archeologická lokalita s nálezem willendorfské Venuše.

1 – spráš, 2 – fosilní půdní sedimenty, 3 – uhlíky datované radiokarbonovou metodou, 4 – odběr vzorků na mikromorfologické určení fosilního půdního sedimentu.

ně karbonátovou spráš; jemně vytříděné primární komponenty jsou bohatě tmeleny amorfnními formami  $\text{CaCO}_3$ . Do uvedených čtyř složek je ještě přimíšena zrnitostně hrubá netříděná alochtonní komponenta (o velikosti písku a větší), v níž dominují zrna křemene, dále plagioklasy, ortoklas, biotit, muskovit, augity, amfiboly aj.

Tento pestrý fosilní půdní sediment se sestává z přemístěných zbytků kulturní vrstvy, půdy, která silně upomíná na arktickou hnědozem (ve smyslu W. L. KUBIENY 1956), z iniciálně vyvinutého pseudogleje a z přemístěného sprášového materiálu. Tyto sedimenty byly po své soliflukční redepozici (široké trhliny prostupující touto veškerou smíšenou hmotou a na mnoha místech mechanicky porušující partie tvořené vyloučeninami Mn), event. v jejím průběhu silně obohaceny alochtonní komponentou. Posléze, v důsledku následujícího zesprašnění byl tento materiál intenzivně rekalcifikován (přívodní drahý jsou lemovány amorfnními formami  $\text{CaCO}_3$ , až zcela vyplněny rozměrnými kalcitovými rhomboedry).

#### Literatura

- KUBIENA, W. L. (1956): Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Löboden. – Eiszeitalter u. Gegenw., 7, 102–112. Öhrengegen/Württb.