

zemku bývalé sodovkárny pocházející z přelomu 19. a 20. století, které po likvidaci stavby po roce 1905 upadly v zapomnění (rukopisná mapa A. Jančaříka a J. Schwarzer). Všechny tyto objekty jsou znázorněny v mapě (obr. 2).

Geochemické a geochronologické práce byly před zahájením nových výzkumných prací na vzorcích pěnovců ve Svatém Janu provedeny jen orientačně. Vzorky pro první datování pěnovců metodou ^{14}C odebral J. Šilar v roce 1973, jejich aktivity ^{14}C změřil W. Rauert (Institute für Radiohydrometrie v Mnichově) a data publikoval ŠILAR (1976). Další datování pěnovců a měření aktivit radiouhlíku v hydrogenuhlíčitanu vody recentního pramene publikovali HORVATINČIĆ et al. (1989), ŠILAR et al. (1990) a ŠILAR a ZÁHRUBSKÝ (1999). Hydrogeologická a hydrologická literatura vztahující se k svatojanskému krasovému prameni je citována v úvodu kapitoly 5.

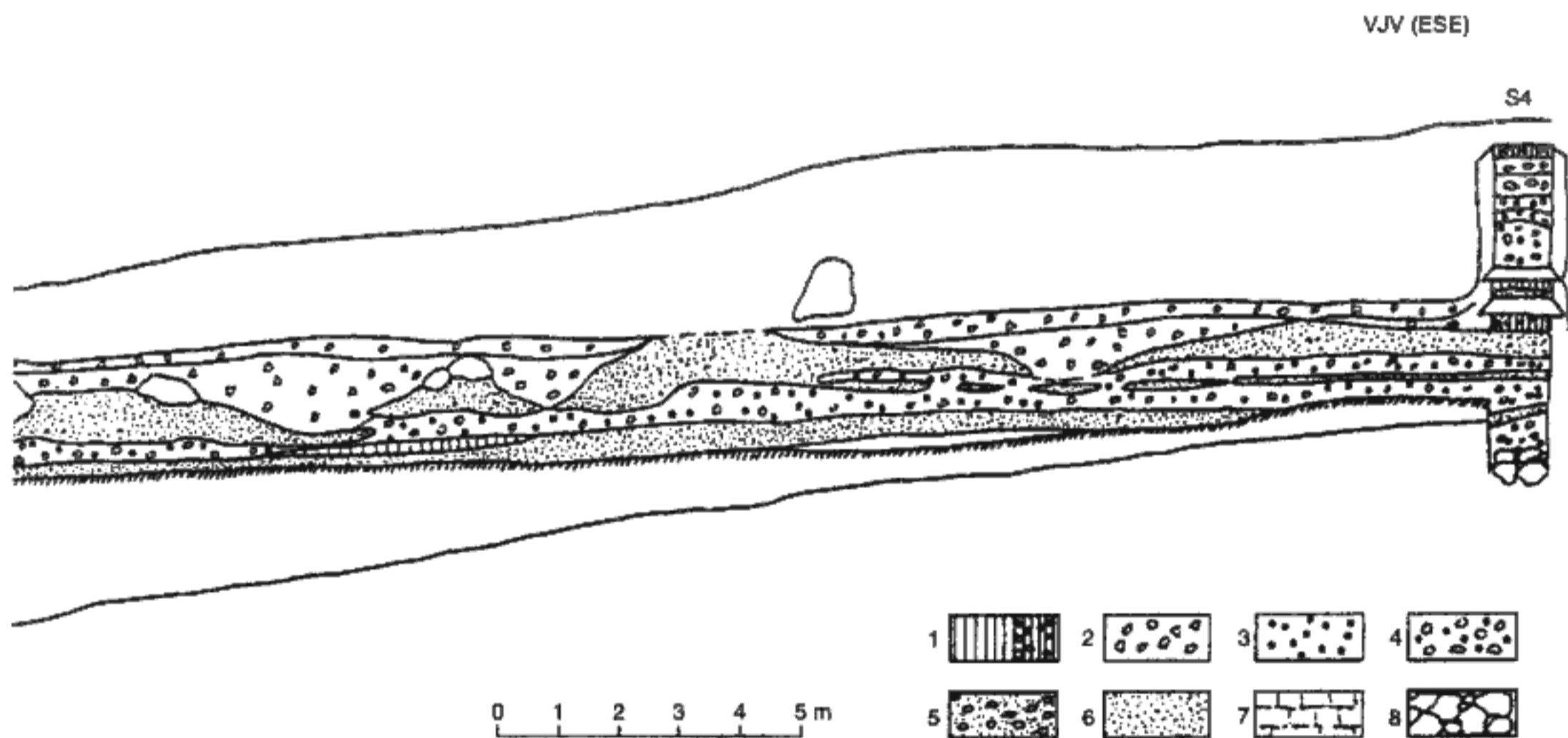
Dílní poznatky, získané během nových výzkumných prací zaměřených jak na pěnovce, tak i na krasový pramen ve Svatém Janu pod Skalou, byly v průběhu tří let výzkumných prací (od roku 1995 do roku 1998) shrnuty ve výzkumných zprávách a publikovány ve formě konferenčních abstrakt, exkurzních průvodců a drobnějších prací, zaměřených na některé dílní aspekty celé problematiky. Vzhledem k tomu, že všechny získané poznatky jsou shrnuty v této monografii, nepovažujeme za účelné tyto dílní a většinou velmi stručné práce uvádět nebo citovat v textu. Všechny jsou však uvedeny v seznamu literatury.

2. Geologický, morfologický, litologický, paleopedologický a mineralogický popis pěnovců

Lokalizace a plošné rozšíření studovaného tělesa pěnovců ve Svatém Janu pod Skalou jsou společně s geologickou situací nejbližšího okolí znázorněny v mapě (obr. 2). Mapa obsahuje i lokalizaci dalších důležitých objektů:

- umístění vrtu a výzkumné šachty S1 a dalších sond,
- lokalizaci pramenů a studní,
- průběh geofyzikálních profilů,
- rozmístění podzemních prostor (jeskyní, sklepů, štol a podzemních chodeb),
- rozmístění hlavních staveb.

Za základ této mapy byla použita rukopisná mapa v měřítku 1 : 10 000 se zákresem geologické situace podle mapování před sanací objektu kostela (KRÁLÍK 1968–1969). Do ní byly doplněny některé nově zaměřené objekty a nově studované profily. Geologická situace a zákres tělesa pěnovců byly podstatně zpřesněny. Geodetické a nivelační zaměření objektů v okolí pěnovcového tělesa a zmapování podzemních chodeb pod pozemkem jv. od kostela provedli členové České speleologické společnosti, ZO 1–05 Geospeleos. Jako základ výškového zaměření některých důležitých objektů byl užit bod č. 100 státního nivelačního pořadu s úda-



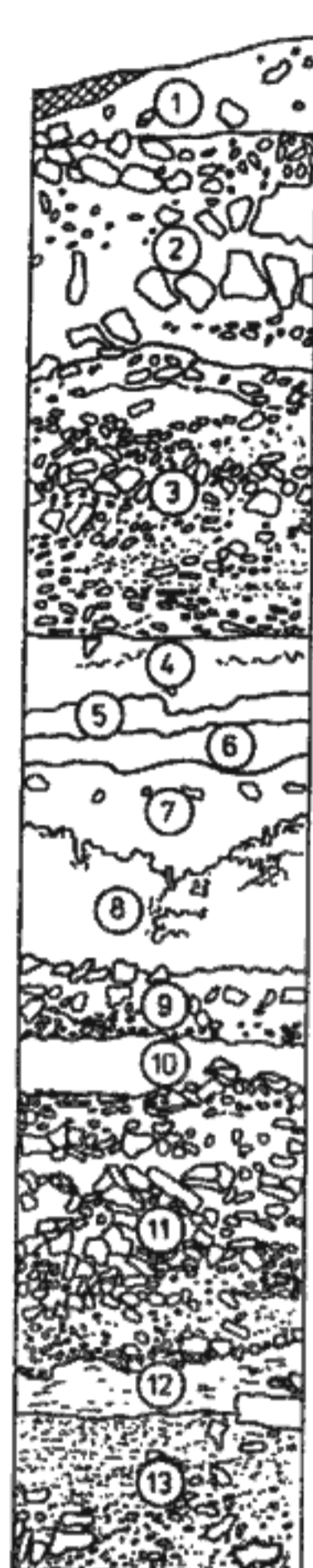
4. Původní terénní dokumentace výzkumných sond S2, S3 a S4 ve v. části hlavního profilu, blíže k vyústění rokle Propadlé vody (lokalizace sond viz obr. 2). Podle nepublikovaných materiálů J. Kovandy (1961–1962), s interpretací propojení jednotlivých sond. Lichoběžníky představují stupně v kopaném profilu.

1 – půdy a půdní sedimenty, 2 – nejmladší hlinito-klastické svahové sedimenty, 3 – svahové sedimenty s drobným štěrčkem, 4 – písčito-kamenité svahové sedimenty, 5 – detrit cementovaný pěnovcem, 6 – písčité, hlinité a strukturální pěnovce, 7 – pevné strukturální pěnovce, 8 – vápencové bloky.

4. Original field documentation of excavated pits S2, S3, and S4 in the right (eastern) part of the main profile, close to the outlet of the Propadlé vody gorge (for location see Fig. 2). Based on unpublished materials by J. Kovanda (1961–1962).

S 3

S 4



5. Detailní terénní dokumentace sond S3 a S4, podle nepublikovaných materiálů K.-D. Jäger a V. Ložka (1961–1962).

Popis jednotlivých vrstev: S3: 1 – červenohnědá, poněkud písčité humózní hlína s drobnými kamínky (druhotná mulová rendzina), 2–4 – navážka s polohami přemístěného pěnovce a vápencové sutě, včetně úlomků cihel a střešních tašek (2 – polohy redeponovaného pěnovce, 3 – polohy sutě, 4 – písčité horizont), 5 – zlatožlutý autochtonní písčité pěnovec, 6 – světlehnědý, slabě humózní písčité pěnovec s drobnými úlomky vápence a hrubšími pěnovcovými inkrustacemi, 7 – fluvialní písek až štěrčík, téměř bez příměsí pěnovce (výplň potočného koryta, převažuje střední štěrč, místy hrubý písek), 8 – běložlutý, mírně zpevněný strukturální pěnovec, místy stébelnaté struktury a větší dutiny s tvrdými sintrovými

výstelkami, též přechody do běložlutého písčitého pěnovce, 9 – rzivě hnědá poloha pěnovcového písku až hrubého pěnovcového písku, 10 – zelenavě šedý písčité pěnovec s příměsí hrubších inkrustací, 11 – rzivě rudohnědý až běložlutý, zčásti hrubozrnný písčité pěnovec s úlomky vápence i pevného pěnovce (o velikosti až 10 cm) s otupenými hranami (odpovídá vrstvě 11 v sondě S4), 12 – nepravidelně se střídající partie zlato- až běložlutého pěnovcového písku a pevného strukturálního pěnovce s vložkami a pásy šedohnědého, mírně humózního hlinitého materiálu s CaCO_3 -pseudomycelií, skvrny a kruhovitě vysráženiny hydroxidů železa (odpovídá vrstvě 12 v sondě S4), 13 – suť vápenců od úlomků velikosti hrubého písku po balvany o velikosti 50 cm, hrany ostré i zaoblené, čokoládově rudohnědá, mírně humózní hlinitá matrix s pseudomycelií (odpovídá vrstvě 13 v sondě S4 a vrstvě 17 v obr. 6), 14 – tmavošedý limnický pěnovec s hrubšími inkrustacemi a kapsami světle žlutého strukturálního pěnovce, 15 – bělavě žlutý, polopevný až pevný pěnovec, místy uzlovitý, 16 – hrubě písčité pěnovcové inkrustace s tmavošedou limnickou matrix, 17 – suť z úlomků vápenců i pevných pěnovců velkých až 30 cm, rzivě rudohnědá, mírně humózní hlinitá matrix, nahoře s příměsí písčitého pěnovce, 18 – suť převážně vápencová, do 20 cm, matrix jako vrstva 17, ale s výrazným podílem pěnovcových inkrustací, 19 – hrubý pěnovcový písek s prachovitou, narudle šedožlutou matrix připomínající jezerní křidu s roztroušenými menšími úlomky vápenců, 20 – vápencová suť, v horní části vrstvy rzivě hnědá hlinitá matrix s poměrně vysokým podílem inkrustací, ve spodní tmavě čokoládová hlinitá matrix, s limonitovými povlaky na úlomcích, 21 – vápencová suť pevně stmelená pěnovcem (brekcie), 22 – vápencová suť s hlinitou, tmavě čokoládovou humózní jílovitou matrix polyedrické odlučnosti s plasmatickými povlaky na odlučných plochách (připomíná těžké jeskynní hlíny), 22 – (pode dnem sondy) brekcie z těsně uložené vápencové suti pevně stmelené pěnovcem.

S4: 1 – umělá navážka se současnou tvorbou půdy, 2 – tmavě rzivohnědý, mírně hlinitý, hrubě písčité pěnovec se silným podílem hrubší vápencové suti, 3 – volně uložená vápencová suť s tmavě rzivohnědou, humózní hlinitou matrix, která nevyplňuje všechny meziprostory suti, v horní části drobná až středně hrubá suť s vyplněnými dutinami, ve střední části suť relativně hrubá, volně uložená, dutiny převážně nevyplněny, ve spodní části drobná, těsně uložená suť, dutiny vyplněny, 4 – tmavá, rzivě až čokoládově hnědá humózní písčité hlína s nečetnými čočkami a hlízkami rzivě hnědého jemně strukturálního pěnovce s ojedinělými úlomky vápence a uhlíky, 5 – písčité pěnovec, místy jemnozrnný, rzivě rudý, místy narudle hnědošedý, prachovitý, 6 – světlý až zlatožlutý, pevný, jemně strukturální pěnovec, místy partie narudle zbarvené limonitem, 7 – šedohnědá humózní písčité hlína s jednotlivými úlomky vápence i pevného pěnovce, naspodu výrazný pás rzivě rudých až černavých vyloučenin limonitu, 8 – zlatožlutý, jemně strukturální pěnovec, částečně vyvinutý jako mechový pěnovec, místy s pruhy rzivě hnědého až černého limonitu (odpovídá vrstvě 8 v sondě S3), 9 – vápencová suť s tmavohnědou humózní hlinitou matrix, ve svrchní části středně hrubá, ve spodní části drobná suť, 10 – zlatožlutý hlíznatý, hrubě strukturální pěnovec s hojnými tmavě rzivými skvrnami a pruhy limonitických vysráženin, na bázi suti s rzivými limonitovými povlaky, 11 – hustě uložená vápencová suť s polohami hrubého pěnovcového písku se slabě humózní hlinitou příměsí, která neúplně vyplňuje meziprostory (odpovídá vrstvě 11 v sondě S3), 12 – světležlutý, zčásti narudle tónovaný, hrubě strukturální pěnovec se slabými limonitickými vysráženinami (odpovídá vrstvě 12 v sondě S3), 13 – vápencová suť zčásti vyplněná drobnějšími pěnovcovými inkrustacemi a tmavohnědou humózní hlínou (odpovídá vrstvě 13 v S3 a vrstvě 17 v obr. 6).

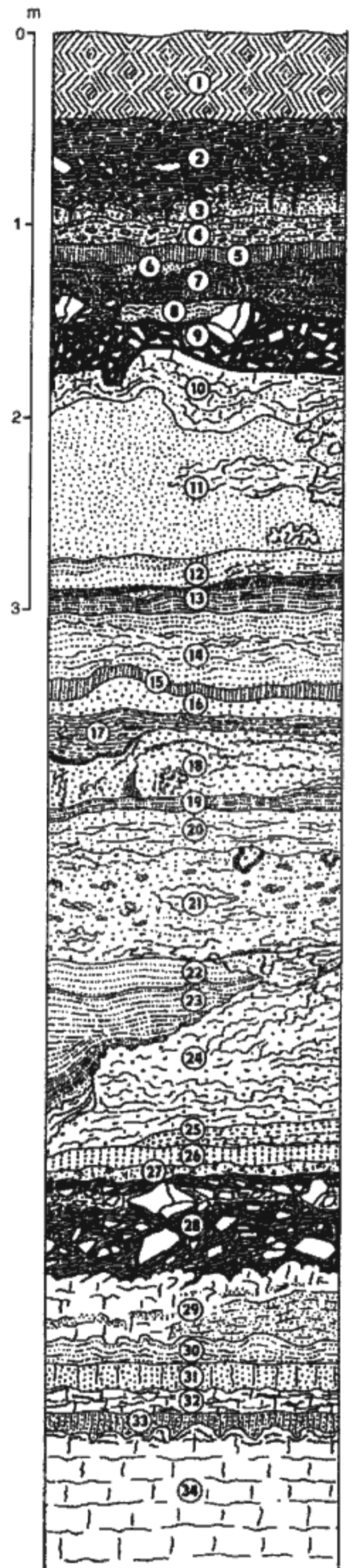
5. Field documentation of pits S3 and S4, after unpublished materials by K.-D. Jäger and V. Ložek (1961–1962).

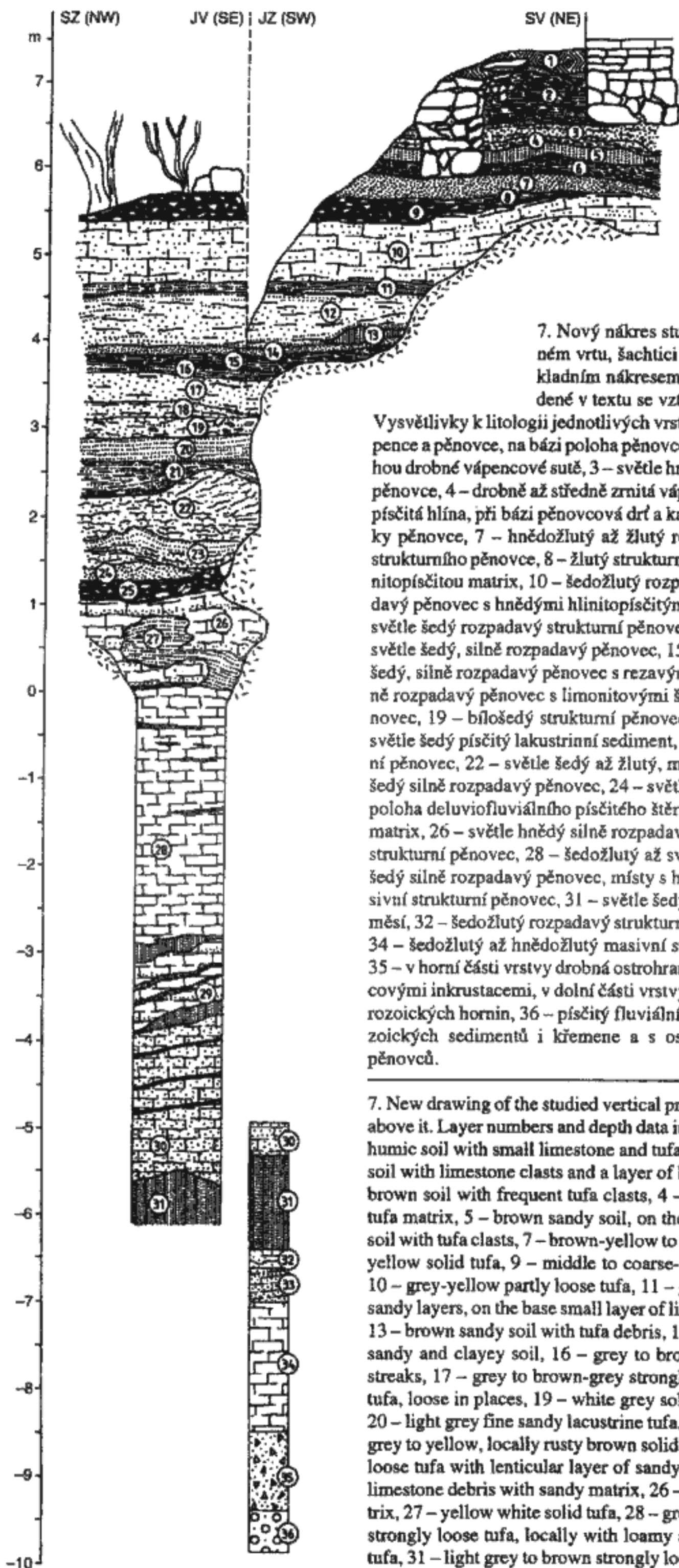
6. Původní dokumentace stěny nad výzkumnou šachticí a horní části výzkumné šachtice (S1 v obr. 2) podle stavu v šedesátých letech. Podle K.-D. Jägera a V. Ložka.

Popis jednotlivých vrstev: 1 – šedohnědá humózní hlína, 2 – hnědošedá humózní hlína s vtroušenými klasty vápence a strukturního pěnovce, 3 – oranžovohnědožlutá, jemná pěnovcová drť částečně strukturního pěnovce, 4 – hnědavě šedá, mírně humózní pěnovcová hlína, 5 – jako 4, tmavěji zbarvená s větším zastoupením pěnovce, 6 – čočky bílošedého pěnovcového písku, 7 – šedá, částečně červenavě zbarvená humózní vazná hlína, keramika doby železné, nejspíše bylanská kultura, 8 – zlatožlutý, jemně vrstevnatý rozpadavý strukturní pěnovec, 9 – vápencová suť s hnědavě šedou humózní hlinitou mezerní hmotou, keramika pozdní doby bronzové, lid popelnicových polí, knovízská kultura, 10 – polopevný až masivní bíložlutý strukturní pěnovec, 11 – žlutošedý pěnovcový písek s partiemi strukturního pěnovce, 12 – světle žlutý pěnovcový písek, nahoře s limonitovými proužky, 13 – humózní hnědá jílovitá pěnovcová hlína, nahoře přechází do jílovitého jezerního karbonátového sedimentu, 14 – světle žlutošedá jemná pěnovcová drť, 15 – hnědě šedá humózní pěnovcová hlína, 16 – žlutošedá jemná pěnovcová drť, 17 – hnědě šedá humózní vazná hlína s rozptýlenými klasty vápence, 18 – nažloutlá až šedavá jemná pěnovcová drť s četnými nepravidelně probíhajícími limonitovými pruhy, 19 – šedý jemnozrný jezerní vápenec s pěnovcovým pískem, 20 – žlutobílý strukturní vápenec s čočkami pěnovcové drti, 21 – hnědooranžově zbarvený rozpadavý pěnovec s limonitovými pruhy (uzlíčkovitý pěnovec), 22 – bělošedý jemný pěnovcový písek, 23 – světle šedý, dole šedý jezerní karbonátový sediment, 24 – bíložlutý, oranžově skvrnitý uzlíčkovitý pěnovec, 25 – bíložlutý pěnovcový písek až pěnovcová drť s vločkami strukturního pěnovce, 26 – hnědošedý humózní jílovitý pěnovcový písek, 27 – žlutý strukturní pěnovec s oranžově zbarvenými skvrnami a písčítými čočkami, 28 – hrubá vápencová suť s hnědou hlinitou mezerní hmotou a čočkami běložlutého, místy rezavě hnědého skvrnitého strukturního pěnovce, 29 – šedohnědý hlinitý pěnovcový písek, 30 – světle šedý jezerní karbonátový sediment, 31 – šedohnědý hrubý pěnovcový písek až pěnovcový štěrč, 32 – běložlutý pevný strukturní pěnovec s železitými šmouhami, 33 – jemná pěnovcová drť se světle šedohnědou hlinitou mezerní hmotou, 34 – běložlutý, oranžově mramorovaný porézni pevný pěnovec, spodní část je šedavě zbarvena.

6. Original drawing of the outcrop above the excavated pit and of the upper part of the pit (S1 in Fig. 2), from the 1961–1962 (after K.-D. Jäger and V. Ložek, unpublished).

1 – grey-brown humic soil, 2 – brown-grey humic soil with isolated clasts of limestone and phytohermal tufa, 3 – orange-brown-yellow, fine-grained detritus of tufa, 4 – brown-grey moderately humic soil with minor presence of tufa, 5 – like 4, but of more dark color, with higher presence of tufa, 6 – lenses of white-grey tufa sand, 7 – grey, partly reddish humic stiff soil, contains prehistoric pottery fragments of Iron Age, probably Bylany culture, 8 – gold-yellow finely laminated loose tufa, 9 – limestone scree with brown-grey humic soil in interstitial spaces, contains prehistoric pottery, Late Bronze Age, Knovíz culture, 10 – loose to massive white-yellow tufa, 11 – yellow-grey tufa sand with phytohermal tufa in places, 12 – light yellow tufa sand, in the upper part with limonite streaks, 13 – brown humic soil with tufa, passing to clay-rich lake marl in the upper part, 14 – light yellow-grey tufa detritus, 15 – brown-grey humic soil with tufa, 16 – yellow-grey fine grained tufa detritus, 17 – brown-grey humic stiff soil with isolated limestone clasts, 18 – yellowish to grey fine-grained tufa detritus with frequent irregular limonite streaks, 19 – grey fine-grained lake marl with tufa sand, 20 – yellow-white phytohermal tufa with lenses of tufa detritus, 21 – brown-orange loose oncoidal tufa with limonite streaks, 22 – white-grey fine-grained tufa sand, 23 – light grey, in the lower part grey, lake marl, 24 – white-yellow orange spotted oncoidal tufa, 25 – white-yellow tufa sand to tufa detritus with intercalations of phytohermal tufa, 26 – brown-grey humic clay-rich tufa sand, 27 – yellow orange spotted phytohermal tufa with lenses of tufa sand, 28 – coarse limestone scree with brown soil in interstitial space, locally with lenses of white-yellow, in places rusty-brown spotted phytohermal tufa, 29 – grey-brown tufa sand with soil matrix, 30 – light grey lake marl, 31 – grey-brown coarse-grained tufa sand to tufa detritus, 32 – white-yellow massive phytohermal tufa with limonite streaks, 33 – fine-grained tufa detritus with light grey-brown soil matrix, 34 – white-yellow, in places orange mottled solid porous tufa, the lower part is of grey color.





7. Nový náčrt studovaného vertikálního profilu podle situace ve výzkumném vrtu, šachtici S1 a stěně nad ní (orig. J. Kadlec). Tento obrázek je základním nákresem pro lokalizaci odebraných vzorků, veškeré odkazy uvedené v textu se vztahují k číslům vrstev a metrážím v profilu v obrázku 7.

Vysvětlivky k litologii jednotlivých vrstev: 1 – tmavě hnědá humózní hlína s drobnými klasty vápence a pěnovce, na bázi poloha pěnovcové drtě, 2 – hnědá humózní hlína s klasty vápence a polohou drobné vápencové sutě, 3 – světle hnědý rozpadavý pěnovec až hnědá hlína s četnými úlomky pěnovce, 4 – drobně až středně zrnitá vápencová suť s hlinitou nebo pěnovcovou matrix, 5 – hnědá písčitá hlína, při bázi pěnovcová drť a kameny vápence, 6 – hnědá písčitá hlína s drobnými úlomky pěnovce, 7 – hnědožlutý až žlutý rozpadavý pěnovec, místy nepravidelné zbytky pevného strukturálního pěnovce, 8 – žlutý strukturální pěnovec, 9 – středně až hrubě zrnitá vápencová suť s hlinitopísčitou matrix, 10 – šedožlutý rozpadavý až strukturální pěnovec, 11 – šedožlutý, silně rozpadavý pěnovec s hnědými hlinitopísčitými polohami, na bázi drobné polohy vápencové sutě, 12 – světle šedý rozpadavý strukturální pěnovec, 13 – hnědá, silně písčitá hlína s úlomky pěnovce, 14 – světle šedý, silně rozpadavý pěnovec, 15 – tmavě hnědá písčitojlovitá hlína, 16 – šedý až hnědošedý, silně rozpadavý pěnovec s rezavými limonitovými šmouhami, 17 – šedý až hnědošedý, silně rozpadavý pěnovec s limonitovými šmouhami, 18 – světle šedý, středně pevný strukturální pěnovec, 19 – bílošedý strukturální pěnovec s výraznými horizontálními limonitovými pruhy, 20 – světle šedý písčité lacustrinní sediment, 21 – světle šedý, místy rezavě hnědý rozpadavý strukturální pěnovec, 22 – světle šedý až žlutý, místy rezavě hnědý pevný strukturální pěnovec, 23 – světle šedý silně rozpadavý pěnovec, 24 – světle hnědošedý rozpadavý pěnovec, v horní části čočkovitá poloha deluviofluviálního písčitého štěrku, 25 – středně až hrubě zrnitá vápencová suť s písčitou matrix, 26 – světle hnědý silně rozpadavý pěnovec, místy s hlinitou matrix, 27 – žlutobílý pevný strukturální pěnovec, 28 – šedožlutý až světle šedý pevný masivní strukturální pěnovec, 29 – světle šedý silně rozpadavý pěnovec, místy s hlinitou příměsí, 30 – šedožlutý až světle šedý pevný masivní strukturální pěnovec, 31 – světle šedý až hnědý silně rozpadavý pěnovec, místy s hlinitou příměsí, 32 – šedožlutý rozpadavý strukturální pěnovec, 33 – šedohnědý rozpadavý až sypký pěnovec, 34 – šedožlutý až hnědožlutý masivní strukturální pěnovec, směrem k bázi polohy více pórovitý, 35 – v horní části vrstvy drobná ostrohranná suť z úlomků paleozoických vápenců tmelená pěnovcovými inkrustacemi, v dolní části vrstvy se objevují opracované valouny paleozoických a proterozoických hornin, 36 – písčité fluviaální štěrk s opracovanými valouny paleozoických a proterozoických sedimentů i křemene a s ostrohrannými úlomky paleozoických vápenců, již bez pěnovců.

7. New drawing of the studied vertical profile. Based on the drilling, excavated pit S1 and outcrop above it. Layer numbers and depth data in the text refer to this drawing. Lithology: 1 – dark brown humic soil with small limestone and tufa clasts, layer of tufa debris on the base, 2 – brown humic soil with limestone clasts and a layer of limestone debris, 3 – light brown extremely loose tufa to brown soil with frequent tufa clasts, 4 – fine to middle-grained limestone debris with loamy or tufa matrix, 5 – brown sandy soil, on the base tufa debris and limestone clasts, 6 – brown sandy soil with tufa clasts, 7 – brown-yellow to yellow loose tufa, locally irregular relics of solid tufa, 8 – yellow solid tufa, 9 – middle to coarse-grained limestone debris with loamy and sandy matrix, 10 – grey-yellow partly loose tufa, 11 – grey-yellow extremely loose tufa with brown loamy and sandy layers, on the base small layer of limestone debris, 12 – light grey solid tufa, loose in places, 13 – brown sandy soil with tufa debris, 14 – light grey solid tufa, loose in places, 15 – dark brown sandy and clayey soil, 16 – grey to brown-grey strongly loose loamy tufa with rusty limonite streaks, 17 – grey to brown-grey strongly loose tufa with limonite streaks, 18 – light grey solid tufa, loose in places, 19 – white grey solid tufa with conspicuous limonite streak on the surface, 20 – light grey fine sandy lacustrine tufa, 21 – light grey, locally rusty brown solid tufa, 22 – light grey to yellow, locally rusty brown solid tufa, 23 – light grey strongly loose tufa, 24 – light brown loose tufa with lenticular layer of sandy gravel in the upper part, 25 – middle to coarse-grained limestone debris with sandy matrix, 26 – light brown strongly loose tufa, locally with loamy matrix, 27 – yellow white solid tufa, 28 – grey-yellow to light grey massive solid tufa, 29 – light grey strongly loose tufa, locally with loamy admixture, 30 – grey yellow to light grey massive solid tufa, 31 – light grey to brown strongly loose tufa, locally with loamy admixture, 32 – grey-yellow

jem 233,529 m n. m., který se nachází na ploše před klášte-rem nedaleko silničního mostu.

2.1. PROFILY A VÝCHOZY PŘÍSTUPNÉ STUDIUM A LITOLOGIE STUDOVANÉ AKUMULACE PĚNOVCŮ

Odkrytí svrchní části stratigrafického sledu akumulace pěn-ovců ve Svatém Janu pod Skalou je velmi příznivé, ze-jména díky mladé erozi a značnému narušení celého tělesa člověkem.

2.1.1. Hlavní profil

Hlavním profilem tělesa pěn-ovců nazýváme celkem 70 m dlouhý podélný lomený profil celým tělesem od čela kas-kády přiléhající k objektu kostela na západní straně až po ústí rokle Propadlé vody na východě. Západní část tohoto profilu tvoří stěna o výšce do 8 m a délce zhruba 30 m, vzniklá těžbou pěn-ovce. Schematický náčrt této stěny je na obrázku 3. Při pravém okraji tohoto odkryvu, v místě lo-mení hlavního profilu a přibližně ve středu celé akumulace, se nachází výzkumná šachtice S1 a vrt (viz níže). Dále k východu směrem k rokli Propadlé vody pokračuje hlavní profil jako nevysoký stupeň v boku erozní rýhy. V tomto úseku byly holocenní sedimenty horní části pěn-ovcové akumulace studovány začátkem šedesátých let ve třech rý-hách (S2 až S4 v obr. 2). Jejich zjednodušený náčrt publi-koval KOVANDA (in ŠIBRAVA et al. 1969). V obrázcích 4 a 5 proto poprvé publikujeme mnohem podrobnější původní grafickou dokumentaci těchto tří sond a interpretaci jejich propojení, které nám poskytli J. Kovanda, K.-D. Jäger a V. Ložek.

Zhruba uprostřed hlavního profilu (tj. na pravém okraji obr. 3 a na levém okraji obr. 4) byla během výzkumných prací v padesátých a šedesátých letech umístěna hlavní vý-zkumná šachtice (S1 v obr. 2), která měla původně hloubku asi 7 metrů a dosáhla až mírně pod hladinu podzemní vody (KOVANDA in ŠIBRAVA et al. 1969, KOVANDA 1971). Šachtice a profil nad ní se nacházejí přibližně ve středu tělesa pěn-ovců v místě, kde lze očekávat minimum hiátů, a navíc v části tělesa s největší mocností. Lze předpokládat, že průměrná vydatnost pramene neklesala ani v suchých obdobích pod $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ (vydatnost pramene v období 1994–1997 byla mezi 17 až $30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, viz kap. 5.), takže místo, kde je umístě-na šachtice, by mělo být stále (s částečnou výjimkou su-chých epizod v mladším holocénu) přetékáno vodou usa-zující pěn-ovec.

Lokalizace šachtice S1 je důležitá i z hlediska studia podmínek vzniku poloh deluviofluvialních sedimentů v souvrství pěn-ovců. Počet těchto poloh je vyšší v horní části tělesa pěn-ovců při vyústění rokle Propadlé vody a směrem dál k západu (ke Kačáku) se snižuje. Blíže ke sva-hu a k ústí údolí musíme tedy počítat s větším vlivem lokál-ních faktorů daných morfologií okolního terénu, dále do nivy spíše s uplatněním klimatických podmínek. Během vývoje svrchní části tělesa pěn-ovců mohly být méně výraz-né suché epizody částečně eliminovány tím, že na povrchu akumulace docházelo za pevnými pěn-ovcovými hrázkami čelního kaskádového stupně k zadržování vody a tedy k usazování nezpevněných písčitých pěn-ovců a jejich drtí nadále ve vodním či alespoň vlhkém prostředí.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem byl odkryv ve stěně nad hlavní šachticí a v šachtici samotné zvolen jako opěrný profil pro nově prováděné výzkumné práce, zejmé-na pro odběr vzorků pro geochronologické metody a pro studium klimatického záznamu v poměrech stabilních izo-topů. Stávající profil však nezachycoval celou dostupnou mocnost tělesa. Proto byl pro vzorkování nejhlubší části pěn-ovcové sekvence a poznání její litologie a pro určení úrovně báze pěn-ovců odvrtný výzkumný jádrový vrt (KAD-LEC 1996). Vrt byl lokalizován na dně šachtice. Tím byla mocnost hlavního profilu zvýšena na zhruba 17 m (viz obr. 7).

Šachtici i odkryv nad ní dokumentoval i V. Ložek, ale původní detailní dokumentace profilu nebyla nikdy publi-kována. Verze uvedená LOŽKEM (1967) byla oproti původní dokumentaci částečně zjednodušená. Proto na obrázku 6 publikujeme původní podrobný náčrt profilu podle stavu v první polovině šedesátých let. Vzhledem k opadu rozpa-davých pěn-ovců horní část stěny značně ustupuje a do doby našeho vzorkování se od šedesátých let posunula minimál-ně o 10 až 15 cm. Protože svrchní souvrství je laterálně do-sti proměnlivé, byla provedena nová dokumentace celého profilu, dostupného ve stěně, šachtici a vrtu, se zákresem všech odebraných vzorků pro nově prováděné práce. Tento nový náčrt profilu, který je základním studijním objek-tem pro tuto monografii, je znázorněn v obrázku 7. Metráž v profilu je měřena od úrovně terénu, tedy od ohlubeně šach-tice směrem nahoru a dolů. Metráž 0 v profilu odpovídá nadmořské výšce 238,57 m a je v profilu fixována zaraženým ocelovým hřebem délky 20 cm. Od tohoto refe-renčního bodu jsou udávány i hloubky ve vrtu. Po ukončení výzkumných prací byla šachtice v roce 1998 překryta žele-zobetonovými překlady.

2.1.2. Chybějící jihozápadní část tělesa

V jihozápadní polovině akumulace pěn-ovců byly zhruba horní dvě třetiny její mocnosti odstraněny mladou erozí a těžbou zejména během posledních čtyř století. Do tohoto prostoru byly postupně založeny základy několika rozsáh-lých staveb. Největší z nich byl třípatrový tovární objekt s vysokým komínem, vybudovaný zde v třicátých letech 19. století pro textilní výrobu. Objekt byl likvidován ne-

loose tufa, 33 – loose grey-brown tufa, 34 – grey-yellow to brown-yellow massive solid tufa, more porous at base, 35 – in the upper part of the layer middle-grained limestone debris with tufa fragments and incrustations, in the lower part of the layer rounded pebbles of Paleozoic and Proterozoic rocks, 36 – sandy fluvial gravel with well rounded pebbles of Paleozoic and Proterozoic rocks and minor presence of limestone debris; tufa absent.

dlouho po požáru v roce 1905. Později na pozemku vzniklém odtěžením pěnoveců stály i objekty restaurace a sodovkárny. Blíže Kačáku bylo i zařízení s malou vodní elektrárnou, poháněnou částečně vodami Kačáku a částečně vodou svatojanského pramene. Silně poškozené objekty restaurace odstranil tehdejší uživatel objektu – Horolezecký oddíl Rakovník – až v osmdesátých letech minulého století. Dnes na celém pozemku zůstal pouze jeden obytný dům. Vzhledem ke stavebním aktivitám a potřebě zachycení silných přítoků svatojanského pramene existuje dnes pod uvedeným pozemkem několik částečně propojených podzemních prostor, zejména zaklenutých chodeb, náhonů apod. Jejich průběh je patrný z obrázku 2. Stěny těchto chodeb jsou vyzděné, takže zde výchozy pěnoveců nelze studovat. Některé části kleneb v chodbách byly odstraněny na podzim roku 1999.

Jedinou informaci o původním rozšíření pěnovecové akumulace jz. směrem tak přináší malé zbytky (nálepky) pěnovece zachované na skalní stěně kaňonovitého údolí Kačáku. Tyto pěnovecové reliktů na vápencové stěně sahají do vzdálenosti 27 m jz. od opěrné zdi, po které vede cesta do údolí Propadlé vody. Relikty pěnovece se zachovaly až 6 m nad současným terémem pozemku a ještě ve vzdálenosti 25 m od opěrné zdi je lze nalézt až 4,5 m vysoko. Rozmístění zbytků pěnovece na skalní stěně údolí Kačáku, dokládající původní rozšíření akumulace jz. směrem, je schematicky znázorněno na obrázku 8.

Jak se na odstranění pěnoveců v jz. části tělesa podílela eroze a jaký význam měla těžba, je dnes obtížné soudit. Stejně nelze jednoznačně odhadnout, jaký zde byl podíl pevných pěnoveců vhodných pro stavební účely. Pokud stavební pěnovece tvořily většinu a pokud těleso končilo i na jižní straně strmým kaskádovým stupněm, mohlo být z to-

hoto prostoru vytěženo značné množství stavebního pěnovece, v řádu prvních tisíců metrů krychlových.

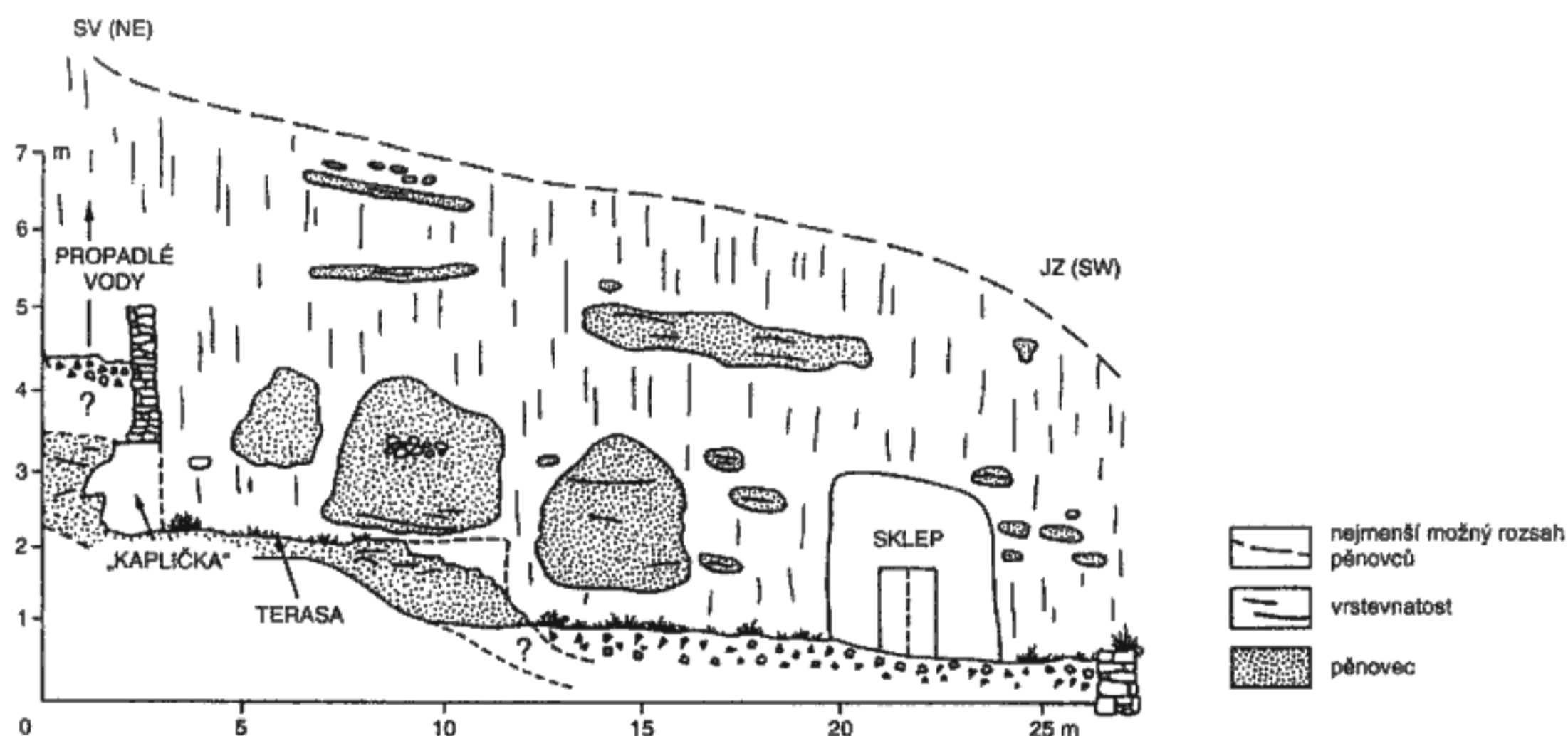
Nejstarší známé užití pěnovece ke stavebním účelům lze v okolí Svatého Jana pod Skalou nalézt v klenutí vchodu v jižní stěně románského kostela sv. Kateřiny na Tetíně, datovaného do počátku 12. století.

2.1.3. Čelní kaskádový stupeň, Ivanova jeskyně a sklepení v pěnovecích

Lokalizace Ivanovy jeskyně a obou sklepů vyhloubených v pěnovecích je patrná z obrázku 2. Do jeskyně se vstupuje z interiéru kostela a sklepy jsou přístupné z malého dvora za klášterním konventem. Jako ovocný sklep označujeme delší z nich (označený C na obr. 2), uhelný sklep je menší a nepravidelného půdorysu (označen B na obr. 2). Jak Ivanova jeskyně, tak i oba sklepy jsou podzemní prostory částečně přírodní a zčásti uměle vytesané. Podíl přírodních dutin je největší v Ivanově jeskyni, ve sklepech naprosto převažuje prostor vytvořený uměle.

Také čelo kaskády na s. a sz. okraji pěnovecové akumulace je na mnoha místech uměle upraveno. Původní čelo akumulace bylo zřejmě v místech jihovýchodní stěny kostela. V prostoru za klášterním konventem vystupují pěnovece v přírodních i uměle přitesaných odkryvech. Strmější zapadání jednotlivých vrstev pěnoveců v prostoru u čela tělesa a analogie s recentními kaskádami naznačují, že akumulace byla pravděpodobně ukončena strmým subvertikálním stupněm nedaleko dnešního okraje.

Z půdorysu je patrné, že akumulace měla původně vějířovitý tvar s nepravidelným laločnatým okrajem. V pohřební komoře Ivanovy jeskyně je na kratší (západní) stěně ko-



8. Rozmístění reliktů pěnovece na skalní stěně kaňonu Kačáku, dokládající původní rozšíření akumulace jz. směrem (orig. V. Cílek).

8. Distribution of small relics of calcareous tufa on the Kačák canyon wall, showing original extent of the calcareous tufa accumulation in the SW direction.

mory na jednom konci dobře patrné příkré zapadání vrstev pěnoveců, na druhé (východní) straně téže prostoty probíhají vrstvy subhorizontálně a ukazují, že v této části kaskády pěnovec zasahovaly poněkud dál do údolí. Podobná je situace i ve vstupní partii uhelného sklepa.

V zádveři pohřební komory Ivanovy jeskyně byly nalezeny vertikální otvory morfologicky odpovídající kořenovému systému. Jižně od středového pilíře centrální části jeskyně probíhá šikmo nahoru se zužující, poměrně pravidelná trubice o maximálním průměru 60 cm, která je uvnitř částečně pokrytá sintrovými polevami. Pravděpodobně jde o negativní výlitek (oblitek – V. Daněček, ústní sdělení 1995) později vyhnílého padlého stromu. Podobná dutina oválného půdorysu 25 x 30 cm leží v čelbě ovocného sklepa, kde se dají rovněž nalézt oblítky větví. Některé z těchto oblítků jsou zkroucené nebo se větví, takže jejich krasový vznik v podobě tzv. „korozních trubic“ není pravděpodobný. Spíš předpokládáme, že na povrchu pěnovecové desky existovaly ostrůvky vegetace i celé vzrostlé stromy. Při dostatečném přísunu okysličené vody však organická hmota postupně vyhynie a zmizí. Vzhledem k tomu, že v prostofe, která již není přímo otevřená do atmosféry, probíhá depozice karbonátů pomalu, zůstávají v tělesech pěnoveců často dutiny trubicovitěho tvaru, pseudomorfozy po větvích a kmenech.

2.1.4. Litologie pěnovecového tělesa

Litologie pěnovecového tělesa je velmi proměnlivá jak v horizontálním, tak i ve vertikálním směru. Čelní část akumulace (jeho čelní kaskáda) je tvořena pevným, převážně strukturním pěnovcem v celé mocnosti. Ve většině plochy však pěnovecovou akumulaci tvoří dvě litologicky odlišné série – spodní, místy až 9,5 m mocná monotónní série pevných, masivních „stavebních“ pěnoveců, která má nízký obsah klastického materiálu a svrchní, litologicky velmi proměnlivá série převážně rozpadavých pěnoveců, charakterizovaná přítomností četných suťových horizontů, pohřbených pūd a dalších faciálně odlišných sedimentů. Hranicí mezi oběma sériemi je přibližně úroveň terénu u výzkumné šachtice S1, tedy metrůž 0 m v profilu na obrázku 7. Z obrázků 6 a 7 je tato litologická hranice dobře patrná.

Spodní souvrství pevných pěnoveců lze studovat v Ivanově jeskyni, v obou sklepech a zejména v šachtici S1 a vrtu na jejím dně. Spodní část série pevných pěnoveců v šachtici a vrtu, hlavně mezi metrůžemi –8,5 a –3,0 m, obsahuje podřizeně několik poloh sypkých pěnoveců o mocnosti od 4 do 30 cm. Tyto polohy se mírně uklánějí k čelu akumulace. Obsahují kalcifikovanou rostlinnou drť. V některých případech je považujeme za pěnovecové písčky vznikající za nevysokými pevnými hrázkami o výšce 10 až 30 cm. Profil v uhelném sklepu kláštera ukazuje až 6 poloh sypkých pěnoveců odkrytých ve stěně sklepa v délce max. 10 m. Sypké pěnovec zde směrem k čelu akumulace vyklíňují, aniž by se hromadily za hrázkami. Podle analogie se současnými tělesy pěnoveců (zvláště instruktivní je plochá pěnovecová

deska pod Krásnohorskou jeskyní – vyvěračka Buzgó ve Slovenském krasu) se domníváme, že pevné pěnovec byly vázány buď na otevřené prostranství nebo na ostrůvky stromů, zatímco sypké pěnovec byly typické pro ostrůvky trav a zejména ostřic. Zcela ojediněle se v pěnovci spodní série vyskytují čočkovité polohy vápencové suti. Celkově však ve spodní části akumulace pevné pěnovec naprosto převažují a její charakter je v řadě míst velmi monotónní. U této spodní, až 9,5 m mocné série můžeme na základě litologie celkově usuzovat na vyšší vydatnost pramene a klimaticky relativně stabilní podmínky vzniku.

Svrchní série je litologicky velmi pestrá. Mírně v ní převládají sypké a polopevné typy pěnoveců nad vložkami suti a pohřbených pūd (obr. 7). Jiným důležitým rysem, kterým se liší svrchní série, je přítomnost našedlých písčitých a slinitých pěnoveců, které vznikají v „jezerním“ prostředí vyšších hrázek. Zbytek asi 80 cm vysoké hrázky je patrný v horní části čela tělesa v hlavní stěně. Obdobný typ sedimentu se vyskytuje i v profilu nad šachticí (vrstva 20 v obr. 7). Nejsvrchnější část profilu je částečně antropogenně porušena.

2.1.5. Pohřbené pūd

Pohřbené pūd v souvrství pěnoveců na lokalitě Svatý Jan pod Skalou vznikaly při krátkodobých suchých obdobích při přerušení sedimentace pěnovec. Jsou zastoupeny v podobě převážně mělkých rendzin. Problémem vývoje pūd v tělese pěnoveců Svatého Jana pod Skalou se ve svých pracích zabýval LOŽEK (1959, 1963b). Na výše zmíněné práce navazuje i náš výzkum. Pro výzkum pohřbených pūd v souvrství pěnoveců ve Svatém Janu pod Skalou byly vybrány čtyři humusové A horizonty.

Metodika

Ve svrchní části hlavního profilu pěnovecového tělesa ve Svatém Janu (viz obr. 7) odpovídají z pedologického hlediska diagnostickým půdním horizontům vrstvy 2, 6, 13 a 15, které byly makromorfologicky popsány podle NĚMEČKA et al. (1967). Z jednotlivých horizontů byly odebrány vzorky pro mikromorfologický výzkum, studium jílových minerálů a stanovení vybraných analytických charakteristik. Způsob výskytu z hlediska paleopedologického byl určen na základě prací KUBIĚNY (1956) a SMOLÍKOVÉ (1965). Ke kvalitativní identifikaci minerálních fází byl použit rentgenový difraktograf PHILIPS PW 3710. Vzorky byly studovány v přírodním stavu, sycené ethylenglykolem hodinu při teplotě 80 °C a žíhané při teplotě 550 °C po dobu 4 hodin. Vybrané analytické charakteristiky, tj. pH (H₂O), pH (KCl), obsahy CaCO₃, humusu a zrnitostní složení pūd (tab. 2) byly stanoveny podle metodiky HRAŠKA et al. (1962).

Makromorfologický popis

Vrstva č. 15, barva 10 YR 4/4 (terénní vlhkost), 10 YR 6/4 (za sucha), polyedrická, vlahá, drobivá, písčitolinitá, žilky CaCO₃, uhlíky, ulitka měkkýše, ojedinělý křemen.

Vrstva č. 13, barva 10 YR 4/4 (terénní vlhkost), 10 YR 6/3 (za sucha), polyedrická, vlahá, kyprá, písčitohlinitá, žilky CaCO_3 , uhlíky.

Vrstva č. 6, barva 10 YR 4/3, (terénní vlhkost), 10 YR 5/4 (za sucha), polyedrická, vlahá, drobnivá, písčitohlinitá, žilky CaCO_3 , ulitka měkkýše.

Vrstva č. 2, barva 10 YR 2/2, (terénní vlhkost), 10 YR 3/3 (za sucha), drobtová, vlahá, kyprá, písčitohlinitá, jemné kořínky, ojedinělá pseudomycelia.

Podle výše uvedeného popisu a na základě analytických charakteristik (tab. 2) byly jednotlivé vrstvy diagnostikovány jako A horizonty rendzin. Podle klasifikačního systému HRAŠKA et al. (1991) zařazujeme rendziny do skupiny půd melanických, pro které je charakteristický drnový půdotvorný proces až proces akumulace a stabilizace humusu. Rendziny jsou půdy formující se na zvětralinách pevných a zpevněných karbonátových hornin s obsahem CaCO_3 nebo MgCO_3 nad 75 % ve zvětralině C horizontu. Jsou to převážně mělké půdy s vysokou skeletnatostí, jednostrannou minerální bohatostí s nadbytkem Ca, Mg a nedostatkem dalších živin (hlavně K, P). Půdní reakce je neutrální nebo mírně alkalická. Ve světové referenční bázi SPAARGARENA (1994) jsou tyto půdy označovány jako Rendzic Leptosols.

Mikromorfologická charakteristika

Vrstva č. 15: hnědá humózní vyvločkováná základní hmota maltovitě tmelená amorfními karbonáty se vyznačuje menším podílem volných prostor a agregátovou skladbou. V základní hmotě se vyskytuje zbytek kořene a fragment provápněné schránky měkkýše. Stopy po biogenní aktivitě jsou slabé. Mikroskelet o velikosti prachu až písku je tvořen převážně pěnovcem a úlomky karbonátů. Ojediněle se vyskytují zrna křemene a slíd.

Vrstva 13: hnědá vyvločkováná humózní hmota maltovitě tmelená amorfními karbonáty; ve srovnání s předcházející vrstvou má vyšší agregaci. V základní hmotě se vyskytují manganolimonitové vysráženiny, po rourkách kořínků manganové, malé množství úlomků zuhelnatělých dřev a rovněž ojedinělá braunlehmová konkrece alochtonního původu. Stopy po biogenní činnosti jsou slabé. Mikroskelet o velikosti prachu až písku je tvořen převážně pěnovcem a úlomky karbonátů. Ojediněle se vyskytují zrna křemene a slíd.

Vrstva č. 6: sytě hnědá vyvločkováná, primárně provápněná základní hmota má agregátovou skladbu. V některých

zbytcích dřev jsou nakupeny drobné, červenohnědě zbarvené koprogenní produkty činnosti roztočů. V půdní hmotě se vyskytují poměrně početné úlomky zuhelnatělých dřev se zbytky celulóznic struktur, fragment provápněné schránky měkkýše a ojedinělé koprogenní elementy roupic. Mineralogicko-petrologické a zrnitostní složení je analogické jako u předcházejících vrstev.

Vrstva č. 2: tmavě hnědá vyvločkováná, primárně provápněná humózní základní hmota se vyznačuje vysokým podílem volných prostor. V základní hmotě se vyskytují úlomky dřev, přičemž podíl zuhelnatělých je malý. Biogenní činnost v půdní hmotě je prezentována koprogenní činností roupic a v menší míře rovněž žížal. Mikroskelet o velikosti prachu až písku je tvořen pěnovcem a úlomky karbonátů. Ojediněle se vyskytují zrna křemene a slíd.

Z výsledků mikromorfologického výzkumu vyplývá, že se jedná o modus půd autochtonních na primární mateční hornině. Forma humusu jednotlivých A horizontů pohřbených rendzin je mul, který vzniká za podmínek příznivých pro rozklad a transformaci organických zbytků. Tvorba mulu je podmíněna mírným až teplým klimatem a převážně listnatými až smíšenými porosty.

Jílové minerály

Vlastní výzkum jílových minerálů v půdách na našem území nemá příliš dlouhou tradici. V literatuře nenacházíme zmínku o zastoupení jílových minerálů v půdách nacházejících se v souvrstvích pěnovců.

Jílové minerály v jednotlivých vrstvách studovaného profilu mají jednoduchou asociaci s převládáním kaolinitu a illitu, přičemž podíl jílových minerálů je větší ve frakci pod 0,001 mm (tab. 3). Protože jde o půdy s vysokým obsahem CaCO_3 , lze předpokládat, že výskyt jílových minerálů je dán hydrolytickým štěpením silikátových zbytků vápenatých substrátů. Tento typ reakce probíhá v mírně zásaditém prostředí. Mimoto je substrát částečně ochuzován o kyselinu křemičitou. Obsah chloritu je nízký nebo nebyl vůbec identifikován, což lze interpretovat jako dechloritizační efekt organické hmoty. Zvýšený obsah kaolinitu je pravděpodobně odvozen od kaolinických horizontů krasových depresí. Transport kaolinitu do prostoru pěnovcového tělesa je způsoben jak splachy, tak výnosem pramenem. Poblíž vyústění rokle však zjistili LOŽEK (1959) a KOVANDA (1971) větší počet půdních horizontů. Předpokládáme, že v tomto případě jde nejen o autochtonní horizonty, ale rovněž o alochtonní polohy tvořené splachy.

Tabulka 2. Analytické charakteristiky pohřbených půd v pěnovcích (čísla vzorků odpovídají číslům vrstev v obrázku 7)
Table 2. Analytical data for buried soil layers in calcareous tufa (sample numbers correspond to layer numbers in Fig. 7)

označení	pH (H_2O)	pH (KCl)	CaCO_3 %	humus %	zrnitostní frakce [%]					
					< 0,01 mm	< 0,001 mm	0,001–0,01 mm	0,01–0,05 mm	0,05–0,25 mm	0,25–2,00 mm
vrstva 15	7,86	7,39	57,00	0,78	27,20	15,90	11,30	21,20	23,10	28,50
vrstva 13	7,91	7,58	76,60	0,72	20,50	11,20	9,30	15,10	26,30	38,10
vrstva 6	7,74	7,38	61,80	1,21	27,30	17,40	9,90	18,80	26,00	27,90
vrstva 2	7,69	7,32	51,80	2,66	28,10	11,40	16,70	21,30	23,90	26,70

Tabulka 3. Asociace jílových minerálů v pohřbených půdách svatojanských pěnoveců (čísla vzorků odpovídají číslům vrstev v obrázku 7)

Table 3. Associations of clay minerals in buried soils of the calcareous tufa accumulation in Svatý Jan, (sample numbers correspond to layer numbers in Fig. 7)

označení	chlorit	illit	kaolinit	lepidokrokit	křemen	draselný živec	kalcit	smektit
	%	%	%	%	%	%	%	%
< 0,01 mm								
vrstva 15	3	8	5	0	35	0	49	0
vrstva 13	1	5	3	0	18	0	74	0
vrstva 6	1	5	5	0	21	0	62	7
vrstva 2	1	6	4	1	26	6	56	0
< 0,001 mm								
vrstva 15	4	17	12	0	21	0	47	0
vrstva 13	3	9	6	1	17	0	64	0
vrstva 6	0	12	11	0	14	0	63	0
vrstva 2	0	9	13	0	28	0	49	0

2.1.6. Popis klastik ze suťových vloček v pěnovecích, porovnání se sedimenty vybraných profilů v rokli Propadlé vody a dynamika klastické sedimentace

V rámci výzkumu pěnovecového tělesa byla pozornost věnována i klastickým polohám, nacházejícím se přímo v pěnovecích. Složení klastik bylo porovnáno s několika profily v rokli Propadlé vody, která leží přímo nad studovanou akumulací. Při valounové analýze byla pozornost věnována zastoupení jednotlivých hornin, velikosti úlomků a stupni jejich opracování a koroze.

Jak již bylo uvedeno výše, v celé spodní sérii budované pevnými pěnovci se vyskytuje vápencová suť i jiný klastický materiál zcela ojediněle, a to i přesto, že akumulace vznikla na úpatí vysokých skalních stěn. Neexistence suťových poloh deponovaných přívalovými dešti indikuje celkově vyrovnaný srážkový chod oceánického klimatu. Při poněkud vyšších teplotách a vydatnějších srážkách oproti současnosti musíme předpokládat, že skalní povrchy byly v době vzniku spodní série masivních pěnoveců hustě porostlé vegetací (mechy aj.), která vytvářela soudržný porost chránící skalní povrchy před opadem (podrobná paleoklimatická interpretace v kap. 4.).

V odkryvu nad šachticí a zvláště v obou sklepeních vystupuje nápadná poloha hrubozrné ostrohranné či mírně zaoblené suti s klasty až do průměru 20–30 cm. V hlavním profilu nad cestičkou se jedná o jednu polohu (vrstva 25 v obr. 7), ve sklepech se jedná o dvě polohy, navzájem od sebe vzdálené 0,9 až 1,4 m. Podlahy sklepů leží v 232,2 až 233,6 m n. m., zatímco vrstva 25 leží v hlavním profilu 239,7 m n. m., tedy o 6 až 7 m výše. Obě místa jsou od sebe vzdálena přibližně 40 m. Bez možnosti studovat spojení mezi suťovými polohami nelze tyto vrstvy v hlavním profilu a ve sklepech navzájem jednoznačně korelovat. Přesto jsou tvořeny téměř totožným materiálem a rovněž leží jak v hlavním profilu, tak i ve sklepech na rozhraní mezi spod-

ní pevnou sérií a svrchními rozpadavými pěnovci. V sondách S3 a S4 pod jižní zdí klášterní zahrady blíže k ústí rokly Propadlé vody (lokalizace sond viz obr. 2) vystupuje podle původní dokumentace J. Kovandy 5 až 7 suťových poloh, které celkově pokrývají nejméně polovinu mocnosti sond (viz obr. 4).

V hlavním profilu nad šachticí (obr. 7) se suťová vrstva 25 skládá ze tří částí: spodní je tvořena hrubozrnou sutí s převládajícím vápencem a podřízenými břidlicemi, střední polohu tvoří strukturální pěnovec s inkrustovanými mechy a klacíky a třetí svrchní poloha vystupuje jako písčité sediment s drobnými křemennými valounky, úlomky břidlic a načervenalými vápenci. Ve sklepech je svrchní a spodní poloha smíchána, takže písčité vrstvy vytváří jemnozrnou matrix hrubozrné suti. Náhlé rozšíření suťových poloh na rozhraní obou sérií ukazuje na klimatickou změnu, která je následována i jiným chodem hydrologického režimu. Ostrohranná či mírně zaoblená suť představuje jen mírně přemístěný skalní opad s podřízenou složkou výplavu z rokly Propadlé vody (zaoblená suť). Písčité matrix odpovídá materiálu s delším transportem a obsahuje i klasty pocházející z reliktních terciálních sedimentů v horní části rokly Propadlé vody. Lze tedy předpokládat, že přívalové srážky, které deponovaly tyto hrubě klastické horizonty, byly schopny transportovat klastický materiál celou délkou rokly.

Svrchní suťová poloha (vrstva č. 9 v obr. 7) obsahuje kromě převahy ostrohranné vápencové suti i ojedinělé keramické zlomky. Ty jsou však mnohem hojnější ve dvou polohách pěnoveců v jejím těsném nadloží. Keramický materiál odpovídá pozdní době bronzové, I. fázi kultury štítarské (H B1) a pravděpodobně i starší době železné, kultury bylanské (H C–D?, BOUZEK 1990, 1993, BENKOVÁ – ČTVERÁK 1998). BENKOVÁ a ČTVERÁK (1998) přítomnost keramiky v profilu interpretovali jako sekundárně redeponovanou přívalovými dešti a svahovými pohyby. Vzhledem k výskytům střepového materiálu i přímo v pěnovecových

horizontech, které neobsahují téměř žádný klastický materiál, lze však spíše předpokládat, že archeologický materiál se nedostal do tělesa pěnoveců druhotným přemístěním. Přítomnost keramiky v pěnovecích je pravděpodobně výsledkem ekonomických aktivit obyvatel lokality u pramene a na povrchu tělesa, které však nejspíše nikdy nebylo sídelní plochou.

Orientačně studované profily v rokli Propadlé vody zahrnují (ve směru od studovaného tělesa pěnoveců roklí nahoru směrem k obci Bubovice): malý profil v údolních svahovinách bezprostředně nad pěnovecovou akumulací, reliktní sedimentární výplně údolí zhruba 200 m nad klášterem, sedimenty ve výplni krasového propadání a občasných ponorů Arnika, svahoviny v mělké erozní rokli v oblasti mírně zvláštěných terciálních povrchů nedaleko nad ponorem Arnika a sedimentární pokryv plochých povrchů severně od Bubovic.

Údolní svahoviny nacházející se bezprostředně nad pěnovecovou akumulací vystupují v erozním zářezu v ústí rokli. Z 95 % je tvoří šedé a drobnozrnější červené vápencové klasty. Méně jsou zastoupeny břidlice, zvětralé rohovce a ojediněle i křemenné valouny. Hojně je zastoupení červených vápenců.

Další vzorek na analýzu klastů byl odebrán ze sedimentů vyplňujících spodní část rokli Propadlé vody u odbočky červené turistické značky vedoucí směrem na Srbsko, asi 200 m nad pěnovecovým tělesem. Ve vzorku převládají šedé a červené vápence; úlomky břidlic, ferikret a křemenných valounů jsou minoritní. Byl nalezen ojedinělý valoun ordovického křemence o průměru 8 cm.

Údolí v Českém krasu a obecně na větší části území ČR byla postižena mladou erozí (ve středověku?), o které můžeme ve Svatém Janu pod Skalou spolehlivě říct, že je mladší než poslední fáze tvorby pěnoveců. Eroze se v rokli projevuje podobně jako na jiných místech Českého krasu strmým zářezem o hloubce 2 až 4 m (ve spodní části bočních údolí je zařiznutá hlubší, směrem nahoru vyznívá) a vznikem reliktní sedimentární výplně údolí několik metrů nad jeho dnem. Dynamika vzniku těchto roklí není ještě spolehlivě objasněna. Současná pozorování přívalových povodní v těchto roklích ukazují na krátké, lokálně omezené, velmi vodnaté epizody charakteristicky vznikající po jarních a letních bouřkách, které přemisťují starší materiál údolních výplní a ve strmějších úsecích toku se zahlubují na skalní podloží.

V horní části rokli Propadlé vody se nachází občasný ponor a jeskyně Arnika, jehož sedimentární výplň byla také orientačně studována. Horních 1,7 m sedimentární výplně jeskyně tvoří hnědé svahové hlíny, které obsahují intenzivně korodované kameny až bloky místních vápenců. Na bázi této polohy vystupuje nepravidelná 0–15 cm mocná kamínková poloha, v níž převládají červené a šedé vápence. V podřízeném množství se objevují zvětralé rohovce, šedé a zelené břidlice a prachovce srbského souvrství, křemenné valouny o velikosti do 6 cm, místy rezavě patinované, nejspíše ordovické křemence a úlomky silikret. Pod touto polohou leží hnědé až načervenalé půdní sedimenty. Vápence mají bimodální zrnitostní složení. Ve frakci

5–30 cm se vyskytují téměř výhradně místní šedé, nezvětralé vápence. Ve frakci 1–5 cm se častěji setkáváme se zčervenalými vápenci, které jsou křídovité, méně pevné, ale také se díky Fe-inkrustacím hůře rozpouštějí. Na základě korelace s jinými holocenními profily Českého krasu můžeme odhadnout stáří sedimentů na 1 až 2 tisíce let. V době před zaplněním propadu sedimenty se pravděpodobně jednalo o jeden z očekávané řady otevřených údolních hltačů, které byly postupně ucpávány přívalovými dešti.

V hloubce 8 m byl v jeskyni Arnika odkryt ve výplni propadání profil tvořený chaoticky uloženými jíly a jílovitými prachy s vápencovými kameny a bloky. V sedimentech se nachází fragmenty kostí velkých obratlovců, z nichž některé patří živočichům žijícím u nás v první polovině posledního glaciálu (např. obří jelen *Megaloceros* nebo pižmoň). Přesnější stratigrafické zařazení se však nepodařilo provést ani na základě paleontologické analýzy kostí drobných savců (I. Horáček, osobní sdělení). Ve stejném profilu byl v jeskyni Arnika nalezen i fragment týlní kosti lidské lebky, který však vykazuje odlišnou fosilizaci než kosti ostatních obratlovců. Tato skutečnost dokládá fakt, že sedimenty i s kostmi byly při vyplňování závrtu přemisťovány směrem do jeskyně pod propadáním, což vedlo k jejich smíchání a znehodnocení stratigrafického záznamu. Malakozoologická analýza úlomků ulit měkkýšů prokázala zastoupení vodních i lesních druhů dokládající periodické zaplavování závrtu dešťovou vodou (J. Hlaváč, osobní sdělení). Hluběji je ve vertikální části jeskyně Arnika zachován 1,5 m mocný reliktní písek a písčité štěrky s křemennými valounky velkými až 3 cm. Jde o sedimenty redeponované buď z paleokrasových výplní, odkrytých v nedalekých lomech na Stydlých vodách, nebo z reliktních terciálních sedimentů s. od Bubovic.

Ostře zařiznutá údolí v dosahu kvartérní morfogeneze přecházejí směrem nahoru k zarovnaným povrchům (parovině) zemědělské krajiny v okolí Bubovic do mělkých vanovitých třetihorních údolí, jejichž tvar je do značné míry fosilizován. K přemisťování údolních výplní docházelo spíše pomalými plouživými pohyby v následku kryoplanančních a soliflukčních procesů než erozí. Asi 250 m nad jeskyní Arnika leží příčná skalka tvořící strukturální jádro meandru občasných toků s minimálním průtokem. Pramen vytékající ze svahovin se opět po 20 až 30 m vsakuje do malého propadu. Byla zde vykopána sonda, která prošla do hloubky 1,6 m mladými hlínami s občasnými úlomky vápenců a minoritními klasty rohoveců a břidlic pokrytých druhotným křídovitým povlakem novotvořeného kalcitu. Profil ukazuje na určité zastoupení plošné eroze malé intenzity, která je schopna odplavit z výše ležících polí zeminu, ale ne úlomky břidlic a kvarcitů. Zároveň je patrné, že přemisťování klastů z oblasti třetihorní morfogeneze (paroviny a plochá údolí) do oblasti kvartérní morfogeneze (hluboce zařiznutá údolí) je v současnosti omezené.

Pole nad horním ukončením rokli Propadlé vody jsou pokryta šedými úlomky břidlic a kvarcitů. Ve zcela podřízené míře se objevují ojedinělé křemenné valouny, vyběle-

né buližníky a zvětráváním zčervenale břidlice. Tyto horniny se ve spodní části údolí nacházejí spíše jen výjimečně, ale zato předpokládáme jejich uplatnění ve formě rozpadlých písčitých sedimentů, které se lokálně uplatňují jako mezerní hmota horizontů hrubších klastik ve svatojanském pěnovcovém tělese.

2.1.7. Podloží tělesa pěnovců ve Svatém Janu pod Skalou

Informace o charakteru podloží pěnovců a o základech kostela sv. Jana Křtitele pocházejí jednak z průzkumných sond a sanačních vrtů prováděných v letech 1972–1974 a dále z výzkumného vrtu, provedeného v roce 1996 během nových výzkumných prací. Další poznatky přineslo i použití geofyzikálních metod.

První dokumentovanou výzkumnou akcí, která zasáhla pod hladinu podzemní vody, byla kopaná sonda realizovaná na jaře roku 1973 podél základů severního průčelí kostela u západního pilíře stavby (KRÁLÍK 1974). Práce byly ukončeny v hloubce 2 m pod terénem pro silný přítok vody. Sonda odhalila základy přízdívky kostela z roku 1859 postavené z velkých plochých vápencových kvádrů tmelečných vápenou maltou. Sonda byla zahlobena v hlinito jílovité zemině s úlomky vápenců, dřeva, lidských kostí a subrecentní keramiky – patrně šlo o zához základové jámy. Pěnovce nejsou v dokumentaci sondy uváděny.

Více informací poskytla síť injektážních vrtů pro mikropiloty pod základy kostela. Dokumentaci vrtů uvádí KRÁLÍK (1974). Základové zdivo bylo vrtáno na jádro a sedimenty v podzákladí valivým dlátem s výplachem. Vrty bylo zjištěno, že základová spára stavby kostela je zhruba 4 m pod úrovní dnešního povrchu. Vzhledem k dnešní hladině podzemní vody pod stavbou v hloubkách mezi 0,7 a 2,7 m pod terénem a vzhledem k tomu, že stavba nejspíše nemohla být založena tak hluboko pod hladinou podzemní vody, je pravděpodobné, že úroveň původního terénu i koryta Kačáku byly v místě stavby podstatně níže než dnes. V historické literatuře se uvádí časté zaplavování interiéru kostela povodněmi Kačáku, kvůli kterému byla jeho podlaha později zvýšena. Je pravděpodobné, že tyto povodně mohly ukládat klastický materiál i v korytě toku a jeho okolí a přispět k podstatné změně místních výškových poměrů.

Šířka základů byla zjištěna jen v části severního průčelí, vlevo od hlavního vchodu kostela, kde činí 3,5 až 4 m. Metoda bezjádrového vrtání vylučovala podrobnější studium sedimentů pod základy stavby. Také určení rozhraní fluvialních sedimentů a vápencového podloží bylo obtížné. Studium vrtných úlomků vynášených výplachem bylo zjištěno, že v podzákladí kostela se od hloubky 4 m pod terénem do hloubky 6,5 až 7 m pod terénem nacházejí fluvialní písčité štěrky. Valouny tvoří převážně ploché destičky opracovaných proterozoických břidlic bez stop navětrání s podřízeným zastoupením buližníku (proterozoického silicitu) a křemene. Z místních hornin byly zjištěny úlomky diabasu. Skalní podloží (nezvětralé paleozoické vápence) bylo

zachyceno v hloubce 6,5 až 7 m pod terénem. V některých vrtech došlo k výrazným ztrátám výplachu na hranici mezi základovým zdivem a fluvialními sedimenty a v jednom z vrtů byla dokonce zjištěna kaverna o výšce 0,45 m. Některé z těchto vrtů pojal velké množství injektážní směsi a po jejich injektáži přestal vyvěrat malý pramen v tehdejší (dnes zasypaném) náhonu, probíhající paralelně s tokem Kačáku. Vyplavování jemné frakce fluvialních sedimentů vyvěrající podzemní vodou bylo pravděpodobně hlavní příčinou opakovaného statického porušení stavby. V podzákladí přízdívky (tj. opěrných pilířů z roku 1859, založených jen do hloubky 1,5 až 2 m pod terénem) byly navrtány silné dřevěné trámy uložené horizontálně, tvořící pravděpodobně podzákladový rošt (KRÁLÍK 1974). V popisu vrtů nejsou nikde pod kostelem uváděny pěnovce. Původní předpoklad, že pěnovce pokračují i pod stavbou kostela, uvedený i v projektové dokumentaci sanace (ŠVASTAL 1972) se tedy nepotvrdil. Pěnovce před čelem kaskády se pravděpodobně nezachovaly v důsledku erozního působení Kačáku. Vzhledem k tomu, že úroveň dnešního terénu v z. okolí kostela je v nadmořské výšce zhruba 233,5 m, lze s použitím KRÁLÍKOVÝCH údajů (KRÁLÍK 1974) odhadnout úroveň skalního podloží pod kostelem zhruba na 227 až 226,5 m n. m.

Další informace o podloží pěnovcové akumulace byly získány výzkumným jádrovým vrtem realizovaným na dně šachtice S1 (lokalizace viz obr. 2) v rámci nově prováděných výzkumů v roce 1996 vrtanou soupravou HILTI (průměr vrtu 93 mm, ve spodní části 59 mm). Báze masivních pěnovců byla tímto vrtem zastižena na metrůžce –8,50 m (tj. 230,1 m n. m.), pěnovcové inkrustace v převážně ostrohranném suťovitěm vápencovém materiálu s malým podílem opracovaných plochých valounků proterozoických břidlic a drob pokračovaly do –9,40 m (229,2 m n. m.). Dále do podloží byly zjištěny již jen fluvialní štěrky Kačáku bez přítomnosti pěnovců s opracovanými valouny, ale nadále s výrazným podílem ostrohranných úlomků paleozoického vápence. Vrt dosáhl do –9,9 m (228,7 m n. m.) a skalní podloží nezastihl (KADLEC 1996).

Vzhledem k malému průměru vrtu a značné velikosti valounů bylo získáno jen malé množství štěrkovitého materiálu, takže kvalitní valounová analýza nemohla být provedena. V získaném materiálu z nejhlubší části vrtu představují opracované valouny asi jednu polovinu a ostrohranný lokální materiál druhou polovinu. V opracovaném valounovém materiálu jsou zastoupeny v převaze ploché, dobře opracované destičky proterozoických břidlic a drob a hůře opracované valouny a úlomky ordovických sedimentů. Zjištěn byl také jeden valoun buližníku (proterozoického silicitu) a dva menší křemenné valounky. V ostrohranném lokálním materiálu naprosto převažují paleozoické vápence, získán byl jeden větší úlomek alterovaného silurského diabasu. Oproti vrtům pod kostelem se tedy zdá, že výzkumný vrt lokalizovaný blíže k vyústění rokle Propadlé vody a blíže ke svahu má větší podíl lokálního ostrohranného klastického materiálu, alespoň ve svrchní části štěrkové terasy v těsném podloží pěnovců.

Provedené vrty tedy naznačují, že pěnovcové těleso je

ohraničeno přibližně čarou procházející delší, jv. stranou kostela. Toto zakončení bylo pravděpodobně výrazně ovlivněno erozní činností Kačáku, protože úlomky pevných pěnoveců byly nalezeny V. Cílkem v hlubší části nivy při rekonstrukci mostu asi 500 m pod obcí. Čelo akumulace bylo pravděpodobně periodicky ničeno záplavami, které mohly mít podstatný vliv i na vznik Ivanovy jeskyně. Výzkumným vrtem tak bylo potvrzeno, že akumulace pěnoveců spočívá na terase Kačáku, jak bez přímých důkazů předpokládal již Petrbock (viz přehled starších prací v kap. 1.6.).

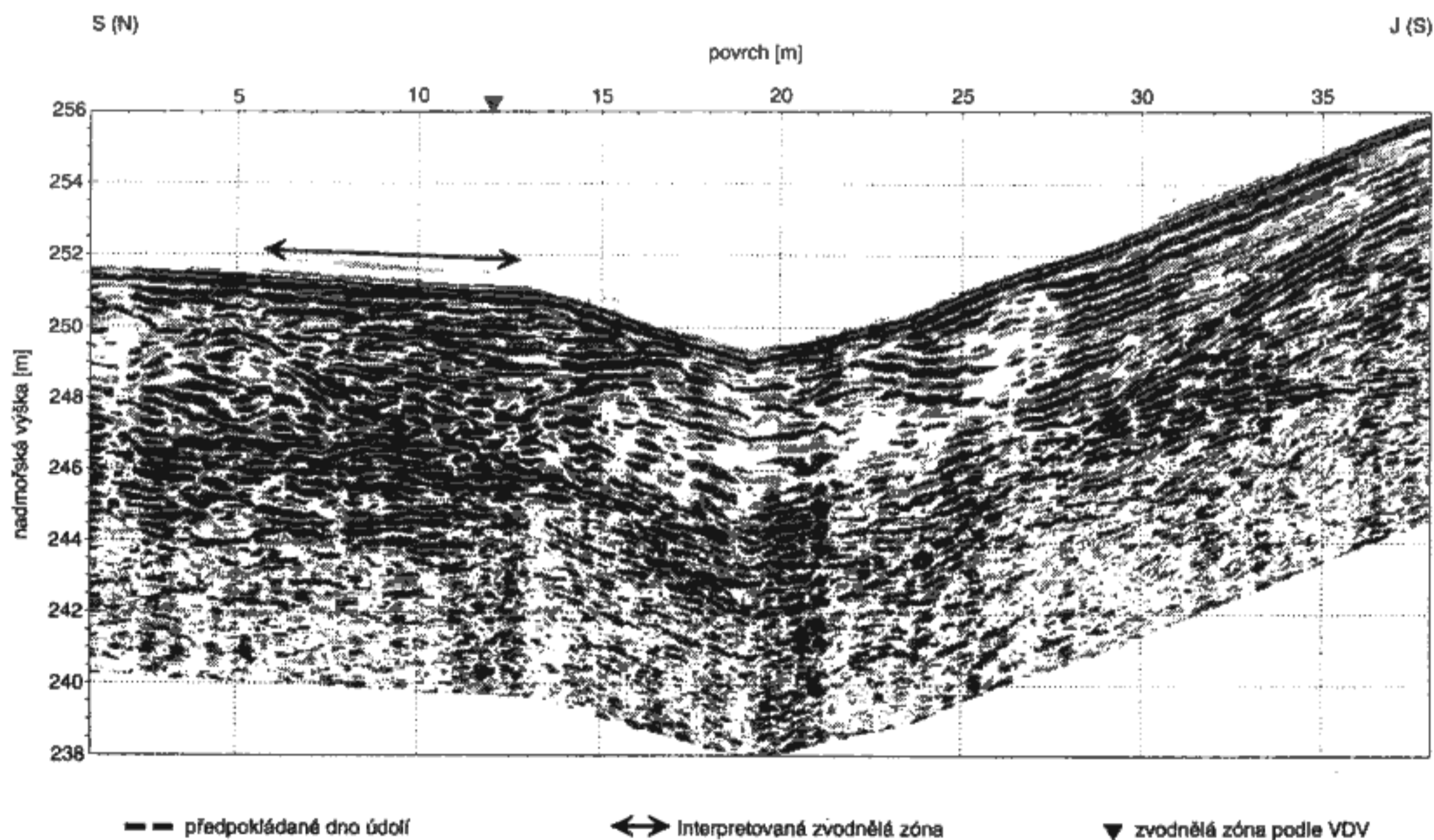
Pro podrobnější poznání morfologie podloží pěnoveců, lokalizaci hlavního vývěru krasových vod a pro poznání morfologie skalního podloží ve spodní části rokle Propadlé vody byly použity i geofyzikální metody (vyhodnocení dat geofyzikálních metod provedl J. Nedvěd, viz též KADLEC – NEDVĚD 1999). Pro zjištění morfologie skalního podloží pod pěnovecovým tělesem byla použita georadarová metoda na celkem pěti profilech. Jejich lokalizace je patrná z obrázku 2. Hlavní vývěr krasové vody byl lokalizován pomocí metody velmi dlouhých vln (VDV).

Princip georadarové metody spočívá v opakovaném vyslání vysokofrekvenčního elektromagnetického impulzu zdrojovou anténou v místech měřeného profilu. Tam, kde dochází ke změně elektromagnetických vlastností prostředí (např. změna litologie nebo přítomnost podzemní vody), se část vyslané energie odráží zpět a je registrována přijí-

mací anténou. Primárním výstupem je časový řez, který se přepočítává na hloubkový řez. Měření bylo provedeno aparaturou Pulse-EKKO 1000 kanadské firmy Sensors & Software.

Metoda velmi dlouhých vln (VDV) využívá jako zdroje elektromagnetického pole vojenských radiostanic o frekvencích 10 až 30 kHz. Registruje se deformace tohoto pole nad vodivostními nehomogenitami. Měření bylo provedeno aparaturou Em-16 kanadské firmy Geonics s krokem měření 5, resp. 2 metry. Metodou VDV byly proměřeny dva profily. Zpracování bylo provedeno standardním způsobem a byl vypočten Fraserův gradient, jehož maximální hodnoty lokalizují vodivé těleso.

Interpretace georadarových dat přinesla cennou informaci o hloubce a morfologii skalního dna údolí Propadlé vody v blízkosti jeho vyústění do kaňonu Kačáku. Profil vedený napříč nejspodnější částí rokle Propadlé vody (viz obr. 2, profil E–E') indikoval mocnost sedimentární výplně údolí zhruba 7 m, a tedy přítomnost skalního dna údolí zhruba v nadmořské výšce 242 m (viz obr. 9). Protože skalní dno údolí pod kostelem a pravděpodobně i pod větší částí akumulace pěnoveců je v nadmořské výšce okolo 226,5 m, končí skalní dno visuté rokle Propadlé vody poměrně strmým skalním stupněm, vysokým zhruba 10 m. Spodní část rokle se pravděpodobně během pleistocénu nezahluhovala stejně rychle jako hlavní údolí Kačáku, vzhledem k existenci cest podzemního odvodňování.



9. Geofyzika, georadarový záznam z profilu E–E' (příčný řez vyústěním rokle Propadlé vody, lokalizace profilu je v obr. 2). Podle KADLECE a NEDVĚDA (1999).

9. Ground-penetrating radar record along E–E' profile. See Fig. 2 for location of the profile. Arrows indicate water bearing zone, dashed line shows interpreted rock valley bottom, triangle indicates water-saturated zone as interpreted by very low frequency method. After KADLEC and NEDVĚD (1999).

Na podélném profilu C-C' (obr. 10 – VDV, obr. 11 – georadar), probíhající podél hlavního geologického profilu tělesem, odhalila metoda VDV dvě výrazně vodivé zóny, které jsou interpretovány jako hlavní směry přítoku podzemních vod. První z nich se nachází zhruba 14 m východně od výzkumné šachtičky S1 a druhá v úrovni východního cípu klášterního oplocení. Tato druhá vodivá zóna byla identifikována také pomocí georadaru v příčném profilu E-E'. Jde o místa protínání směrné poruchy, podél které se vytvořila rokle Propadlé vody s dvěma příčnými zlomy směru S-J až SSZ-JJV. Tyto příčné zlomy daly vzniknout také dvěma strmým, zasuceným stržím, které se nacházejí ve svahu jižně od výzkumné šachtičky a jižně od východního rohu zdi klášterního objektu.

2.2. MORFOLOGIE TĚLESA A JEHO VZNIK

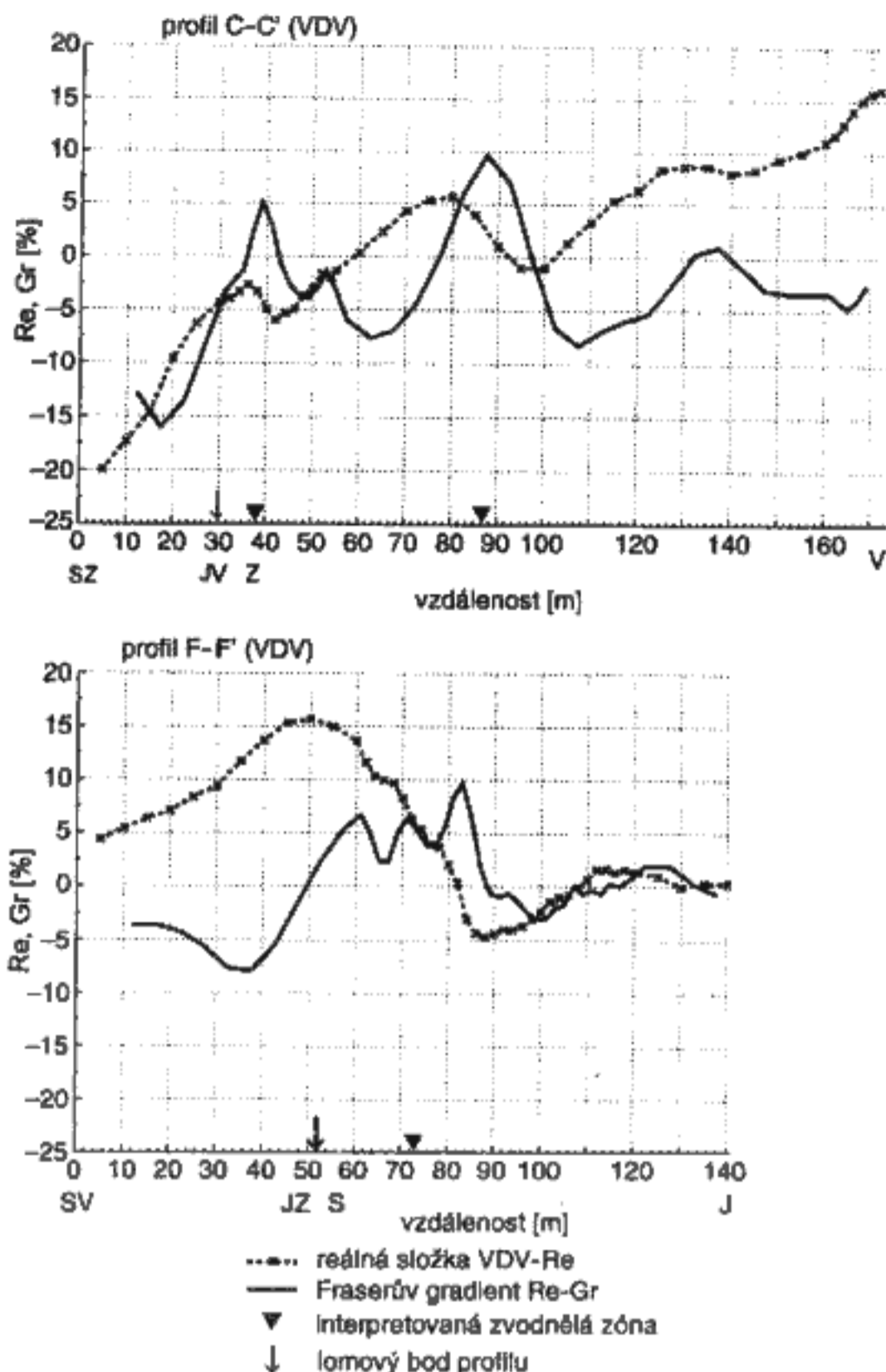
Pro vývoj tělesa a jeho morfologii je kromě morfologie podloží, množství přitékající vody a koncentrace rozpuštěných složek rozhodující i směr přítoku krasových vod. Ten je obtížné zjistit, protože dnes pramen vyvěrá ve spodní části pěnovecové akumulace.

Zaměřením nadmořských výšek volných hladin podzemní vody bylo zjištěno, že z dostupných míst je v současnosti hladina podzemní vody nejvýše ve výzkumné šachtičce S1, resp. ve vývěru pramenné větve Ivanka. Nejnížší části jižního (uhelného) sklepa jsou níže než hladina v šachtičce S1 a jsou přítom za běžných odtokových poměrů zcela bez vody. Výzkumným vrt navíc prokázal, že pramenné vody protékají bezprostředně v místě pod šachtičci (podrobnosti viz kap. 5.). Vzhledem k těmto skutečnostem je tedy možné, že dnešní přítok vody je do podloží tělesa pěnovců nikoliv v ose vyústění rokle Propadlé vody, ale spíše z jejího levého (jižního) boku, podél příčných zlomů. Ve vzdálenosti zhruba 150 m nad horním okrajem pěnovecového tělesa tvoří dno rokle Propadlé vody skalní prahy, přes které dnes žádná voda nepřepadá (kromě řídkých situací po zcela mimořádných přívalových srážkách). V dnešní době tedy krasové vody přitékají podzemním krasovým systémem až bezprostředně k tělesu pěnovců (pod něj?, na jeho bok?) a netečou po povrchu. V nejhlubší části sond S2, S3 a S4, kopaných v šedesátých letech pod jižní částí zdi areálu kláštera, byly zjištěny hrubozrnné až blokové sutě. Není jisté, zda v současné době pramen vyvěrá do těchto sedimentů a potom sestupuje na bázi pěnovecového tělesa nebo zda vystupuje ze skalního masivu přímo při bázi pěnovců.

Vzhledem k tomu, že zjištění dnešního místa vývěru pramenných vod je tak obtížné, musí být jakýkoliv odhad hydrogeologické situace místa vývěru v pozdním pleistocénu a odhad stěhování místa vývěru během holocénu velmi spekulativní. V dalším textu předkládáme dvě částečně odlišné představy vzniku celé akumulace, první podle V. Cílka a K. Žáka a druhou podle J. Kadlece.

Pro posouzení vzniku studované akumulace jsou důležité tři hlavní otázky:

a) Byl vývěr krasových vod ze skalního masivu po celý holocén na stejném místě nebo se výrazně stěhoval?



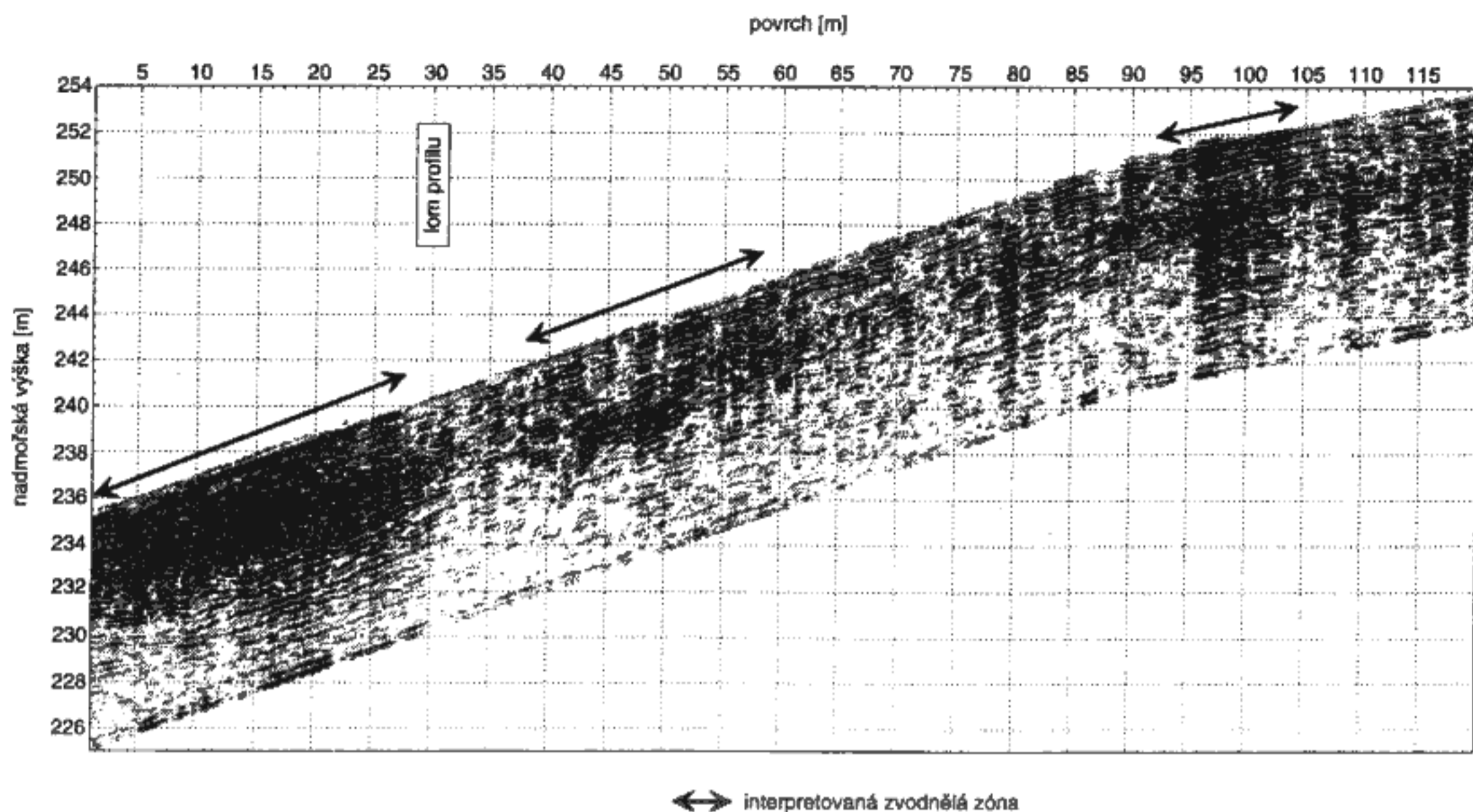
10. Geofyzika, metoda velmi dlouhých vln (VDV). Profil C-C' – podélný řez akumulací pěnovců a roklí nad ní, profil F-F' – příčný řez napříč vyústění rokle Propadlé vody. Lokalizace profilů je na obrázku 2. Podle KADLECE a NEDVĚDA (1999).

10. Results of geophysical measurements by very low frequency method. See Fig. 2 for location of profiles. Dashed line with crosses – real component, full line – Fraser gradient, triangle – interpreted water-saturated zone. After KADLEC and NEDVĚD (1999).

b) Přitékala někdy (nebo stále) krasová voda ukládající pěnovec ze dna rokle Propadlé vody?

c) Co bylo příčinou ukončení růstu akumulace a přemístění pramene subrozi na její bázi?

Ad a) V pozdním pleistocénu se dno údolí Kačáku zahlubovalo rychleji než dno rokle Propadlé vody, o čemž svědčí visuté ukončení rokle, zjištěné geofyzikálním měřením (viz výše). Vzhledem k tomu, že se v tomto prostoru protínají směrné a částečně otevřené příčné zlomové struktury, vznikl zde systém podzemního odvodňování rokle, který se mohl postupně zahlubovat a v konečném stadiu vývoje mohl ústít do hlavního údolí až někde blízko jeho skalního dna (tj. okolo 226 m n. m.). Občasné ponory jsou i za současné situace známy na více místech v rokli Propadlé vody. Při posledních vydatných přívalových srážkách v červnu 1995 se občasný povrchový tok v rokli Propadlé vody ztrácel do podzemí asi 100 m nad skalními prahy, tedy asi



11. Geofyzika, georadarový záznam z profilu C-C'. Podle KADLECE a NEDVĚDA (1999).

11. Ground-penetrating radar record along C-C' profile. Arrows indicate water-saturated zone. After KADLEC and NEDVĚD (1999).

250 m od horního (východního) rohu oplocení kláštera. Vývoj podzemního odvodňování suchých krasových roklí s postupným zaklesáváním systému podzemní drenáže v závislosti na poklesu lokální erozní báze je běžný. Podzemní tok při něm postupně opouští vyšší kanály, které se stávají neaktivní, a zahlubuje se níže. Vznik systému podzemního odvodňování rokle musel být značně usnadněn intenzivním směrným a radiálním zlomkovým porušením vápenců v tomto prostoru. Uvedená představa je podporována i tím, že hojná přítomnost nekrasových hornin (prachovců a břidlic) srbského souvrství v horní části rokle Propadlé vody vyžaduje, aby ponory v horní části rokle kromě vody přijímaly i hojnost klastického nekarbonátového materiálu, který musel být ze systému nějakým způsobem transportován ven. Je proto pravděpodobné, že na počátku holocénu, po vytvoření svrchnopleistocenních a spodnoholocenních štěrkových uloženin Kačáku, pramen nejspíše vyvěral někde v úrovni jejich povrchu.

Po ustálení průtokových poměrů a zvýšení aktivity půdních procesů v infiltrační oblasti (a tedy zvýšení koncentrace rozpuštěných složek v krasových vodách), začaly pěnovec v této představě nejspíše vznikat jako plochá údolní deska. Těleso dosáhlo pravděpodobně poměrně záhy většího svého plošného rozšíření. Bylo tomu tak nejspíše proto, že k přesycení roztoku kalcitem je zapotřebí alespoň několik metrů až desítek metrů toku na povrchu nebo přepadání vody přes kaskády (studia o této problematice viz shrnutí in KOVANDA 1971). Pokud by v tomto stadiu vývoje aku-

mulace voda přitékala z údolí Propadlé vody po povrchu přes strmý stupeň, vznikla by nejspíše strmá kaskáda s chaotickým, velmi strmým zapadáním vrstev přímo na tomto stupni, a ne plošně rozsáhlé těleso s převážně subhorizontálním nebo mírně ukloněným průběhem vrstev na štěrkové terase Kačáku. Úklony vrstev jsou alespoň v přístupných profilech poměrně mírné i v hlubší části sekvence s planoparalelním systémem ploch vrstevnatosti rozbíhajícím se pravděpodobně z prostoru při ústí rokle. Strmější úklony jsou patrné jen v blízkosti čelní kaskády. Hlavní profil nad cestičkou k výzkumné šachtici a stěny v Ivanově jeskyni také ukazují postupné, pouze nevelké přesouvání čela tělesa v rozmezí ne více než 6–8 m. Předpokládáme proto, že plocha a půdorys tělesa se během jeho tvorby příliš neměnily.

S nárůstem mocnosti pěnovců během klimatického optima holocénu a s pravděpodobným postupným vyplňováním předpolí tělesa fluvialními sedimenty přinášenými Kačákem je možné a pravděpodobné, že docházelo k postupnému zablokování nižších větví vývěrového systému a že pramen se postupně vracel zpět do starších a vyšších, již předtím opuštěných vývěrových větví. Tato představa tedy předpokládá, že místo vývěru krasových vod se s největší pravděpodobností stěhovalo.

Ad b) Dokumentace profilů v horní části tělesa blízko ústí rokle Propadlé vody (obr. 4, 5) naznačuje přítomnost podřízeného množství pěnovců. I v klastických horizontech jsou zde přítomny redeponované pěnovcové klasty

(viz popis obr. 5). Je tedy zřejmé, že ve vývoji tělesa byly fáze, kdy došlo k úplnému ucpání nižších vývěrových větví a kdy pramen přitékal z rokle Propadlé vody. Vyšší vývěrová větev, aktivní po velkých srážkách, je uváděna V. Ložkem (osob. sdělení) v rokli Propadlé vody v místě asi 100 m vzdáleném od horního okraje pěnoveců (pramen P4 v obr. 2). Při povodni v osmdesátých letech byl podle údajů místních lidí pozorován pramen náhle vytrysklý z tektonické pukliny ve stráni nad tělesem (potvrzen i osobním sdělením J. Kovandy), který sice vytékal jen dva dny, ale měl dost síly podemlít vzrostlý strom. Tento dočasný vývěr můžeme dát do souvislosti s nedostatečnou kapacitou průtoku pramenů pod akumulací pěnoveců a nadržáním dostatečně vysokého sloupce vody v systému podzemního odvodňování rokly. Pro ucpání spodních vývěrových větví mohly být důležité přívalové srážkové události, ke kterým došlo po ukončení tvorby masivního souvrství pevných pěnoveců. Lze předpokládat, že v určitých obdobích krasová voda přitékala na povrch tělesa shora, z rokly Propadlé vody.

Ad c) Svatojanská pěnovecová akumulace je podobně jako většina velkých pěnovecových těles postižena vertikální tektonikou, která vzniká tím, že dorůstající těleso zvyšuje svoji hmotnost a zabořuje se do podloží. Zvlášť dobře jsou vertikální rozsedliny patrné u čela kupy ve vstupních partiích jeskyně a uhelného sklepa. Celá akumulace je zároveň dostatečně vysoká na to, aby výškový rozdíl v kombinaci s gravitační tektonikou a krasovými strukturami, vyvinutými např. na dutinách po vyhnitých kmenech, způsobil počínající krasovění, subrozi a vznik různých hydrologických zkratk v rámci tělesa. Nejdůležitější z nich je samotná jeskyně svatého Ivana, což je původně přirozená dutina, která byla po roce 1037 mnohokrát upravena a přitesávána (KOTRBA 1942, PETRBOK 1941a, 1942, ČÍLEK 1988). Klimatické změny a přívalové srážky z rokly Propadlé vody navíc vedly ke vzniku mladé erozní rokly mezi vlastními pěnovci a skalním svahem na j. od nich. Subroze a erozní vliv Kačáku dále oslabovaly podloží celé akumulace, až došlo k obnovení průchodnosti nižších cest odvodňování a pramen se tak mohl vrátit zpět do původní vývěrové cesty z počátku holocénu.

Závěrečná fáze vývoje pěnovecových těles je spjata s jejich destrukcí na mnoha místech ve středoevropském prostoru. V období posledních několika století před začátkem našeho letopočtu došlo severně od Alp k slábnutí či úplnému zastavení tvorby pěnoveců. Na povrchu pěnovecových akumulací vznikaly půdy, zvláště rendziny. Prameny obvykle našly podpovrchové cesty odvodňování a docházelo k subrozi pěnovecových těles. Ještě později, pravděpodobně během středověku, byly pěnovecové akumulace proříznuty mladou hloubkovou erozí za vzniku hlubokých strží.

Jsmo si vědomi toho, že celá tato diskuse je velmi spekulativní. Vyjasnění směru přítoku vody v jednotlivých fázích vývoje tělesa by si však vyžádalo rozsáhlé sondování v horní části celé akumulace, blízko vyústění rokly Propadlé vody a možné ohrožení současných výtokových cest. V následujících odstavcích je uvedena odlišná interpretace vzniku tělesa (podle J. Kadlece).

Kromě klimatických podmínek byla stavba pěnovecové kaskády podstatně ovlivněna také morfologií skalního podloží na styku kaňonu Kačáku a rokly Propadlé vody. Jak již bylo uvedeno výše, nachází se podle geofyzikálního měření skalní dno rokly v místech za v. okrajem klášterní zahrady ve výšce 242 m n. m. (viz obr. 9). Vzhledem k tomu, že výška dna kaňonu Kačáku pod kostelem je 226,5 m (KRÁLÍK 1974), je mezi oběma místy výškový rozdíl zhruba 15 m. Rokle Propadlé vody tedy ústí visutě do kaňonu. Není vyloučeno, že z. od geofyzikálního profilu E–E' (viz obr. 2) je skalní dno rokly proříznuto zpětnou erozí podmíněnou strmým gradientem. Rokle Propadlé vody nemusí tedy ústít do kaňonu Kačáku v celé své šířce svislým, 8–10 m vysokým stupněm (viz KADLEC – NEDVĚD 1999), ale v její centrální části může být stupňovitě klesající koryto. Tudy mohla proudit voda z pramene (nebo pramenů) vyvěrajících na křížení zlomů v západní části rokly, jak naznačuje geofyzika (KADLEC – NEDVĚD 1999). Na strmém úseku vyústění rokly Propadlé vody mohlo docházet v malých vodopádech k čeření vyvěrající vody a ke srážení pěnovec.

Uvedenou představu podporuje i to, že pěnovecové vrstvy nejsou uloženy vždy subhorizontálně. V profilu za kostelem se vrstvy na čele kaskády uklánějí pod strmým úhlem. Obdobné uložení je patrné na čele kaskády i v obou sklepech. Stejně tak na jv. konci ovocného sklepa – v místě vzdáleném od čela akumulace – jsou pěnovecové vrstvy ukloněny pod úhlem 30 až 40°. Určení sklonu vrstev je závislé na řezu, v němž je vrstevnatost odkryta. Při pohledu zhruba kolmo na směr proudění vody a tedy směr přirůstání pěnovec se může vrstevnatost jevit jako subhorizontální, ve skutečnosti však může nabývat značných hodnot. To je také případ úložných poměrů v hlavním profilu a v šachtici pod ním. Vějířovitou stavbu akumulace dokládají směry sklonu vrstev, které ve sklepech směřují k S a SZ, zatímco v šachtici pod hlavním profilem k JZ. Podle této představy by pěnovecová kaskáda postupně narůstala od vyústění rokly Propadlé vody a vějířovitě se rozšiřovala do kaňonu Kačáku.

Odlišný názor na vznik tělesa pěnoveců a Ivanovy jeskyne uvádí PILLOUS (1985), který používá i odlišné názvosloví pěnovecových těles. Pro svahové nebo úpatní kaskádové stupně s malou šířkou a strmou čelní kaskádou užívá názvu suk. Jeskyni v pěnovecích ve Svatém Janu pod Skalou považuje za syngenetickou, vzniklou současně s růstem tělesa pěnoveců přerůstáním jednotlivých částí (tzv. brad) převislé čelní kaskády přes syngenetické převisy.

2.3. OBJEM TĚLESA A KALKULACE RYCHLOSTI TVORBY

Akumulace pěnoveců ve Svatém Janu pod Skalou zaujímala před odtěžením jz. části plochu zhruba 5000 m². Při průměrné mocnosti relativně čistých pěnoveců zhruba 12 m (po odečtení mocnosti vložek sutí a pohřbených půd apod.) lze objem uložených pěnoveců odhadnout přibližně na 60 000 m³. K výpočtu hmotnosti tělesa byly orientačně

změřeny objemové hmotnosti vybraných vzorků pěnovců (včetně dutin) ze spodní a horní pěnovcové sekvence.

Objemová hmotnost masivních „stavebních“ pěnovců ze spodní série a z čelní kaskády dosahuje maximálně $1,7 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ často je však jen kolem $1,4 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$. Rozpadavé pěnovce ze svrchní série mají objemovou hmotnost v průměru nižší, pohybující se v širokých mezích mezi $1,5$ a $0,7 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$. Pokud přijmeme za průměrný údaj objemovou hmotnost $1,3 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ a objem tělesa $60\,000 \text{ m}^3$, bylo ve Svátém Janu celkem uloženo zhruba $78\,000 \text{ t}$ pěnovce.

Celé těleso vzniklo zhruba mezi 9500 lety BP a 2500 lety BP, tedy přibližně za 7 tisíc let (viz kap. 4). To odpovídá průměrné rychlosti ukládání kalcitu zhruba $0,35 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$. Dnešní pramen při průměrné vydatnosti okolo $20 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ (viz kap. 5.) a průměrném obsahu okolo $150 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$ a $320 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ HCO}_3^-$ (viz kap. 6.) vynáší rozpuštěné složky v množství více než 20x vyšším, než odpovídá průměrné rychlosti depozice kalcitu během tvorby tělesa pěnovců. Vzhledem k tomu, že pramen měl navíc ve vlhčích a teplejších obdobích (zejména během atlantiku) vyšší vydatnost a pravděpodobně i vyšší koncentraci rozpuštěných složek, stačilo k vytvoření celého tělesa ukládat jen několik procent z celkového rozpuštěného obsahu vyvěrající vody a větší část rozpuštěného obsahu odtékala do Kačáku, kde se mísila s jeho vodami.

2.4. MINERALOGIE A DIAGENEZE PĚNOVCŮ

Mineralogie tělesa, tak jak byla zjištěna na souboru 16 petrografických výbrusů a 12 vzorků určených na rtg. mikroanalýzu, je poměrně fádňá. Hlavním a zcela převládajícím minerálem pěnovců je kalcit, který obsahuje jen malá množství Mg (pod 0,1 hmot. %). Jako alochtonní příměs vystupují zejména křemenná zrna a jílové minerály. Ty se do pěnovcového tělesa dostávají přívalovými srážkami, svahovými pohyby, eolickým transportem, ale i výnosnou činností samotného pramene. V obdobích mimořádně vysokých vydatností je vyvěrající voda silně zakalena jílovými částicemi (viz kap. 5.). Rentgenová analýza nerozpuštěného zbytku pevného pěnovce spodní série, tedy té části souvrství, kde zcela převládá výnos alochtonní složky krasovým pramenem a kde je přítomnost hrubšího klastického materiálu minimální, prokázala illit a kaolinit se zvýšenými obsahy Ti (0,6 hmot. %). Tento materiál odpovídá materiálu krasových výplní, ze kterých byl vyplavován do podzemního toku a posléze deponován v tělese.

Světle hnědá barva pěnovce pravděpodobně souvisí s přítomností jílových minerálů a na ně vázaných hydroxidů železa. Z terénních pozorování víme, že původně pestré kaolinické krasové zvětraliny, které často obsahují rudý až fialový hematit, se po vstupu do vlhkého prostředí jeskyně mění na žlutá a hnědá jílová rezidua, ve kterých je hematit hydratován na hnědý či žlutý okr s převládajícím goethitem. Kromě toho se zejména v horní třetině akumulace, která je v přímém dosahu pedogenetických procesů, objevují rezavé, sytě hnědočervené až několik mm mocné povlaky Fe-hydroxidů. Ke srážení Fe-hydroxidů pravděpo-

dobně docházelo z kyselých povrchových či půdních vod v podobě siderogelu – amorfního Fe-hydroxidu, který stárnutím měnil svůj objem a rozpraskával. Složení typického Fe-povlaku z horní části tělesa je následující (energiově-disperzní analyzátor rentgenového záření LINK v napojení na mikrosondu JEOL-JXA-50A, analytik A. Langrová, v hmot. %): Na_2O 1,28, K_2O 0,41, CaO 15,70, MgO 0,49, MnO 3,05, Al_2O_3 17,21, SiO_2 4,08 %, SO_3 0,58, TiO_2 0,62, Fe_2O_3 50,51 (počítáno na 100 % bez uhlíku a vody).

Kromě toho se rovněž v horní třetině pěnovcového tělesa vyskytují i sytě černé, zemité až práškovité, několik mm mocné povlaky Mn-hydroxidů. I tento jev je typický pro většinu pěnovcových těles, a to zejména pro partie ležící v blízkosti půdních pokryvů anebo tam, kde docházelo ke kolísání přítoku vod. Obecně lze říci, že pěnovce klimatického optima atlantiku a epiatlantiku jsou nejčistší a obsahují nejméně příměsí, zatímco v klimaticky proměnlivých podmínkách se zvyšuje i počet alochtonních poloh a Mn- a Fe-precipitátů. Tvar Mn-mikroagregátů je odlišný od železitých povlaků. Mn-oxidy vytvářejí globulární útvary o průměru 5 až 30 mikrometrů anebo i povlaky organických filamentů. Často jsou doprovázeny jehličkovitým kalcitem podobného typu jako u tzv. nickamínku, tedy mikrokystalického jeskynního kalcitu (obr. 12). Tvar globulí i jejich asociace s organickými strukturami ukazuje na biogenní, pravděpodobně mikrobiální podmínky srážení Mn-oxidů. Složení typického Mn-povlaku z horní části tělesa je následující (energiově-disperzní analyzátor rentgenového záření LINK v napojení na mikrosondu JEOL-JXA-50A, analytik A. Langrová, hmot. %): Na_2O 0,23, K_2O 0,68, CaO 12,64, MgO 1,27, Fe_2O_3 2,74, Al_2O_3 5,19, SiO_2 7,02, SO_3 0,40, TiO_2 0,31, MnO 69,48. Jak na Mn, tak na Fe bohaté polohy sledují plochy vrstevnatosti a jsou vázány na hranici pohřbených půd a podložního pěnovce. Předpokládáme, že Fe i Mn byly postupně vylouženy z půdního horizontu procesem blízkým vzniku glejového horizontu, při kterém se uplatňovala jak oxidace organické hmoty v půdě vedoucí k uvolňování Fe a Mn, tak vliv karbonátové bariéry podmiňující srážení obou prvků.

Drobné rozptýlené vápencové klasty a rhizokonkrece v nadložních půdách sráží na svém povrchu Ca-fosfát v množství 3–6 hmot. %, vzácněji až 20 hmot. % P_2O_5 (ČÍLEK 1992). V samotném pěnovcovém tělese nebyly fosfáty vůbec zjištěny, což je dáno velmi omezenou migrací fosfátů v prostředí obsahujícím kalcit.

2.4.1. Otázka druhotné „travertinizace“ pěnovců

Většina autorů uvažuje u pěnovců o procesu travertinizacím, kdy byly původně silně porézní a rozpadavé pěnovce druhotně prosyceny krystalickým CaCO_3 , což vedlo k jejich podstatnému zpevnění. Z hlediska datovacích metod založených na karbonátu a pro studium geochemického záznamu klimatických změn v poměrech stabilních izotopů je velmi důležité posoudit, jaký je význam tohoto procesu a kdy k němu dochází.

Masivní pěnovce ze spodní části sekvence a pevné strukturní pěnovce z čela akumulace vykazují drobně krystalickou strukturu. K celkové masivní rekrystalizaci (sběrné rekrystalizaci) celé horniny, která je častá u travertinu s. s. a vede k zaplňování volných pórů, však nedošlo. I masivní pěnovce z nejstarší části celé sekvence ve Svatém Janu pod Skalou dosahují objemové hmotnosti jen okolo $1,7 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ (tedy mají porozitu kolem 40 %), mají zcela zachovány dutiny po drobných větvičkách a listech. V těchto dutinách není patrná masivní tvorba novotvořeného diagenetického kalcitu. Novotvořený kalcit je místy patrný, jde však zejména o jehlicovité mikrokrytalické formy (viz obr. 12), které z hlediska hmotnosti mohou představovat řádově první procenta veškerého kalcitu přítomného v hornině. Navíc porovnání se zcela recentními pěnovci vytvořenými v dnešní tocích Českého krasu ukazuje, že i ty mají nedlouho po svém vzniku jemně až drobně krystalickou strukturu kalcitu.

Předpokládáme proto, že vyplňování volných dutin v nově vytvořeném pěnovci probíhá nedlouho po tvorbě jeho strukturní kostry, z velké míry ještě před oxidací organického detritu přítomného v sedimentu. Podle této představy masivní „stavební“ pěnovce ze spodní série byly buď takto pevné primárně, nebo doznaly zpevnění a dílčí rekrystalizaci záhy po tvorbě. V pozdější diagenезi dochází ke krystalizaci novotvořeného kalcitu, avšak v míře, která nemůže být významná pro studium geochemického záznamu klimatických změn v poměrech stabilních izotopů. Je tomu tak také proto, že tento novotvořený „diagenetický“ kalcit má poměry stabilních izotopů uhlíku a kyslíku jen nepříliš odlišné od původního pěnovce. Jiná situace je při datování karbonátů metodou ^{14}C , kde i malý podíl novo-

tvořeného kalcitu s výrazně vyšší aktivitou radiouhlíku může značně ovlivnit výsledek (viz např. PAZDUR et al. 1988).

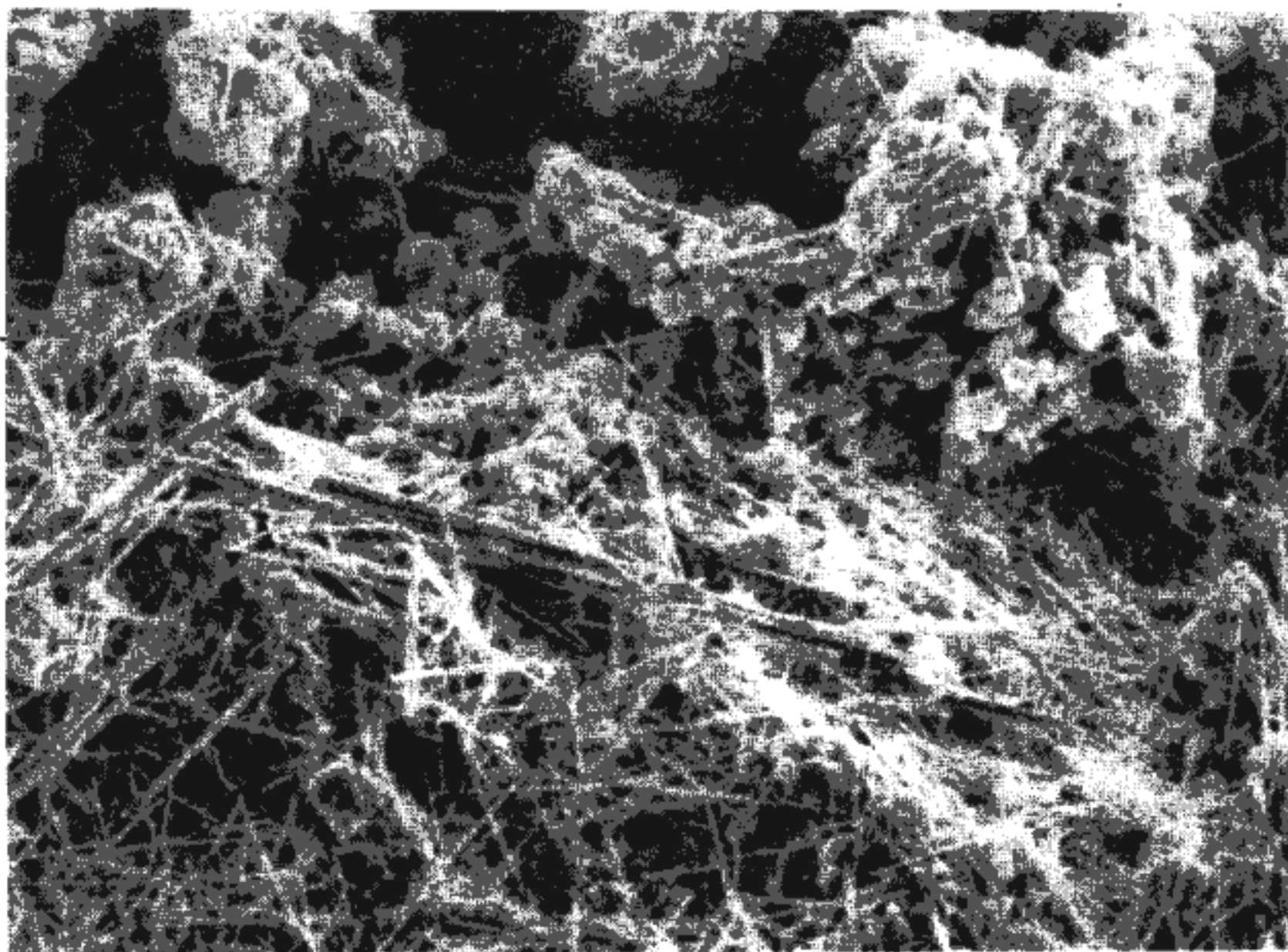
Podrobnější vyjasnění vlivu travertinizace a posouzení podílu kalcitu prošlého rekrystalizací by si vyžádalo detailní studium masivních travertinů pomocí moderních metod (jako je např. katodová luminiscence).

3. Společenstva měkkýšů v pěnovcích ve Svatém Janu pod Skalou a jejich porovnání s pěnovci v údolí Švarcavy v Českém krasu

3.1. ÚVOD

Cílem nových výzkumných prací ve Svatém Janu pod Skalou bylo doplnit malakostratigrafii zejména ve spodní části akumulace pěnovců na základě materiálu ze spodní části výzkumné šachtice S1 a z vrtu na jejím dně. Protože sedimentární záznam ve Svatém Janu nepokrývá na základě provedených geochronologických prací hranici glaciál/holocén a nejstarší část holocénu, byl pro geochemické a geochronologické práce (viz kap. 4) zvolen doplňkový profil pěnovci v údolí Švarcavy, kde dřívější malakostratigrafická analýza (LOŽEK 1967, 1968, 1992) prokázala hojnější přítomnost raně holocenních prvků. V dalším textu je uvedena malakostratigrafická analýza obou profilů a jejich porovnání na základě starších poznatků i nového studia obou lokalit.

12. Jehlice novotvořeného diagenetického kalcitu na globulárním Mn-oxidu v pěnovci pod vrstvou pohřbené půdy v pěnovcích, mikrofoto z elektronového mikroskopu. Zvětšeno 300x. BSE mikrofoto A. Langrová a V. Cílek.



12. Needles of newly formed diagenetic calcite on globular Mn-oxide below the layer of buried soil inside calcareous tufa. BSE microphotograph. Magnification 300x.