

# Štěrky na rozvodí Dyje a Pulkau jižně od Znojma (Česko–Rakousko): nové poznatky ve srovnání s dosavadním stratigrafickým zařazením

Gravel deposits at the Dyje–Pulkau watershed south of Znojmo (Czechia–Austria): new knowledge confronted with current stratigraphy

Pavel Roštinský<sup>1</sup> ✉, Jaroslav Šmerda<sup>2</sup>, Eva Nováková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Oddělení environmentální geografie, Drobného 28, 602 00 Brno, Česká republika

<sup>2</sup> Krapkova 12, 671 81 Znojmo, Česká republika

## Key words:

Miocene; Pliocene; Bohemian Massif; Carpathian Foredeep; Waitzendorf fault; gravel; petrographic variability; provenance assessment; topography

✉ pavel.rostinsky@ugn.cas.cz

## Editorka:

Pavla Tomanová Petrová

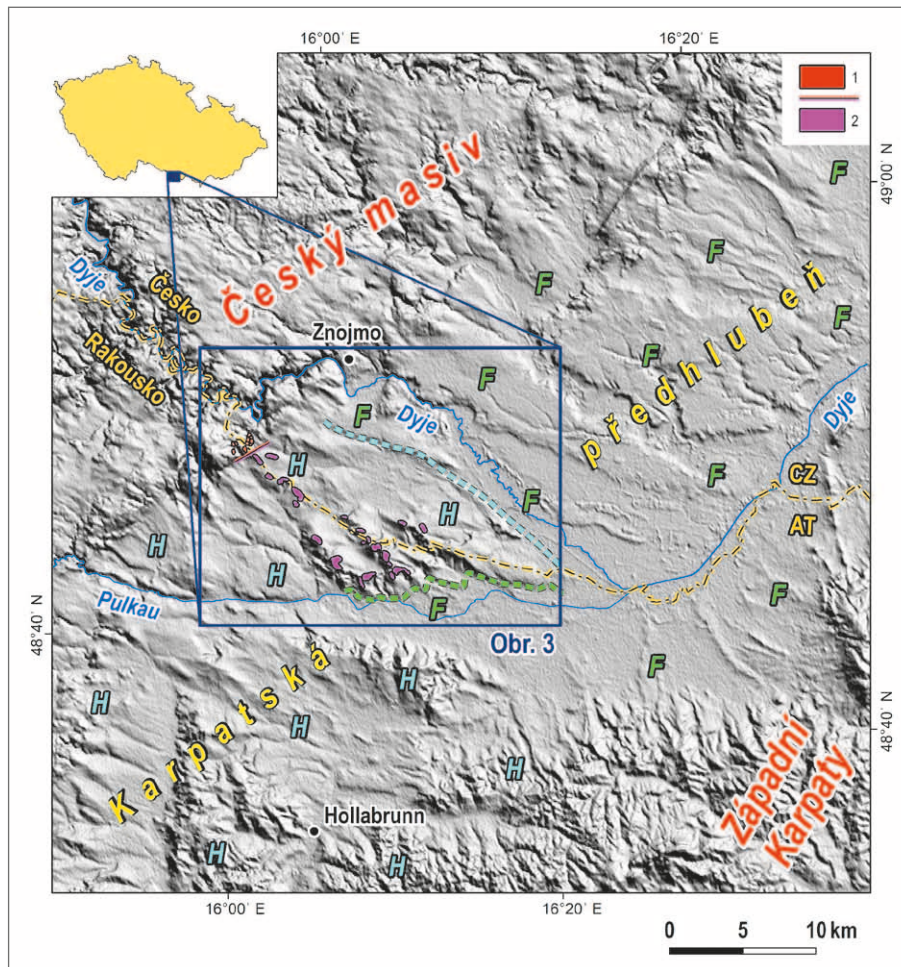
## Abstract

*A thin veneers of coarse gravel deposits (clast size up to > 15 cm) are preserved on many summits of the Dyje–Pulkau watershed upland on the Carpathian Foredeep surface near the Bohemian Massif in the area, where the Waitzendorf fault parallels the boundary between both the large geological units. Related rim of the latter unit is there topographically manifested by the current prominent marginal slope mostly developed in granitoids of the Dyje Massif. In the existing maps and corresponding explanatory notes the northwestern occurrences of the gravel were considered, without direct stratigraphic evidence, as marine deposits of the Lower Badenian or uppermost Karpatian age (Lower/Middle Miocene transition). This paper revises the assumed genesis and stratigraphic position of the gravel based on pebble grain size and petrography analysis, assessment of geomorphological setting, and comparison with other gravel deposits in the vicinity characterized by some similar properties. The study of pebble material on the watershed upland revealed an existence of two adjacent WNW–ESE trending gravel belts of different petrography: the southern with only dominant quartz-rich rocks and the quartz-rich northern but with a high portion of the Dyje Massif rocks. Gravel characteristics and its position above fine-grained Carpathian Foredeep sediments in the basement deposited in the Lower/Middle Miocene transition period (lower stratigraphic limit) indicate a later terrestrial origin of both the gravel belts by two adjacent streams flowing from the WNW towards the ESE and largely redepositing coarse material eroded in older layers at former margin of the foredeep basin. In the southern and northern surroundings of the watershed upland a number of other gravel sites are preserved near or within the marginal slope whose coarse pebbles also overlay fine-grained basement clastic sequences of the Carpathian Foredeep. Their mutually different petrographic properties also indicate dissimilar source areas within marginal part of the basin presumably located in the WNW or NW, thus supporting quite uniform material transport direction in many subparallel traces. The general regional transport seems to be largely interrupted by a renewed activity of the Waitzendorf fault system predisposing the Bohemian Massif uplift against the current Carpathian Foredeep. A related strong stream incision into the uplifted surface included a newly created SW–NE reach of the Dyje river within the marginal slope between the Šobes meander and the town of Znojmo whose origin presumably started in the (Lower) Pliocene (higher stratigraphic limit) based on the supposed age of sedimentary remnants preserved within higher parts of the corresponding valley section. Thus the deposition of gravel at the Dyje–Pulkau watershed finished before or shortly after the uplift and the valley incision began. Genesis and stratigraphic position of the focused coarse sediments is likely different from those in the previous considerations.*

## Doporučená citace článku:

Roštinský, P., Šmerda, J., Nováková E. (2022). Štěrky na rozvodí Dyje a Pulkau jižně od Znojma (Česko–Rakousko): nové poznatky ve srovnání s dosavadním stratigrafickým zařazením. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 29, 1–2, 13–24.

DOI: <https://doi.org/10.5817/GVMS2022-20639>



Obr. 1: Geologická a topografická poloha štěrkových sedimentů při rozvodí řek Dyje a Pulkau. Podložní stínovaný reliéf byl vytvořen ze SRTM dat na Earthexplorer.usgs.gov (2017). 1 – štěrkový výskyt na okrajovém svahu Českého masivu; 2 – štěrkový výskyt na povrchu karpatské předhlubně. Vyšší členité pahorkatinné (H) a nižší ploché (F) části povrchu karpatské předhlubně se ve zkoumané oblasti prolínají (naznačeno čárkovanými hraničními liniemi příslušných barev).

Fig. 1: Geological and topographic setting of gravel deposits at the Dyje–Pulkau rivers watershed. The hillshade background was derived from the SRTM data on Earthexplorer.usgs.gov (2017). 1 – gravel occurrence on marginal slope of the Bohemian Massif; 2 – gravel occurrence on surface of the Carpathian Foredeep. The higher rugged hilly (H) and lower flat (F) parts of the Carpathian Foredeep surface are interfingering in the study area (indicated by dashed boundary lines drawn in corresponding colours).

## Úvod

Při rozvodí řek Dyje a Pulkau v prostoru karpatské předhlubně (česko-rakouské pomezí j. od Znojma) se v relativních výškách 60–120 m nad oběma toky zachoval delší pás erozí vzájemně izolovaných výskytů hrubých štěrků (obr. 1) o mocnostech lokálně nejspíše dosahujících několika metrů. Podobné štěrky s převahou zaoblených valounů se v malé míře nacházejí také ve spodní a střední části jv. okrajového svahu Českého masivu, přiléhajícího k předhlubni na SZ. O sedimentech bylo dosud známo

rozvodní štěrky se nacházejí při rozhraní několika vývojově odlišných oblastí.

## Geologické poměry území

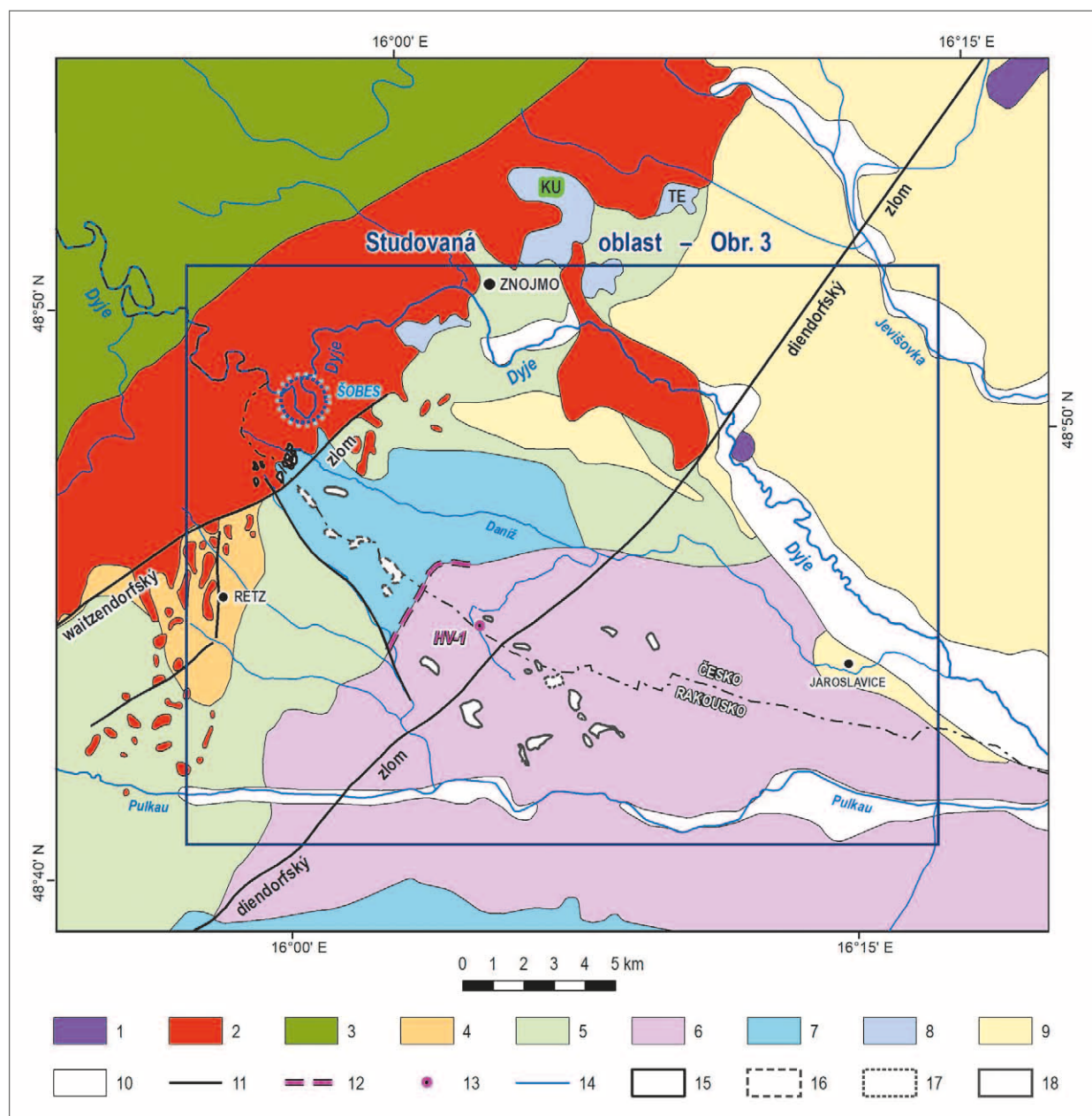
Studovaný okraj Českého masivu je tvořen dyjským masivem (jednotka brunie) s hlubinnými granitoidními vyvřelinami a žilnými ekvivalenty (granity, granodiority, aplity, pegmatity) v jádru dyjské klenby. Zachovaný metamorfovaný obal klenby na SZ je součástí jednotky moravika (fylity, svory, kvarcicity, amfibolity, mramory,

Obr. 2: Geologické schéma zkoumané oblasti, vytvořené na základě mapy Schnabela et al. (2002). Český masiv: 1 – moldanubikum: metamorfované horniny; 2 – dyjský masiv: vyvřelé horniny (granit až granodiorit, žilné ekvivalenty); 3 – moravikum: metamorfované horniny. Západní Karpaty, karpatská předhlubeň (štěrk, písek, prach, jíl), spodní miocén: 4 – eggenburg; 5 – ottang; 6 – karpát; střední miocén: 7 – spodní baden; 8 – fluvialní sediment (štěrk, písek) v přechodném období střední miocén–pliocén, místy překrývající sedimenty karpatské předhlubně; 9 – fluvialní nebo fluvioakustrinní kvartérní sediment



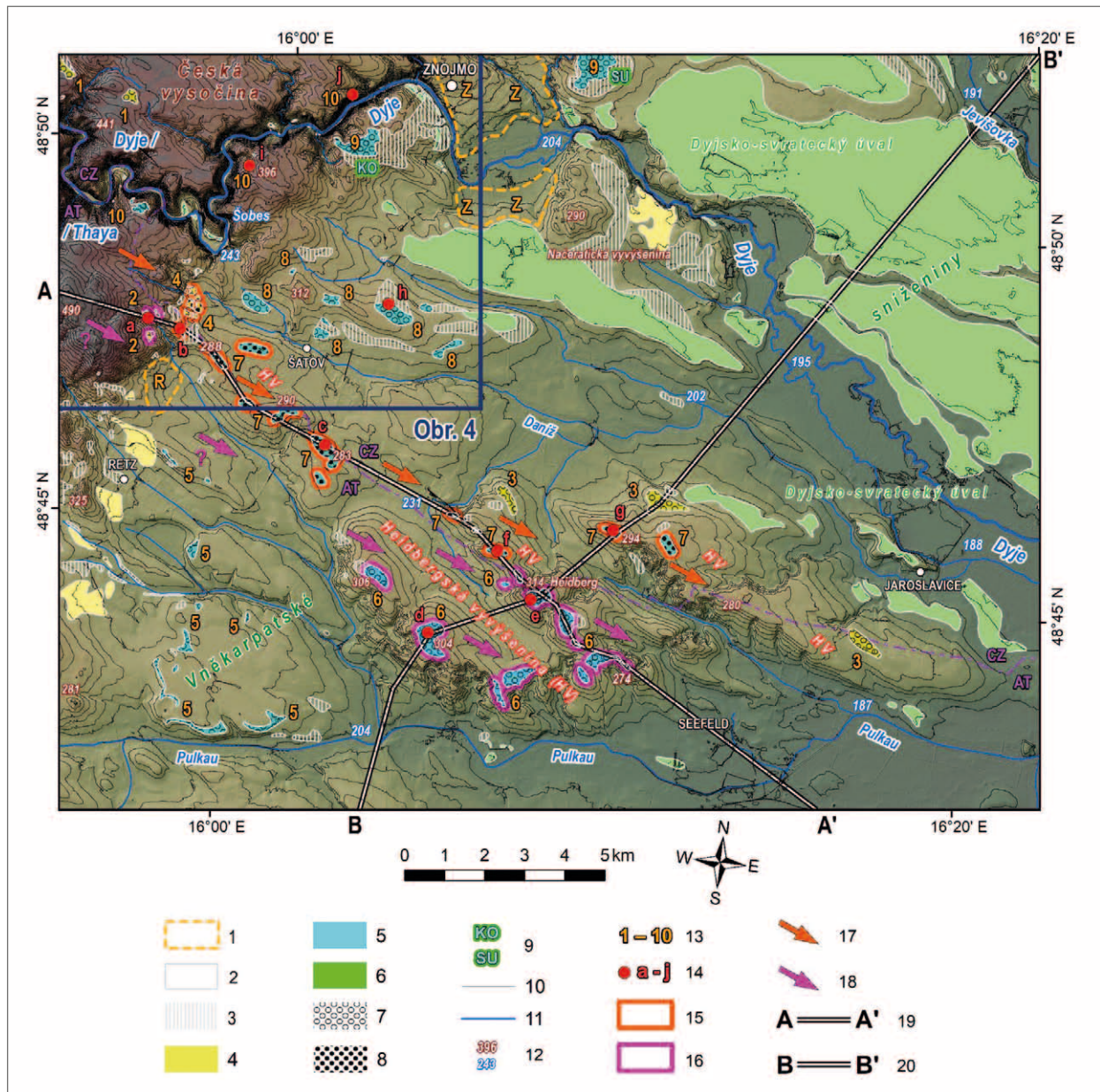
pouze málo informací. Skutečná oblast se štěrky je větší, než znázornily existující geologické mapy nebo uváděly související vysvětlující texty (obr. 2). V nich bylo stáří severozápadních štěrkových výskytů na základě bezprostřední blízkosti paleontologicky zařazených jemnozrnnějších uloženin, tedy bez přímých stratigrafických dokladů z vlastních štěrků, přisuzováno spodnímu badenu (střední miocén; Čtyroký, Molčíková 1988; Batík 1991; Roetzel et al. 1999), případně nejsvrchnějšímu karpátu (konec spodního miocénu; Čtyroký, Čtyroký 1991; Batík et al. 1995) se vznikem hrubozrnných sedimentů rovněž v mořském prostředí. Náš nový výzkum těchto „rozvodních štěrků“ na povrchu karpatské předhlubně zahrnoval, kromě celkového vymezení jejich prostorového rozšíření, také základní petrografické zhodnocení, stanovení jejich polohy v reliéfu a zasazení do vývojového kontextu s dalšími štěrkovými uloženinami v okolí. Hlavním cílem bylo podpořit nebo revidovat dosud uvažovanou genezi a stratigrafickou pozici hrubých klastik, i ve vztahu k nově zjištěným výskytům. Studovaný prostor má složitý geologický i geomorfologický charakter,





ve vyšší výškové poloze (štěrk, písek, prach, jíl); 10 – fluviaální holocenní sediment širokých údolních niv (štěrk, písek, prach, jíl); 11 – zlom; 12 – předpokládaná hranice mezi souvrstvími karpátu a spodního badenu karpatské předhlubně v oblasti výskytu rozvodního štěrku; 13 – hluboký vrt vrstvami karpátu; 14 – vodní tok. Zkoumané štěrkové výskytu při rozvodí Dyje a Pulkau: 15 – na okrajovém svahu Českého masivu; na povrchu karpatské předhlubně (16 – uvažovaného spodnobadenského nebo svrchnokarpatského stáří; Batík 1991; Batík et al. 1995; Roetzel et al. 1999; 17 – uvažovaného pliocenního stáří; Roetzel 2007; R. Roetzel, úst. sděl.; 18 – nově zjištěný výskyt). KU – vltavínonosný štěrkový sediment na návrší u Kuchařovic; TE – štěrkový sediment na návrší u Těšetic, dosud bez nálezu vltavínu. Šobes – anomální zakleslý meandr řeky Dyje v místě výrazné změny směru jejího toku v těsné blízkosti okraje Českého masivu.

Fig. 2: Geological schema of the study area, based on the map after Schnabel et al. (2002). Bohemian Massif: 1 – Moldanubicum: metamorphic rocks; 2 – Dyje/Thaya Massif: magmatic rocks (granite to granodiorite, equivalents in veins); 3 – Moravicum: metamorphic rocks. Western Carpathians, Carpathian Foredeep (gravel, sand, silt, clay), Lower Miocene: 4 – Eggenburgian; 5 – Otnangian; 6 – Karpatian; Middle Miocene: 7 – lower Badenian; 8 – fluvial sediment (gravel, sand) deposited within Middle Miocene–Pliocene transition period, locally covering sediments of the Carpathian Foredeep; 9 – fluvial or lacustrine Quaternary sediment in a higher elevation setting (gravel, sand, silt, clay); 10 – fluvial Holocene sediment in wide alluvial plain (gravel, sand, silt, clay); 11 – fault; 12 – supposed boundary between sequences of Karpatian and Lower Badenian in the Carpathian Foredeep in the watershed area with gravel; 13 – deep borehole through layers of Karpatian; 14 – stream. Studied gravel occurrence at the Dyje–Pulkau watershed: 15 – on marginal slope of the Bohemian Massif; on surface of the Carpathian Foredeep (16 – of assumed lower Badenian or upper Karpatian age; Batík 1991; Batík et al. 1995; Roetzel et al. 1999; 17 – assumed Pliocene age; Roetzel 2007; R. Roetzel pers. comm.; 18 – newly detected occurrence. KU – moldavite-bearing deposit on the summit near Kuchařovice; TE – gravel on the summit near Těšetice, to date without any finding of moldavite. Šobes – anomalous incised meander of the Dyje river close to margin of the Bohemian Massif, where the stream direction abruptly changes.



Obr. 3: Klasifikace štěrkových výskytů (plochy ohraničené bílými liniemi) na základě zvolených geologických a geomorfologických kritérií. Stínovaný topografický podklad byl vytvořen ze spojených dat českého a rakouského výškového modelu povrchu (Cuzk.cz 2020, Data.gv.at 2020). 1 – dosud sedimentárně ne plně rozčleněná složitá část oblasti: R – u Retzbachu, Z – ve Znojme; 2 – výskyt na subhorizontálním povrchu; 3 – výskyt na svahu; 4 – výskyt z miocenního období (karpatská předhlubeň); 5 – výskyt z přechodného období střední miocén–pliocén; 6 – výskyt z kvartérního období; 7 – výskyt monomiktního sedimentu (dominance křemenem bohatých hornin); 8 – výskyt polymiktního sedimentu (přítomnost křemenem bohatých i vyvrělých hornin); 9 – vltavínonosná lokalita ve vrcholové poloze: KO – u Konic, SU – u Suchohrdel; 10 – vrstevnice (interval 10 m); 11 – vodní tok; 12 – výšková úroveň (m n. m.) vrcholového povrchu / dna údolí; 13 – rozlišené kategorie subhorizontálních výskytů štěrkových sedimentů (tab. 1); 14 – lokality petrografických analýz rozvodního štěrku (tab. 2); 15 – výskyt rozvodního štěrku s podstatným podílem hornin dyjského masivu; 16 – výskyt rozvodního štěrku s dominancí křemenem bohatých hornin; 17 – možný původní směr transportu rozvodního štěrku s podstatným podílem hornin dyjského masivu; 18 – možný původní směr transportu rozvodního štěrku s dominujícími křemenem bohatými horninami; 19 – podélný topograficko-geologický profil pásem výskytů rozvodního štěrku (obr. 5); 20 – topograficko-geologický profil příčný k pásu výskytů rozvodního štěrku (obr. 5).

Fig. 3: Classification of gravel occurrences (areas outlined with white lines) based on selected geological and geomorphological criteria. The hillshade topographic background was created from the merged Czech and Austrian surface elevation model data (Cuzk.cz 2020, Data.gv.at 2020). 1 – complex subarea of not complete sediment-differentiation: R – near Retzbach, Z – in Znojmo; 2 – occurrence on subhorizontal surface; 3 – occurrence on slope; 4 – occurrence from Miocene period (Carpathian Foredeep); 5 – occurrence from Middle Miocene–Pliocene transition period; 6 – occurrence from Quaternary period; 7 – occurrence of monomict sediment (dominance of quartz-rich rocks); 8 – occurrence of polymict sediment (presence of both quartz-rich and igneous rocks). 9 – moldavite-bearing depositional site in summit location: KO – near Konice, SU – near Suchohrdly; 10 – contour line (interval 10 m); 11 – stream; 12 – elevation level (m a. s. l.) of summit surface / valley floor; 13 – differentiated categories of subhorizontal gravel occurrences (Tab. 1); 14 – sites of gravel petrography analysis (Tab. 2); 15 – gravel site at the watershed with



ortoruly). Stáří krystalinických hornin je proterozoické až spodnopaleozoické (Batík 1991; Batík et al. 1995; Roetzel et al. 1999, 2004; Schnabel et al. 2002). V karpatské předhlubni se ukládaly převážně klastické mořské a brakické sledy několika miocenních stupňů, oddělené hiáty. Nejhrubší jsou příbojové facie první transgrese přes Český masiv (eggenburg) s balvany, štěrky a hrubozrnnými písky, zachované při jeho okraji. Menší podíly štěrku vznikly i v následujících stupních ottang, karpát a spodní baden s převahou písků, prachů nebo jílu, uložených již bez přímého vztahu k podložnímu reliéfu krystalinika (Batík 1977; Čtyroký 1978a, 1978b; Batík et al. 1982; Čtyroký et al. 1987, 1990; Zeman 1979; Zeman et al. 1987; Roetzel 1996, 1998, 2007; Roetzel et al. 1999; 2004). Štěrky a jemnozrnnější klastika, vzniklé v mladších suchozemských sedimentárních fázích středního miocénu až kvartéru, jsou dnes zachovány na obou hlavních podložních jednotkách, s větším rozšířením v prostoru karpatské předhlubně (Zeman 1974; Janoščík 1975; Dornič, Zeman 1978; Karárek 1985; Brzák 1996; Hubatka 1997, 1998; Roetzel et al. 2004; Roetzel 2007). Rozhraní mezi Českým masivem a karpatskou předhlubní probíhá podél waitzendorfského zlomu směru SV–JZ (obr. 2), vývojově považovaného za součást neotektonicky reaktivované zóny řídicího zlomu diendorfského (Roetzel 1996; Decker 1999; Roštínský, Roetzel 2005).

### Geomorfologické poměry území

Povrch Českého masivu se vzhledem k povrchu karpatské předhlubně zvedá až 200 m vysokým „okrajovým svahem“ (obr. 3, 4) podél poruch waitzendorfského zlomu. Ve vyšším zarovnaném reliéfu (Česká vysočina) vyhloubily řeka Dyje s přítoky meandrující, ve spodních částech sevřená údolí. V nižším reliéfu (Vněkarpatské sníženiny) vznikla převážně údolí mělká a širší. Většina výskytů rozvodních štěrků se shoduje s plochými částmi temen několika hřbetů protažených ZSZ–VJV až SZ–JV v rámci vyššího segmentu povrchu, pro účely této práce označeného podle nejvyššího vrcholu „Heidbergská vyvýšenina“. Nachází se na okraji jz. části karpatské předhlubně s dosti členitým povrchem, geomorfologickým charakterem odlišným oproti povrchu celkově nižšího Dyjsko-svrateckého úvalu v sv. části znázorněné oblasti s převažujícími subhorizontálními úrovněmi na akumulacích kvartérních říčních sedimentů.

### Metodika výzkumu štěrků

Náš nový podrobný průzkum území nezjistil žádný aktuálně odkrytý profil rozvodními štěrky, umožňující přímo studovat jejich genezi a stratigrafickou pozici. V okolní karpatské předhlubni i na přilehlém okraji Českého masivu se však v různých geomorfologických polohách nacházejí jiné štěrkové sedimenty, příbuzné rozvodním štěrům podobným petrografickým složením,

způsobem vzniku, případně i jako možné původní zdroje jejich materiálu. Stratigrafická pozice některých z těchto „příbuzných štěrků“ byla již stanovena spolehlivěji. V nižších polohách Heidbergské vyvýšeniny se navíc nacházejí štěrky bez jasných vztahů k sedimentům na rozvodí.

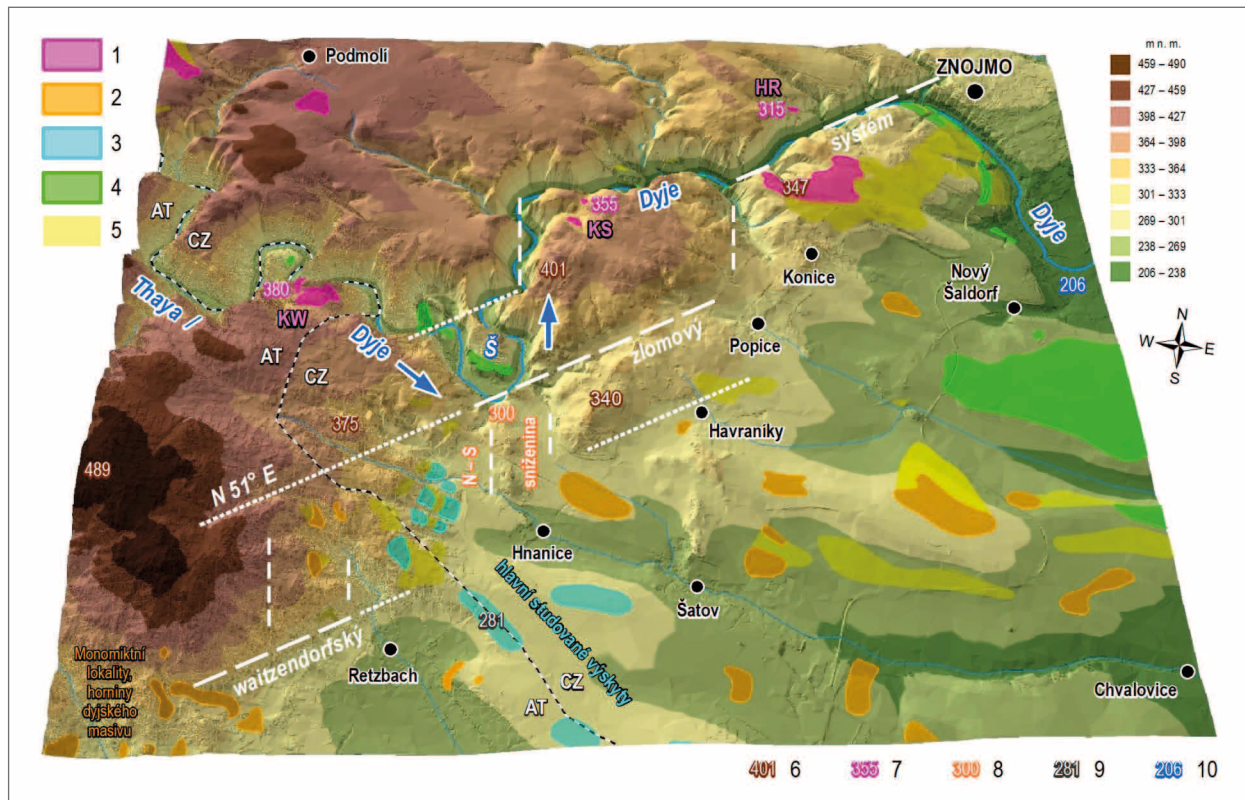
Rozvodní štěrky jsou na povrchu místy koncentrovány v podobě kamenné dlažby, často se však nacházejí pouze jako roztroušené valouny. Kromě analýzy petrografického složení štěrkové frakce > 2 cm na významných lokalitách s hojným výskytem bylo proto potřebné i zhodnocení jejich geomorfologické polohy, zejména výšky a sklonu povrchu při rozvodí i v blízkém okolí. Podkladový digitální model reliéfu byl vytvořen ze sloučených výškových dat českého a rakouského leteckého laserového skenování (Cuzk.cz 2020 / grid 5 × 5 m; Data.gv.at 2020 / grid 10 × 10 m). Obdobně petrograficky a geomorfologicky bylo posouzeno i několik důležitých štěrkových lokalit mimo rozvodí Dyje a Pulkau. Celkem bylo analyzováno 10 míst, která spolu s již existujícími poznatky poskytla důležité nepřímé indicie pro navrženou vzájemnou stratigrafickou pozici více skupin klastických uloženin včetně rozvodních. Blízké subhorizontální výskytů rozvodních a příbuzných štěrků se sklonem povrchu < 3°, podobné z geologických a geomorfologických hledisek, jsme na základě více kritérií sloučili do kategorií uvedených v tabelárním přehledu a zobrazených v klasifikační mapě. Obě přílohy byly využity při srovnání základních vlastností hrubozrnných rozvodních a příbuzných sedimentů a k určení pravděpodobných transportních směrů ze zdrojových oblastí pro některé z nich, což umožnilo navrhnout základní způsob jejich vzniku a stratigrafickou pozici v rámci depozičního systému zkoumané oblasti.

### Výsledky

V oblasti bylo nově rozlišeno 10 kategorií výskytů rozvodních, příbuzných a blízkých štěrků, lišících se geomorfologickou polohou, petrografickým složením nebo podíly zastoupených hornin v klastickém materiálu (obr. 3, tab. 1, 2). Kategorie 1, 2, 4, 9, 10 jsou situovány na Českém masivu nebo jeho okraji, kategorie 3, 5, 6, 7, 8 v oblasti karpatské předhlubně. Při vymezování kategorií bylo zohledněno, že v území se nacházejí dva hlavní petrografické druhy štěrků: monomiktní, ve smyslu dominujícího obsahu křemenem bohatých (minerálně zralých) hornin, zejména křemene a kvarcitu, a polymiktní, které kromě křemenem bohatého materiálu obsahují i větší podíl klastů minerálně méně zralých hornin, především granitoidních z dyjského masivu.

Rozvodní štěrky na Heidbergské vyvýšenině s běžnou max. velikostí valounů 10–15 cm se nacházejí ve dvou blízkých dílčích pruzích protažených ve směru ZSZ–VJV v obdobných geomorfologických polohách, avšak petrograficky vzájemně odlišných (obr. 3, 5, tab. 2). Jižní pruh v nadmořských výškách 255–315 m, dlouhý

substantial portion of the Dyje Massif rocks; 16 – gravel site at the watershed with dominance of quartz-rich rocks; 17 – possible original transport direction of gravel at the watershed with substantial portion of the Dyje Massif rocks; 18 – possible original transport direction of gravel at the watershed with dominant quartz-rich rocks; 19 – longitudinal cross-section along belt of gravel occurrences at the watershed (Fig. 5); 20 – cross section transverse to belt of gravel occurrences at the watershed (Fig. 5).



Obr. 4: Perspektivní výškový model reliéfu v okolí meandru Šobes (Š) na řece Dyji (Thaya) s výskyty štěrkových sedimentů klasifikovaných podle vztahů k topografii a míry jejich petrografické různorodosti. Povrchové rozhraní mezi Českým masivem a karpatskou předhlubní je vytvořeno podél waitzendorfského zlomu, charakteristického systémem dvou souborů rovnoběžných lineárních prvků (bílé linie) orientovaných SV–JZ (hlavní směr zlomu) a S–J (podřízený směr v rámci vnitřní struktury zlomu). 1 – vyšší subhorizontální monomiktní poloha, křemenem bohaté horniny; 2 – střední subhorizontální monomiktní poloha, křemenem bohaté horniny; 3 – střední subhorizontální polymiktní poloha, přítomnost hornin dyjského masivu; 4 – nižší subhorizontální polymiktní poloha, podstatný podíl hornin moravika; 5 – poloha na svahu, bez upřesněného petrografického složení. Výškové údaje (m n. m.): 6 – výška temenního povrchu; 7 – průměrná výška vysokých fluvialních štěrkových lokality v údolí Dyje (KW – Kirchenwald, KS – Krejčího stezka, HR – jihozápadně od Hradiště); 8 – výška sedla jižně od meandru Šobes; 9 – výšková poloha rozvodních štěrku v oblasti karpatské předhlubně v blízkosti Českého masivu; 10 – výška údolního dna.

Fig. 4: Perspective height model of the area surrounding the Šobes meander (Š) of the Dyje (Thaya) river, along with gravel occurrences classified by relationships to topography and their petrographic diversity. The Bohemian Massif – Carpathian Foredeep boundary has developed along the Waitzendorf fault, characterized by a system of two sets of parallel linear elements (white lines) trending NE–SW (leading fault direction) and N–S (subordinate direction within internal fault structure). 1 – higher subhorizontal setting, monomict, quartz-rich rocks; 2 – middle subhorizontal setting, monomict, quartz-rich rocks; 3 – middle subhorizontal setting, polymict, presence of the Dyje Massif rocks; 4 – lower subhorizontal setting, polymict, substantial portion of the Moravicum rocks; 5 – slope setting, without petrographic specification. Altitude indicators (m a. s.): 6 – summit surface elevation; 7 – mean elevation of high fluvial gravel site within the Dyje river valley (KW – Kirchenwald, KS – Krejčího stezka, HR – southwest of Hradiště); 8 – elevation of saddle south of the Šobes meander; 9 – height of gravel at the watershed in the Carpathian Foredeep area near the Bohemian Massif; 10 – valley floor elevation. N–S – small depression south of the Šobes meander with the bottom located lower than high gravel occurrences in down-valley of the Dyje river; its genesis is yet unknown.

> 7 km a široký > 3 km, zahrnuje pouze monomiktní výskyty (kategorie 6 / petrograficky zkoumané lokality d, e). Severní pruh ve výškách 265–295 m n. m., o rozměrech 13 × 2 km, je naopak tvořen polymiktními výskyty (kategorie 7 / lokality c, f, g; ojedinělé valouny granitoidů se v ornici vyskytují i v. od kóty 280 m V Pustinách). Dvě petrograficky vzájemně odlišné kategorie štěrku podobných rozvodním se zachovaly také na okrajovém svahu (kat. 2 / lok. a versus kat. 4 / lok. b). Ostatní příbuzné štěrky (kat. 1, 5, 8, 9, 10) jsou na základě dřívějších poznatků nebo nových petrografických zjištění (lok. h, i, j) monomiktní, buď téměř výhradně tvořené křemenem a kvarcitem nebo obsahující podíl minerálně méně zralých hornin do 10%.

## Diskuze

Zatímco pro stanovení pravděpodobné spodní stratigrafické hranice uložení rozvodních štěrku na Heidebergské vyvýšenině jsou důležité prostorové vztahy mezi sedimentárními útvary v oblasti karpatské předhlubně, pro jeho možnou svrchní hranici naopak sedimentární a geomorfologické poměry tektonicky podmíněného okraje Českého masivu. Zohledněn byl charakter všech 10 vymezených štěrkových kategorií i některé poznatky z dalších oblastí v blízkém okolí.

Významné pro posouzení geneze a stratigrafické pozice rozvodních štěrku jsou existující tvar jejich dvou petrograficky odlišných pruhů a poměrně ostrý přechod

mezi nimi. Dosti protáhlý tvar a pokračování pruhu polymiktních výskytnů kat. 7 k ZSZ až k úpatí okrajového svahu ukazuje na jednosměrný proudový charakter ukládání materiálu v systému souběžném s protažením výskytnů odlišné kat. 6. Na Heidbergské vyvýšenině se také nevyskytují doklady toho, že by přechod mezi oběma pruhy mohl být tektonického původu a odděloval v úrovni dnešního povrchu petrograficky odlišné horizonty uložené původně v různých hloubkách.

Informace o pravděpodobné stratigrafické pozici sedimentů svrchní části vlastní karpatské předhlubně v prostoru Heidbergské vyvýšeniny nebyly v geologických mapách a doprovodných textech jednotné. V severozápadní části této oblasti se jejich autoři většinou přikláníli ke spodnobadenskému stáří uloženin (např. Batík 1977; Batík et al. 1982; Roetzel et al. 1999, 2004), přednostně uváděnému v dalších částech této práce, zjištěny však byly mikropaleontologické indicie podporující spíše jednotné zařazení sedimentů celého území vyvýšeniny do (svrchního) karpátu (Čtyroká, Čtyroký 1991; Batík et al. 1995). V případě spodnobadenského stáří uloženin v sz. části dnešní pánve by byla povrchová šterková kat. 7 s běžnou velikostí klastů 10–15 cm rozšířena jako stratigraficky samostatná poloha napříč podložní hranicí

spodní baden–karpát (obr. 2). Názor o příslušnosti povrchových hrubozrnných sedimentů k vrstevnímu sledu vlastní karpatské předhlubně není rovněž podpořen přítomností obdobných horizontů v hlubších částech pánve na JV. Ve 142 m mocném miocenním sledu vrtu HV-1 v Hatích (Kuklová, Vilšer 1969) byly zastiženy výhradně jemnozrnnější jíly a jílovité břidlice s místní příměsí písku. Na jiných lokalitách karpátu na Moravě byly šterky zjištěny jen podřadně v polohách o mocnosti do 1 m, a to pouze křemenné (Batík et al. 1982). K takovým místům nejspíše patří i lokality roztroušených šterků kat. 3. Ze stejných důvodů není také spolehlivým údajem navrhované karpatské stáří blízkých, v nižších nadmořských výškách (225–250 m) jz. od Heidbergské vyvýšeniny zachovaných šterků kat. 5, místy zakrytých kvartérní spraší (Roetzel 1998). Křemenem bohatý materiál, doplněný malým podílem granitoidních hornin, řadí složení tamních hrubozrnných sedimentů na pomezí šterků monomiktních a polymiktních. Klasty o velikosti srovnatelné s rozvodními šterky nejspíše překrývají starší jemnozrnné sedimenty karpatské předhlubně více stupňů (eggenburg, ottang, karpát), a jsou tedy mladší.

Charakter rozvodních šterků kat. 7 na temeni česko-rakouského hraničního hřbetu j. od Šatova (např. lok. c)

Tab. 1: Kategorie rozvodních a příbuzných šterkových výskytnů na subhorizontálních površích, vyčleněné s ohledem na geomorfologickou polohu, petrografické složení a předpokládané stratigrafické zařazení sedimentů. Stratigrafické kritérium bylo využito pro pořadí kategorií.

Tab. 1: Categories of watershed and related gravel occurrences on subhorizontal land surfaces, differentiated based on geomorphological setting, petrographic composition and assumed stratigraphy of deposits. The stratigraphic criterion was used for ordination of the categories.

Číslo kategorie	Převažující geomorfologická poloha	Výška (m n. m.)	Možné stratigrafické zařazení	Běžná maximální velikost klastů (cm)	Odkazy na předchozí výzkumy; autoři = nově zjištěné výskyty
1	mírně se sklánějící zarovnané vrcholové povrchy České vysočiny	410–420	miocén–pliocén	10–15	Batík (1991); Roetzel et al. (2004); autoři
2	subhorizontální povrchy na stupňovitém okrajovém svahu České vysočiny – jihozápad	350–370	ottang	5–10	Roetzel et al. (1999); autoři
3	povrchy nižších severovýchodních výběžků Heidbergské vyvýšeniny	240–255	karpát	5–10	Špalek (1937); autoři
4	subhorizontální povrchy na stupňovitém okrajovém svahu České vysočiny – severovýchod	280–335	spodní baden nebo svrchní karpát, bazální člen	15–20	Batík (1991); Roetzel et al. (1999); autoři
5	nižší ploché, erozním rozčleněním omezené povrchy Vněkarpatských sníženin	225–250	střední miocén–pliocén	10–15	Roetzel (1998); Roetzel et al. (1999)
6	temenní povrchy Heidbergské vyvýšeniny – jižní část	255–315	střední miocén–pliocén	10–15	Roetzel (2007); autoři
7	temenní povrchy Heidbergské vyvýšeniny – severní část	265–295	střední miocén–pliocén	10–15	Špalek (1937); Roetzel et al. (1999); autoři
8	ploché povrchy na mírně zvláhlém okraji Vněkarpatských sníženin	245–285	střední miocén–pliocén	5–10	Batík (1977); Roetzel et al. (1999); autoři
9	temenní povrchy vyvýšenin v rámci složitě okrajového svahu České vysočiny	290–345	střední miocén–pliocén	5–10	Batík (1977); Čtyroký (1978); Hubatka (1998); Houzar, Šmerda (2016)
10	vysoké povrchy v údolí řeky Dyje zahloubeném do okraje České vysočiny	315–385	pliocén	10–15	Roetzel et al. (2004); autoři



je také pouze částečně blízký „bazálnímu a okrajovým šterkům“ uvažovaného mořského spodního badenu, popsání v rámci maximálně 10 m mocné sekvence severněji v nedalekém nižším terénu podél toku Daníže (např. Batík et al. 1982). Rozvodní šterky mají podobné petrografické složení (převaha křemenem bohatých hornin, významný podíl granitoidních hornin z dyjského masivu, občasná přítomnost pískovce, mnohdy limonitického, železitých konkrecí a úlomků ústřic, korálů nebo lasturnatého vápence). V jiných ohledech se však od sedimentů v okolí Daníže liší. Neobsahují velký podíl jemnějšího písku, který se u Daníže spolu se šterky hojně vyskytuje, mnohdy ve zvrstvené podobě. Jejich valouny jsou mnohem větší (max. 15 cm, ojediněle až 20 cm) oproti těm udávaným u Daníže (3 cm), což v prostoru vzdálenějším od původního pobřeží nasvědčuje spíše jejich delšímu transportu koncentrovaným suchozemským proudem s větší energií než přínosu mořskými příbřežními proudy. Oproti nedokonale, místy málo opracovaným klastům v okolí Daníže, je většina valounů při rozvodí dobře zaoblená a původ menšího podílu ostrohranného materiálu je možno hledat v blízkých erodovaných vrstvách podložní karpatské předhlubně, pravděpodobně více stratigrafických úrovní. Závalky (kusy) jílu, občas s diatomovou flórou řazenou do karpátu, nebyly na žádné šterkové lokalitě kat. 7 zjištěny, vyskytovat se však i při rozvodí mohou. Charakter rozvodních šterků tak nasvědčuje jejich pozdějšímu původu, jen s místním přimícháním staršího (spodnobadenského) pánevního materiálu do jejich hmoty.

Na geologických mapách nebo v jejich vysvětlivkách byly zařazeny do spodního badenu šterky jak ve spodní části okrajového svahu, kde místy nasedají přímo na krystalinikum, tak na rozvodních plošinách na povrchu přilehlé karpatské předhlubně (Batík 1991; Batík et al. 1995; Roetzel et al. 1999, 2004). Nová petrografická analýza však v obou místech ukázala výrazněji odlišné složení materiálu, což opravňuje zařadit je do jiných kategorií i ze sedimentárního hlediska. Výše zachovaná kat. 4 na svahu (převážně > 300 m n. m., lok. b) zahrnuje výskyty se značným množstvím velkých zaoblených valounů granitoidních hornin a minimem menších klastů kvarcitu, což ukazuje na velký podíl materiálu lokálního mořského abrazního původu a pouze malý přínos hmoty z jiného zdroje ve větší vzdálenosti. Významná část křemenných valounů může pocházet z místních žilných hornin, které se v dyjském masivu často nacházejí. Naopak níže položená kat. 7 v pánvi (většinou 270–290 m n. m., lok. c) s vyrovnanějším podílem klastů kvarcitu a celkově menších klastů granitoidů svědčí o větší vzdálenosti zdrojové oblasti krystalinického materiálu i významnějším přínosu

valounů křemenem bohatých hornin z jiných míst. Klasty mohly pocházet ze starších šterkovitých sedimentů sz. okrajové části karpatské předhlubně, včetně erodovaných těles kat. 4 na okrajovém svahu.

Výskyt křemenem bohatých šterků ve střední části okrajového svahu (350–370 m n. m., kat. 2), petrograficky dosti odlišných od materiálu nedaleké kat. 4, může souviset s existencí předpokládaného příčného zlomu směru SZ–JV mezi sedimenty ottnangu a spodního badenu, zčásti pokračujícího i do karpatské předhlubně (Čtyroká, Čtyroký 1991; Roetzel 1998; Roetzel et al. 1999; obr. 2). Pouze nepatrnou přítomností valounů granitoidních hornin se tyto šterky podobají redeponovaným rozvodním uloženinám kat. 6, byť zjištěné klasty jsou celkově menší. Nelze proto vyloučit, že patřily k jedné ze zdrojových oblastí jejich materiálu.

Povaha šterků v nadmořských výškách 245–285 m na úbočích návrší s kótou 312 m Skalky s. od Šatova (kat. 8, lok. h) rovněž ukazuje na uložení v přeplavené poloze. Dominující četné valouny křemenem bohatých hornin o velikosti 5–10 cm, ojediněle až 15 cm, byly zjištěny v místech, kde geologické mapy vyznačily převážně jemnozrnné sedimenty podložního ottnangu nebo spodního badenu (Batík 1977; Roetzel et al. 1999).

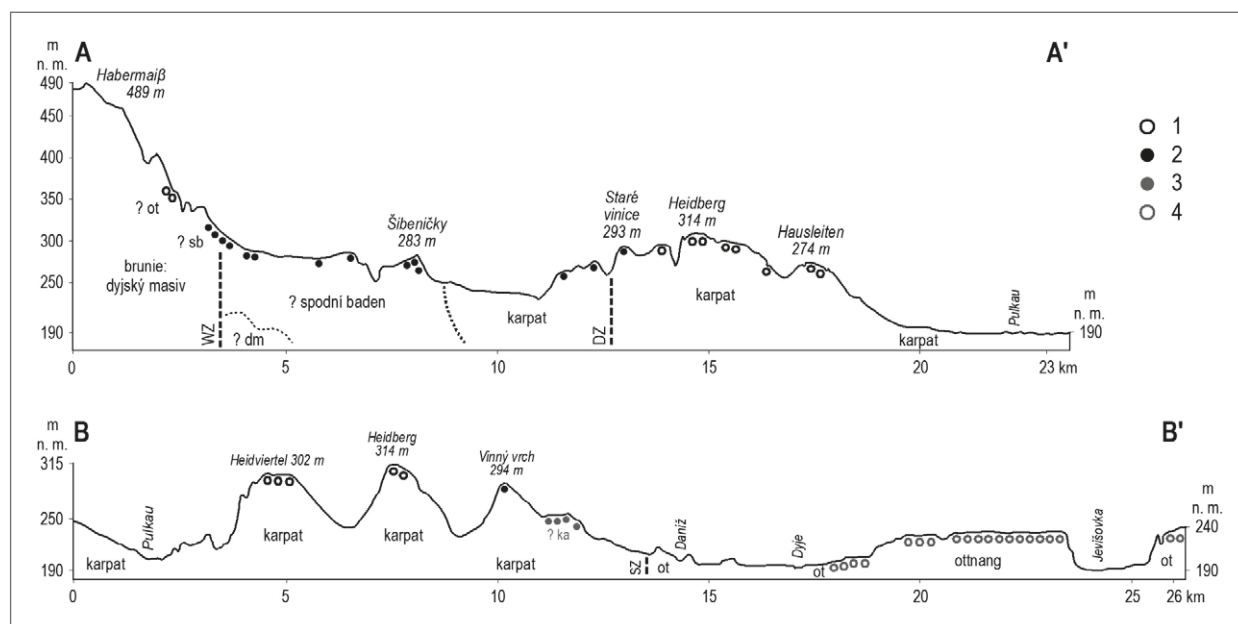
Petrograficky i zrnitostně podobným typem sedimentů ke kat. 8 jsou výše položené šterky na temenech okrajových vyvýšenin České vysočiny v blízkosti Znojma (290–345 m n. m., kat. 9). Na jihozápadě u Konic je v odkryvu sedimentologicky a petrograficky zkoumal Nehyba (2000). Zjistil značnou dominanci křemenných klastů z rozplavených starších sedimentů nebo zvětralin, transportovaných od SZ k JV a uložených v prostředí šterkově dominantní divočící řeky (občasný tok nebo distální část aluviálního kužele při přechodu do většího toku), odlišném oproti dříve jednotně pro tuto lokalitu uvažovanému prostředí brakickému až sladkovodnímu v eggenburg–ottnangu karpatské předhlubně (Batík 1977; Roetzel et al. 1999). Jak naznačil tamní geofyzikální výzkum (Hubatka 1998), sedimenty tohoto stáří převážně jemnozrnnější frakce (písky) se vyskytují pouze v podloží v části temenních šterků. Na přilehlém okrajovém svahu vycházejí na povrch také jíly. Západní část šterkové

Tab. 2: Petrografické složení klastů (%) vybraných šterkových lokalit (číslo příslušné kategorie – Tab. 1). KP – horniny vzniklé pouze v karpatské předhlubni; ostatní horniny mohou pocházet jak z Českého masivu, tak z redeponovaných vrstev karpatské předhlubně.

Tab. 2: Clast petrography (%) of selected gravel sites (corresponding category No. – Tab. 1). KP – rocks originated only in the Carpathian Foredeep; other rocks can come from both the Bohemian Massif or redeposited layers of the Carpathian Foredeep.

Lokalita (kategorie)	a (2)	b (4)	c (7)	d (6)	e (6)	f (7)	g (7)	h (8)	i (10)	j (10)
křemen	73	41	36	52	30	49	39	16	91	75
vyvěřelá nebo žilná hornina	1	55	28	–	2	23	22	–	3	5
kvarcit, občas grafitický	26	4	32	44	60	20	20	84	4	12
rula	–	–	–	–	–	–	–	–	2	3
amfibolit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2
železitá konkrece (KP)	–	–	3	–	4	3	19	–	–	–
vápenec (KP)	–	–	–	4	2	3	–	–	–	–
pískovec (KP)	–	–	1	–	–	1	–	–	–	–
rohovec	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–
křemité durickrusta	–	–	–	–	1	–	–	–	–	3





Obr. 5: Podélný (A–A') a příčný (B–B') topograficko-geologický profil pásem štěrkových sedimentů při rozvodí Dyje a Pulkau. Převýšení: 20. Sedimentární horniny v rozvodní oblasti: 1 – štěrky s výraznou dominancí křemenného materiálu; 2 – štěrky s podstatným podílem hornin dyjského masivu. Jiné hrubozrnné sedimenty: 3 – předpokládané mořské štěrky stupně karpát (miocém karpatské předhlubně); 4 – kvartérní říční štěrkopisky. dm – dyjský masiv; ot – ottnang; ka – karpát; sb – spodní baden; WZ – waitzendorský zlom (jihovýchodní linie); DZ – diendorfský zlom (hlavní linie); SZ – slupský zlom.

Fig. 5: Longitudinal (A–A') and transverse (B–B') topographic-geological cross-section through belt of gravel deposits at the Dyje–Pulkau watershed. Exaggeration: 20. Sedimentary rocks in the watershed area: 1 – gravel with high dominance of quartz-rich rocks; 2 – gravel with substantial portion of the Dyje Massif rocks. Other coarse-grained deposits: 3 – assumed marine gravel, Miocene of the Carpathian Foredeep (the Karpatian stage); 4 – fluvial gravel and sand, Quaternary. dm – Dyje Massif; ot – Ottnagian; ka – Karpatian; sb – Lower Badenian; WZ – Waitzendorf fault (southeastern line); DZ – Diendorf fault (main line); SZ – Slup fault.

akumulace leží přímo na horninách dyjského masivu. Výsledky výše uvedeného sedimentologického studia jsou v souladu s nálezem několika vltavinů na okolních površích. Tyto středoevropské tektity s dobou pádu kolem 15 Ma (Houzar, Šmerda 2016), nejspíše až po ústupu moře ze sz. okrajové části karpatské předhlubně nebo i jeho úplném stažení z pánve po poslední transgresi ve spodním badenu, jsou v Konic v nepůvodní přeplavené, tedy mladší poloze. Obdobné štěrky na návrších u Suchohrdel a Kuchařovic sv. od Znojma (obr. 2) jsou vltaviny obohaceny mnohem více (Houzar, Šmerda 2016). Vrty u Kuchařovic přitom zastihly až 38 m mocný sled rovněž různě zrnitých klastik: štěrku, písku a jílu, občas i kaolinitických (Tesařík 1986). Na geologických mapách jsou tamní sedimenty řazeny nejen do spodního miocénu, ale zčásti i do mladšího miocénu až pliocénu (např. Čtyroký 1978b). Povrchové výskyty hrubého štěrku s mladšími vltavinami totiž naznačují vznik sekvence depozic materiálu přineseného z více zdrojů a v různých obdobích. Také nedaleká, křemennými valouny bohatá lokalita u Těšetic (obr. 2) v podobné nadmořské výšce kolem 330 m, dosud naopak bez známého vltavínu, naznačuje, že štěrky ve studované oblasti byly ukládány v rámci více souběžných proudových snosových drah.

Prostorové indicie z území rozvodních štěrku nebo štěrku v Konic ukazují na převažující směr tohoto transportu od ZSZ (obr. 3) nebo SZ z území dnes vyššího zarovnaného, mírně k JV se sklánějícího temenního

povrchu Českého masivu. V této oblasti se ve studované ploše nachází několik zbytků monomiktických štěrku v nadmořských výškách 410–420 m (obr. 3, kat. 1). Větší počet dalších štěrkových poloh, často v rámci mocnějších sledů i s vrstvami jemnozrnnějších sedimentů, se zachoval až do nadmořských výšek > 450 m dále k SZ, S i SV. Jsou tam považovány za brakické nebo sladkovodní uložení ottnangu (Čtyroký, Molčíková 1988; Batík 1991; Roetzel et al. 1999, 2004) a mohly být jedním ze zdrojů materiálu mladších, níže položených hrubozrnných sedimentů na VJV a JV (rozvodní kat. 6 a 7 i příbuzné kat. 8, 9, případně 5; srov. také Nehyba 2000; Nehyba et al. 2019). Zmíněné kategorie sedimentárních výskytů se jeví být geneticky podobné, mohly však být uloženy i v mírně odlišných obdobích.

Uvedené doklady dosti rozšířených redepozičních procesů, erozně redukcí sedimentární pokrývy v dřívě mnohem rozšířenější sz. části karpatské předhlubně, ukazují na pozdější vznik nově se vytvářejících akumulací nad podložními jemnozrnnějšími sedimentárními sledy v regresní nebo mladší, plně kontinentální fázi vývoje této pánve říčními pochody, postupně nahrazujícími pochody mořské. Rovněž reliktní štěrky při rozvodí Dyje a Pulkau se jeví být ze stratigrafického hlediska uloženy až po ukončení poslední depoziční vývojové etapy ve spodním badenu. Jejich dvě blízké, petrograficky odlišné kategorie v obdobné stratigrafické i geomorfologické pozici,

mohly být i součástí laterálně sousedících sedimentárních vějířů dvou divočících toků (srov. Nemeč, Steel 1988).

Dnes se miocenní sedimenty karpatské předhlubně v zájmové oblasti nacházejí ve dvou rozdílných hlavních výškových úrovních, mezi kterými je situován waitzendorfský zlom (obr. 3, 4): ve vyšší na povrchu Českého masivu (> 400 m n. m.) a nižší na povrchu karpatské předhlubně (většinou < 300 m n. m.). Zlomový systém je tvořen lineárními prvky řídicího směru SV–JZ a přídruženého S–J, predisponovanými spodnomiocenní tektonikou (Roetzel 1996; Decker 1999). Prvky obou směrů se dnes významně uplatňují jak v reliéfu okrajového svahu, rozčleněného do soustavy bloků s nestejně vysokými temenními povrchy, tak v půdorysu údolní sítě Dyje včetně meandru Šobes, kterým řeka výrazně mění svůj směr ze směru SZ–JV na J–S. Severozápadní omezení pruhu šterkových výskytů kat. 7, ale i kat. 8 a zčásti kat. 9 v blízkosti nebo v rámci okrajového svahu naznačují, že již při jejich ukládání a především v následujícím období došlo k nové tektonické aktivitě tohoto příčně probíhajícího poruchového systému, vedoucí k výškovému rozrůznění původně souvislého povrchu a postupnému přerušení dřívějších průběžných snosových drah. Miocenní sedimenty ve zvedaném vyšším sz. území byly ve srovnání s nižším jv. územím silněji erodovány. Mohly se zprvu hromadit při vyústěních dílčích proudů při úpatí okrajového svahu a podpořit tam rozvoj říčních vějířových systémů dotací hrubozrnnějším materiálem.

V souvislosti s pozdějšími fázemi této tektonické vývojové etapy se na okraji Českého masivu vytvářelo údolí Dyje. Počátek celkového zahlubování řeky, které probíhá do současnosti, je s ohledem na morfologii údolí a výškovou polohu úrovní zachovaných fluviálních sedimentů jak v údolí, tak v nižším předpolí Českého masivu předpokládán v období (spodního) pliocénu (Brzák 1996; Roetzel et al. 2004). V mělkých horních částech údolí byly ukládány monomiktální šterkovité sedimenty, ovšem s malým podílem valounů hornin vzdálenějšího moravika (kat. 10, lok. i, j; zachovány v nadmořských výškách 310–385 m), což již ukazuje na obnažení této jednotky Českého masivu zpod miocenních sekvencí při okraji karpatské předhlubně. Podíl klastů z moravika v říčním materiálu se později významně zvýšil v polymiktálních kvartérních akumulacích dolních sevřených částí údolí, petrograficky obdobných nižším fluviálním uloženinám Dyje v předpolí Českého masivu. Rozvodní šterky (kat. 6, 7) i šterky v okolí Šatova (kat. 8) valouny moravika neobsahují. To podporuje názor, že tyto sedimenty jsou starší a byly ze stratigrafického hlediska uloženy před počátkem zahlubování řeky do výrazného údolí, nejspíše během části časového úseku střední miocén–(spodní) pliocén. Pliocenní stáří dvou dříve zaznačených lokalit šterky v okolí nejvyššího vrcholu Heidbergské vyvýšeniny bylo preferováno v jedné z geologických map (Roetzel 2007; obr. 2).

S ohledem na geomorfologickou pozici i navrženou genezi a stratigrafii rozvodních šterků zůstává zcela nevyjasněný vznik dvou specifických jevů při okrajích pásu jejich výskytu. Na severozápadě je v rámci okrajového

svahu vytvořena složitá malá, severojižně protažená sníženina o hloubce až > 40 m mezi meandrem Šobes, zakleslým v horninách Českého masivu, a okrajem karpatské předhlubně (obr. 4). Přítomné sedlo ve výšce 300 m n. m. se nachází v nižší poloze než zachované šterky kat. 10 v širší horní části průlomového úseku údolí Dyje směrem ke Znojmu (310–360 m n. m.). V případě existence sníženiny již v době zahloubení údolí do úrovně těchto šterků by řeka ze spádových důvodů odtékala j. směrem přímo do oblasti karpatské předhlubně a nikoliv k S. Na okraji pánve však stratigraficky a petrograficky odpovídající sedimenty s valouny hornin moravika nebyly zjištěny; řídky se vyskytující valouny metamorfítů v bazálních a okrajových štercích podél Daniže, zmiňované Batikem et al. (1982), se nacházejí v sedimentech uložených před vznikem zahloubeného údolí Dyje. Je možné, že snížený tvar u Šobesu vznikl již v rámci krystalinického podloží při dřívější tektonické fázi ve spodním miocénu a byl následně překryt mocnějším sledem (> 100 m) mladších sedimentů karpatské předhlubně až do úrovně vyvýšenin okolního reliéfu. Při reaktivaci zlomového systému tak spádový gradient směrem k J nebyl vytvořen a dnešní topografické poměry se vyvinuly až po vzniku údolního úseku řeky Dyje směrem ke Znojmu exhumací podloží zpod slabě zpevněné sedimentární výplně. Není však zatím ani vyloučeno, že dno sníženiny se do dnešní výškové pozice dostalo spolupůsobením mladých tektonických poklesů až po zařiznutí řeky do nižší sevřené části údolního tvaru v nejmladším období. Také poměrně ostré jv. omezení pásu výskytu rozvodních šterků ve výšce > 80 m nad řekou Pulkau (obr. 1, 3) není dosud zdůvodněno. Pulkau protéká j. od Heidbergské vyvýšeniny 3–5 km širokou sníženinou s plochým dnem, mnohem rozsáhlejší než je velikost údolí řeky výše proti toku. Uplatnění mladých tektonických pohybů při utváření rovněž této sníženiny není dosud vyloučeno.

## Závěr

Rozvodní šterky na Heidbergské vyvýšenině, zahrnující dva pruhy výskytů odlišného horninového složení, byly i na základě významně větší velikosti jejich klastů oproti podložním sedimentům karpatské předhlubně uloženy až po ústupu moře z okraje této pánve ve spodním badenu nebo nejsvrchnějším karpatu (spodní stratigrafický limit depozice rozvodních šterků), pravděpodobně více toky v suchozemském prostředí. Takový vývoj podporuje i existence několika podobných šterkových lokalit v blízkých oblastech. Část šterkového materiálu byla redeponována z erodovaného sz. okrajového segmentu karpatské předhlubně na celkově jemnozrnnější sedimentární polohy blíže středu pánve. Předpokládaný transport šterků ve více přibližně rovnoběžných drahách směřujících převážně k JV až VJV byl ovlivněn a z velké míry přerušen mladou tektonickou aktivitou waitzendorfského zlomového systému při dnešním rozhraní mezi zvedajícím se okrajem Českého masivu a karpatskou předhlubní, která způsobila i odklon odvodňování části území vznikající a postupně se zahlubující řekou Dyjí směrem k S nebo SV do úseku od meandru Šobes ke Znojmu. Předpokládané



pliocenní stáří počátku tvorby výrazného údolí odpovídá svrchnímu stratigrafickému limitu depozice rozvodních štěrků. Tato klastika, uložená v části období střední miocén–spodní pliocén, tak mají jiný původ a menší stáří než bylo zakresleno v dosavadních geologických mapách nebo navrženo v doprovodných textech.

#### *Poděkování*

*Práce vznikla v rámci projektu dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumných organizací – RVO: 68145535 na Ústavu geoniky AV ČR, v. v. i., s podporou Jihomoravského muzea ve Znojmě, p. o. Autoři děkují oběma oponentům za podnětné připomínky, zohledněné v konečné verzi článku.*

#### **Literatura**

- Batík P., Barnet, I., Čtyroký, P., Čurda, J., Havlíček, P., Hazdrová, M., Líbalová, J., Šalanský, K. (1995). Vysvětlivky k Základní geologické mapě ČR 1 : 25 000. List 33-242 Hnanice. – Český geologický ústav. Praha. 27 s.
- Batík, P., Čtyroký, P., Gabriel, M., Holásek, O., Klečák, J., Střída, M., Šalanský, K., Štych, J., Zeman, A. (1982). Vysvětlivky k Základní geologické mapě ČSSR 1 : 25 000. List 34-131 Šatov. – Ústřední ústav geologický. Praha. 72 s.
- Batík, P. red. (1977). Základní geologická mapa ČSSR. List 34-131 Šatov. – Ústřední ústav geologický, Praha.

- Batík, P. red. (1991). Geologická mapa ČR. List 33-242 Hnanice. – Ústřední ústav geologický, Praha.
- Brzák, M. (1996). Geomorfologické problémy Národního parku Podyjí a přilehlého území. – MS, disertační práce. Masarykova univerzita. Brno.
- Cuzk.cz (2020). Digitální model reliéfu České republiky 4. generace. – Dostupné na: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(zbeq53hvyzjbky-amw5wj3evs\)\)/Default.aspx?head\\_tab=sekce-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod\\_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes](http://geoportal.cuzk.cz/(S(zbeq53hvyzjbky-amw5wj3evs))/Default.aspx?head_tab=sekce-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes), 3. 9. 2020.
- Čtyroký, P., Batík, P., Gabriel, M., Holásek, O., Klečák, J., Libalová, J., Mátl, V., Matějovská, O., Strída, M., Šalanský, K., Štych, J., Zeman, A. (1990). Vysvětlivky k Základní geologické mapě ČSSR 1 : 25 000. List 34-113 Znojmo. – Ústřední ústav geologický. Praha. 80 s.
- Čtyroký, P., Batík, P., Holásek, O., Klečák, J., Mořkovská, V., Šalanský, K., Štych, J., Zeman, A. (1987). Vysvětlivky k Základní geologické mapě ČSSR 1 : 25 000. List 34-133 Hatě. – Ústřední ústav geologický. Praha. 20 s.
- Čtyroký, P. red. (1978a). Základní geologická mapa ČSSR. List 34-133 Hatě. – Ústřední ústav geologický, Praha.
- Čtyroký, P. red. (1978b). Základní geologická mapa ČSSR. List 34-113 Znojmo. – Ústřední ústav geologický, Praha.
- Čtyroká, J., Čtyroký, P. (1991). Zpráva o mapování miocénu na listu 1:50 000 9-Retz. Zprávy o geologických výzkumech v roce 1990, 34–35.
- Čtyroký, P., Molčíková, V. (1988). Relikty neogénu na krystaliniku Českého masívu na listu Podmolí (33-242). Zprávy o geologických výzkumech v roce 1985, 37–39.
- Data.gv.at (2020). Digitales Geländemodell - 10m Niederösterreich. – Dostupné na: <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/land-noe-digitales-hohenmodell-10-m>, 12. 10. 2020.
- Decker, K. (1999). Tektonische Auswertung integrierter geologischer, geophysikalischer, morphologischer und strukturgeologischer Daten (Projekt N-C-036/F/98 Geogenes Naturraumpotential Horn-Hollabrunn). – MS. Geologische Bundesanstalt. Wien.
- Dornič, J., Zeman, A. reds. (1978): Základní geologická mapa ČSSR. List 34-132 Božice. – Ústřední ústav geologický, Praha.
- Earthexplorer.usgs.gov (2017). SRTM 3 Arc – Second Global. – Dostupné na: [Earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov), 7. 6. 2017.
- Houzar, S., Šmerda, J. (2016). Vltavíny v neogenních a pleistocenních štěrcích z okolí Jevišovic na Znojemsku. – Zprávy o geologických výzkumech, 49, 31–35. <http://www.geology.cz/zpravy/cs/obsah/4900>
- Hubatka, F. (1997). Zpráva o geofyzikálním měření na lokalitě Znojmo – Králův stolec. – MS. Geofyzika a. s. Brno.
- Hubatka, F. (1998). Zpráva o geofyzikálním měření na lokalitě Znojmo – Kraví hora. – MS. Geofyzika a. s. Brno.
- Janošík, M. (1975). Vývoj reliéfu mezi Tasovicemi a Tvoříhrází v pliocénu a kvartéru. – MS, rigorózní práce. Masarykova Univerzita. Brno.
- Karásek, J. (1985). Geomorfologická charakteristika reliéfu jižní části Znojemska. – Sborník Československé společnosti zeměpisné, 90, 177–189.
- Kuklová, K., Vilšer, M. (1969). Hatě – celnice. II. Zpráva o provedení hydrogeologického průzkumu. – MS. Česká geologická služba – Geofond. V064666.
- Nehyba, S. (2000). Štěrky na lokalitě Kraví hora u Konic. – *Thayensia* (Znojmo), 3, 3–12.
- Nehyba, S., Kirchner, K., Kuda, F. (2019). Neogenní a kvartérní sedimenty v oblasti Nového Hrádku (západní část NP Podyjí). – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 26, 49–57. <https://doi.org/10.5817/GVMS2019-1-2-49>
- Nemec, W., Steel, R.J. (1988). What is a fan delta and how do we recognize it? – In: Nemec, W., Steel, R.J. (eds): *Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings*, 3–13, Blackie and Son.
- Roetzel, R. (1996). Bericht 1994/1995 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär mit Bemerkungen zur Tektonik am Diendorfer Störungssystem auf Blatt 22 Hollabrunn. – *Jahrbuch der Geologische Bundesanstalt*, 139, 286–295.
- Roetzel, R. red. (1998). Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000. Blatt 22 Hollabrunn. – Geologische Bundesanstalt. Wien.
- Roetzel, R., Fuchs, G., Batík, P., Čtyroký, P. reds. (1999). Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000. Blatt 9 Retz. – Geologische Bundesanstalt. Wien.
- Roetzel, R. red. (2007). Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000. Blatt 23 Hadres mit Erläuterungen. – Geologische Bundesanstalt. Wien. 150 s.
- Roetzel, R., Fuchs, G., Batík, P., Čtyroký, P., Havlíček, P. reds. (2004). Geologische Karte der Nationalparks Thayatal und Podyjí / Geologická mapa národních parků Thayatal a Podyjí. – Geologische Bundesanstalt. Wien.
- Roštinský, P., Roetzel, R. (2005). Exhumed Cenozoic landforms on the SE flank of the Bohemian Massif in the Czech Republic and Austria. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, 49, 23–45.
- Schnabel, W., Fuchs, G., Matura, A., Roetzel, R., Scharbert, S., Krenmayr, H.-G., Egger, J., Bryda, G., Mandl, G.W., Nowotny, A., Wessely, G. reds. (2002). Geologische Karte von Niederösterreich 1 : 200.000 mit Kurzerläuterungen. – Geologische Bundesanstalt. Wien. 47 s.
- Špalek, V. (1937). Zpráva o geologických poměrech neogenního území mezi Znojmem a Hrušovany nad Jevišovkou. – *Věstník Státního geologického ústavu*, 13, 76–86.
- Tesařík, K. (1986). Závěrečná zpráva o podrobném hydrogeologickém průzkumu pro zajištění pitné vody pro veřejný vodovod v Kuchařovicích. – MS. Česká geologická služba – Geofond. P037501.
- Zeman, A. (1974). Současný stav výzkumu pleistocenních fluvialních sedimentů v Dyjsko-svrateckém úvalu a jejich problematika. – *Studia geographica*, 36, 41–60.
- Zeman, A., Batík, P., Čekan, V., Čtyroká, J., Čtyroký, P., Eliáš, M., Holásek, O., Klečák, J., Molčíková, V., Novák, Z., Štych, J. (1987). Vysvětlivky k Základní geologické mapě ČSSR 1 : 25 000. List 34-134 Jaroslavice. – Ústřední ústav geologický. Praha. 28 s.
- Zeman, A. red. (1979). Základní geologická mapa ČSSR. List 34-134 Jaroslavice. – Ústřední ústav geologický, Praha.