

# VÝZNAM VALOUNOVÝCH ANALÝZ LEDOVCOVÝCH SEDIMENTŮ PRO PALEOGEOGRAFICKÉ REKONSTRUKCE PLEISTOCENNÍHO KONTINENTÁLNÍHO ZALEDNĚNÍ JESENICKA

Importance of clast petrological analyses of glacial sediments for palaeogeographical reconstruction of Pleistocene continental glaciation in the Jeseníky area

**Martin Hanáček**

Ústav geologických věd PŘF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: HanacekM@seznam.cz

Centrum polární ekologie, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Na Zlaté Stoce 3, 370 05 České Budějovice

(04-44 Javorník, 14-22 Jeseník)

**Key words:** *clast petrology and provenance, continental glaciation sediments, advance directions of continental glacier, Pleistocene, Rychleby Mts. foothill, Zlaté Hory Highlands*

## Abstract

*Sediments of Middle Pleistocene continental glaciation at the northern foothill of Rychleby Mts. and Zlaté Hory Highland contain clasts of local to Nordic provenance. Local clasts originating from crystalline units of the above-mentioned mountains prevail. These clasts have palaeogeographical importance for a local reconstruction of ice sheet advance directions. General advance direction from NW to SE has been reconstructed basing on local clasts in earlier studies (mainly Gába 1981a, b; Gába – Pek 1999). This interpretation has been based on the fact that the shares of clasts of rocks cropping primarily in NW part of the Rychleby Mts. decrease towards the SE. New, in this contribution presented, interpretation reconstructs the ice sheet advance generally from the North to the South, with variations conditioned by local landscape. Glacial sediments have at each site in the NW–SE direction petrological composition, which corresponds to the lithology of a mountain part south of the site of concern. Gieraltow orthogneiss clasts predominate in glacial deposits of the NW part of the main ridge forefield of Rychleby Mts. The share of amphibolites rises significantly in the forefield of the central part of the Rychleby Mts. main ridge. Feldspar and muscovite quartzites dominate in the area of Sokol Ridge and Zlaté Hory Highlands. The new interpretation presumes the colluvial, alluvial and fluvial transport of the debris towards the northern and north-eastern mountain forefield before the ice sheet advance. Ice sheet advancing from the North eroded and transported this debris towards the South. Preglacial sediments corresponded petrologically to the mountain parts, from which they originated. Thus, glacial sediments have petrological composition, which corresponds to the lithology of those mountain parts, which lies south of the sediment occurrence. Part of the debris has been transported by Nisa Kłodzka River from the West towards the East already before the glaciation.*

*The following pattern could be found in the petrological composition of the glacial sediments gravel fraction. Sediments with monotonous composition of local clasts contain low shares of Nordic and Poland clasts (~2–4 %). On the contrary, sediments with polymict composition of local clasts contain relatively high shares of Nordic and Poland clasts (up to 27 %). Monotonous and distant provenance poor sediments originated at places, where the source preglacial deposits must have been petrologically monotonous considering the lithology of source areas. Concurrently, morphologically conditioned preglacial accumulation of vast lithologically monotonous deposits took place at some places (proximal parts of mountain ridges and saddles foothill). Rather polymict and distant provenance clast rich sediments originated during the later phase of ice sheet decay. Debris from the whole ice sheet body, not only from the glacier base or its front, released to the depositional system at that time. Sites with these sediments are located beyond the mountain foothill, where mixing of debris originating from alluvial fans or rivers flowing from the mountain range took place. Petrologically by far more monotonous sediments have been deposited closer to the mountain foothill.*

*Quartz clasts are mostly of local origin and have together with other clasts been part of preglacial sediments. Part of quartz clasts has been reworked from fluvial deposits of present Poland or they might originate from the Nordic areas.*

## Úvod

Ledovcové sedimenty jesenického regionu, tj. v severním předpolí Rychlebských hor a ve Zlatohorské vrchovině, jsou reprezentovány tilly a dále glacifluviálními a glacilakustrinními uloženinami (Cháb et al. 2004; Žáček et al. 2004). Stratigraficky jsou v poslední době kladeny do elsterského zalednění (Nývlt et al. 2011). Materiálové složení štěrkové frakce těchto sedimentů se vyznačuje převahou hornin místní proveniencí (metamorphy orlicko-sněžnického krystalinika, staroměstského krystalinika, silezika a variské granitoidy). Horniny z nordické oblasti (granitoidy, vulkanity, metamorphy a pískovce baltského štítu a sedimentární horniny jeho paleozoicko-kenozoické platformy) jsou zastoupeny podstatně vzácněji. Původem polské horniny (sudetské porfyry, silicity, pískovce) mají

akcesorické podíly. Nejednoznačnou, i když většinou místní proveniencí, mají klasty křemene, které se také podstatnou měrou podílejí na skladbě štěrkového materiálu těchto sedimentů. Poněkud nejasného původu je bazalt, který může pocházet z různých výchozů v Polsku a z malé části z Rychlebských hor a z nordické oblasti.

Petrografickým studiem štěrkové frakce ledovcových sedimentů Jesenicka se zabývají studie citované dále. Z nich nevýznamnější je monografická práce Gáby–Peka (1999). Písčitou frakci a strukturální znaky sedimentů studovali zejména Kopečný – Pek (1974) a Sikorová et al. (2006). Štěrkové klasty místních hornin byly využity k řešení paleogeografie zalednění studované oblasti (mj. Gába 1981a, b), což je také hlavním předmětem zájmu tohoto příspěvku.

## Metodika

Vzorky pro valounové analýzy byly odebrány ze začistěných profilů pomocí lopatky a normalizovaného síta. Použitá frakce 16–64 mm v b-ose zajišťuje dobrou petrografickou určitelnost klastů a je dostatečně reprezentativní pro studované sedimenty. Místní klasty byly přiřazovány ke konkrétním horninovým typům, klasty nordického a polského původu jsou zahrnuty do jedné provenienční skupiny. Křemenné a bazaltové klasty jsou poznatelné petrograficky, ale ne z hlediska původu. Do kategorie ostatních a neurčitelných hornin spadají petrograficky blíže neidentifikované, byť nejpravděpodobněji místní horniny, a provenienčně ani petrograficky určené horniny. Klasty s nerozpoznaným horninovým typem a původem představují jen první % materiálu. Determinace hornin probíhala většinou makroskopicky, pouze u některých typů mikroskopicky na výbrusech.

Přesnější původ místních klastů byl řešen pomocí geologických map studované oblasti a jejich vysvětlivek (Svoboda et al. 1961; Pouba et al. 1962; Svoboda 1990; Skácelová 1993, 1994; Sawicki 1995; Žáček 1995; Pouba 1996; Cháb et al. 2004; Žáček et al. 2004; Pecina et al. 2005). Dále byla využita práce Gáby – Peka (1999). Podle těchto map byly nakresleny i mapky na obrázku 1.

Valounové analýzy prezentované v tomto příspěvku většinou vycházejí z dřívějších studií autora (Hanáček 2008, 2011, 2012; Hanáček et al. 2013a, b). Dílčí analýzy z geneticky a stratigraficky stejných sedimentů či faciálních asociací na každé lokalitě byly pro tuto studii zprůměrovány. Počet zprůměrovaných analýz frakce 16–64 mm a celkový počet klastů v nich obsažených jsou následující: Písečník (subglaciální sekvence) – 2 analýzy, 1 141 klastů; Písečník (supraglaciální sekvence) – 2 analýzy, 1 093 klastů; Stachlovice – 2 analýzy, 1 185 klastů; Stará kaolínová jáma – 3 analýzy, 3 022 klastů; Kolnovice (vzorky SG1a–SG1f) – 6 analýz, 3 791 klastů; Kolnovice (vzorky G1a–G1e) – 5 analýz, 3 042 klastů; Kolnovice (vzorky G1f a G1g) – 2 analýzy, 1 133 klastů; Kolnovice (vzorky SG2a–G2b) – 4 analýzy, 2 463 klastů; Javorná – 2 analýzy, 1 154 klastů. Průměrné počty klastů se tedy pohybují mezi 547 a 695, pouze na lokalitě Stará kaolínová jáma činí 1 007. Z lokalit Polský kopec a Písečná byla kvůli špatné odkrytosti vyhodnocena v obou případech jen 1 analýza s 695, respektive 679 klasty. Polohu lokalit, výsledky valounových analýz i vztah společenstev klastů ke geologii skalního podloží ukazuje obrázek 1.

## Charakteristika lokalit

### Písečník

Jedná se ploché návrší 0,6 km severně od Javorníku budované miocenními písky, překrytými subglaciálními a supraglaciálními tilly a glaciáluviálními sedimenty. Písečník je interpretován jako drumlin tvořený podložními horninami a na nich ležícími tilly.

Pro ledovcové sedimenty Písečníku je typická hojnost klastů bělošedé až načervenalé dvojslídne ruly, odpovídající gierałtowské ortorule. Tvoří ~73 % klastů subglaciálních sedimentů a ~33 % klastů supraglaciálních

ních sedimentů. Kvarcity, amfibolit, svor, bazalt a světlé granitoidy jsou zastoupeny v desetinách % až prvních %. Grafitický kvarcit a bazalt jsou na Písečníku v porovnání s východněji ležícími lokalitami zdaleka nejpočetnější. Subglaciální sedimenty jsou velmi chudé na nordické a polské horniny (~2,5 %) a křemen (~9 %), zatímco supraglaciální sedimenty jich obsahují více (~12 % nordik a ~19 % křemene). Velmi vzácně se objevuje granulit provenienčně spjatý s gierałtowskou ortorulou.

### Stachlovice

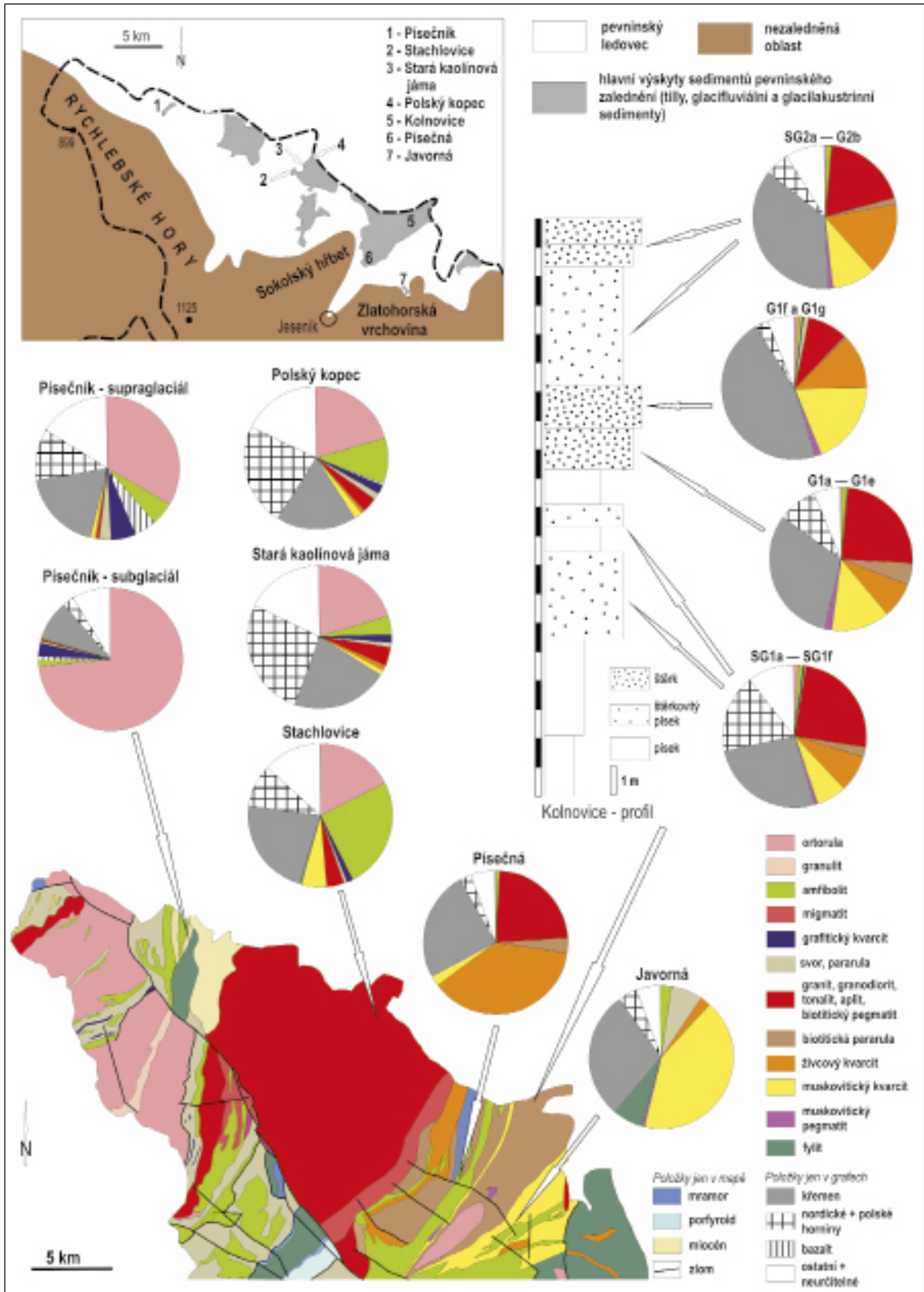
Lokalitou je malá zaniklá pískovna ležící 0,2 km sz od osady Stachlovice na Vidnavsku. Nachází se přímo na horní hraně svahu, kterým je severní okraj Žulovské pahorkatiny omezen proti údolí řeky Vidnavky (Vidnavské nížině). Lokalita odkrývá kontakt členitého paleoreliéfu žulovského masivu s elevacemi a depresiemi, které jsou vyplněny faciálně pestrými ledovcovými uloženinami (šterky, písky a diamiktony). Sedimenty jsou interpretovány jako glacitektonity, melt-out tilly a glaciáluviální sedimenty deponované v subglaciální pozici.

Stachlovice jsou jedinou lokalitou s dominancí amfibolitu ve šterkovém materiálu (~25 %). Následuje bělošedá až načervenalá dvojslídna ortorula gierałtowského typu (~18 %), další horniny sudetského krystalinika jsou zastoupeny v desetinách % až v prvních %. Zajímavý je podíl klastů šedých granitoidů (~3,5 %), jež lze považovat za velmi nízký, vzhledem k pozici ledovcových sedimentů přímo na žulovském masivu a k přítomnosti velkých ostrohranných bloků granitoidů masivu v diamiktonech na lokalitě. Podíl nordických a polských hornin dosahuje ~10 %, podíl křemenných klastů ~23 %.

### Stará kaolínová jáma a Polský kopec

Obě lokality jsou součástí stejné glaciáluviální akumulace jv. od Vidnavy. Ve Staré kaolínové jámě se jedná o sedimenty odkryté těžbou v nadloží kaolínu, druhou lokalitu představuje zaniklá pískovna za vidnavskou skládkou, ve svahu pohraničního návrší neformálně nazývaného jako „Polský kopec“. Na obou lokalitách převládají šikmo korytovitě a planárně zvrstvené šterkovité písky a písky, šedé až šedoohnědé barvy. Podřízené jsou přítomny polohy šterků. V sedimentech je pozorovatelný nahoru zjemňující trend od šterků do písků. V závěru vrstevního sledu jsou na obou lokalitách vyvinuty horizonty glaciáluustrinních písků a siltů (Gába 1992). Nejpravděpodobněji se jedná o sedimenty terminoglaciální až proglaciální výplavové plošiny.

Lokality jsou si velmi podobné i petrograficky. Ve šterkovém materiálu převládá gierałtowská ortorula (~20–21 %), doprovázená zcela ojedinělými klasty granulitu. Podíly amfibolitů kolísají mezi ~4,5 % ve Staré kaolínové jámě a ~11 % na Polském kopci. Šedé granitoidy žulovského masivu jsou stejně jako v sousedních Stachlovicích spíše vzácné (~3,5–4,5 %). Pro Starou kaolínovou jámu i Polský kopec je charakteristický vysoký podíl klastů nordických a polských hornin pohybující se mezi ~23 a 27 %. Zastoupení křemene dosahuje ~18–21 %.



Obr. 1: Poloha lokalit, grafy valounových analýz, schematický profil lokalitou Kolnovice, geologická mapa předkvartérních jednotek.  
 Fig. 1: Localities positions, clast petrology diagrams, sketch section of the Kolnovice locality, geological map of pre-Quaternary units in studied area.

**Kolnovice**

Jedná se o rozlehlou aktivní pískovnu nacházející se 1,5 km severozápadně od Mikulovic, v místě přechodu horského údolí mezi Sokolským hřbetem a Zlatohorskou vrchovinou do otevřeného plochého předpolí Sudet. V přibližně 20 m mocném profilu převládají šikmo planárně a šikmo korytovitě zvrstvené štěrkovité písky a písky s podřízenými polohami masivních štěrků (obr. 1). Akumulace nejspíš představuje proglaciální glaciálu výplavovou plošinu.

Štěrkový materiál se směrem do nadloží vyvíjí v tomto trendu (obr. 1). Pro spodní část profilu (zprůměrovaná analýza ze vzorků SG1a–SG1f, viz Hanáček 2012) jsou typické vysoké podíly šedých granitoidů žulovského masivu (~25 %) a nordických a polských hornin (~18 %). Klasy živcového „pórovitého“ kvarcitu představují ~8 % a muskovitického kvarcitu ~7 %. Podíl křemene činí ~26 %. Ve střední části (G1a–G1e) se složení klastů laterálně značně mění, přičemž šedé granitoidy zůstávají převažující komponentou mezi horninovými klasty (~24 %). Podíl nordik klesá na ~9 %, zastoupení živcového „pórovitého“ kvarcitu zůstává stejné, zatímco muskovitický kvarcit narůstá na ~13 %. Křemenné klasty představují ~31 % štěrku. Ve zhruba 2 m mocné akumulaci hrubého štěrku (G1g a G1f) ve střední části sledu výrazně dominuje křemen (~46 %), z hornin pak muskovitický kvarcit (~19 %) a živcový „pórovitý“ kvarcit (~12 %). Podíl šedých granitoidů klesá na ~9 % a nordických a polských hornin na ~2,5 %. Svrchní část profilu (SG2a–G2b) se vyznačuje opět značnou převahou křemene (~36 %) nad horninovými klasty šedých granitoidů (~20 %), živcového „pórovitého“ kvarcitu (~16 %) a muskovitického kvarcitu (~10 %). Podíl nordik se pohybuje v prvních %. Pro celou akumulaci je charakteristická akcesorická přítomnost klastů muskovitického pegmatitu a granitu (~1 %).

**Písečná**

Lokalitu představuje velká nečinná pískovna při severním okraji obce Písečná, na východním úpatí Sokolského hřbetu. Těžbou je odkryt až 45 m mocný vrstevní sled převážně glaciálu písků, štěrkových písků a štěrků, přičemž mocná poloha hrubozrnného štěrku je vázána na svrchní část profilu v severním úseku pískovny. Jedná se pravděpodobně o terminoglaciální kužel nebo hrubozrnnou deltu situovanou v boční straně údolí řeky Bělé.

Ačkoliv při vlastním výzkumu byla vyhodnocena jen jedna analýza z hrubých štěrků ve svrchní části profilu (obr. 1), další analýzy zpracoval již dříve Gába (1981a, b). Mocná akumulace se podle těchto výsledků jeví petrograficky uniformní a málo polymiktní. Dominuje živcový „pórovitý“ kvarcit, tvořící ~40–50 % štěrkových klastů. Zhruba ~16–29 % klastů tvoří šedé granitoidy, provenienčně vztahované k žulovskému masivu. Nordika jsou vzácná (~2–4 %), podíl křemene kolísá mezi ~15 a 45 %.

**Javorná**

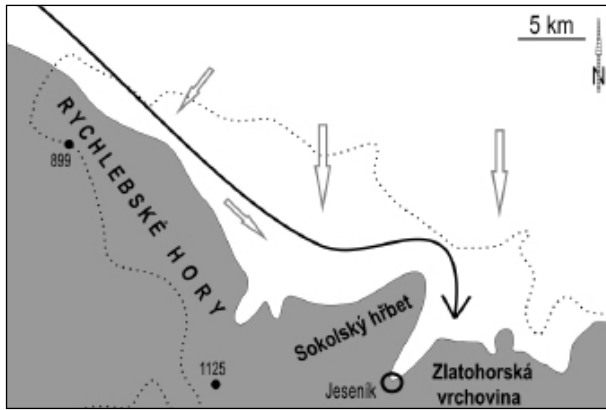
Lokalitou je malá zaniklá pískovna ve Zlatohorské vrchovině, jižně od sedla mezi vrcholy Bílým kamenem

(613 m n. m.) a Strážiskem (610 m n. m.). Odkryté sedimenty jsou součástí nevelké akumulace glaciálu uloženin, která navazuje na subglaciální tily zjištěné v uvedeném sedle. Jedná se o nejvýše položený dosud známý výskyt ledovcových sedimentů v České republice (Gába 1972a; Prosová 1981; Cháb et al. 2004). Glaciálu akumulace se pravděpodobně vyvíjela jako štěrkovito-písčité terminoglaciální kužel, progradující boční stranou údolí říčky Javorné od ledovce, spočívajícího v uvedeném sedle a v jeho severním zápolí.

Petrograficky převažuje muskovitický kvarcit (~41 % klastů). Relativně vysoké podíly svoru a fylitu (každá z obou hornin ~7 %) souvisejí se svorovými a fylitovými vložkami ve zdrojových souvrstvích muskovitických kvarcitů vrbenské skupiny. Muskovitické pegmatity z údolí Bělé představují desetiny % klastů, šedé granitoidy vztahitelné k žulovskému masivu pak setiny %. Podíl nordických klastů je nízký (~4 %), podíl křemene dosahuje ~30 %.

**Interpretace a diskuze****Význam provenienčně místních klastů pro rekonstrukci směru postupu ledovce**

Petrografické složení klastů místního původu je v ledovcových sedimentech značně variabilní, i když každé odpovídá litologii sousedních geologických jednotek (Gába 1974, 1976; Nývlt – Hoare 2000; Sedláček 2008; Hanáček – Nývlt 2009; Šimíček 2009; Štor 2009; Černá et al. 2012). Na Jesenicku vymezili Gába (1977) a Gába – Pek (1999) některé makroskopicky dobře poznatelné místní horniny, obsažené v ledovcových uloženinách, jako tzv. lokální vůdčí souvky a z jejich četnosti v sedimentech vyvozovali závěry o směru postupu pevninského ledovce na severním předpolí Rychlebských hor a Zlatohorské vrchoviny. Jelikož podíly klastů pocházejících z hlavního hřebene Rychlebských hor klesaly ve směru SZ–JV, stanovili shodně i směr šíření ledovce. Směr SZ–JV souhlasil s orientací širokého údolí Odry v jižním Polsku, kudy se měl ledovec generelně šířit (Gába 1976). Úbytek klastů sledovaných hornin v sedimentech ve směru postupu ledovce byl vysvětlován zředovací efektem způsobeným novým materiálem zakomponovaným do subglaciální zóny během pohybu ledovce, dále pak rozpadem a ukládáním těchto klastů (Gába – Pek 1999). Instruktivním příkladem klesajícího trendu v zastoupení klastů z hlavního hřebene Rychlebských hor je četnost grafitického kvarcitu, jenž v ledovcových sedimentech Javornicka představuje max. 14 %, na Vidnavsku a Žulovsku první % a na v. straně Sokolského hřbetu již jen desetiny procenta štěrkového materiálu ledovcových sedimentů (Gába – Pek 1999). Podobný trend zjistili Gába – Wójcik (1990) u klastů sudetského porfyru v rámci jižního Polska a severní Moravy. Petrografické složení i orientace klastů v tillu u Skorošic na Žulovsku rovněž jasně ukazuje na postup ledovce od SZ na JV, tj. podél severovýchodního úpatí hlavního hřebene Rychlebských hor (Gába 1972b). Podle petrografické skladby štěrkového materiálu lokality Písečná rekonstruoval Gába (1981a, b) směr šíření zalednění následovně: ledovec postupoval podél úpatí hlavního hřebene Rychlebských hor na JV, pak se stáčil podél Sokolského hřbetu na V–SV



Obr. 2: Bíle: zaledněná oblast, šedě: nezaledněná oblast. Černá šipka: směr postupu pevninského ledovce podle Gáby (1981). Bílé šipky: směr postupu ledovce podle tohoto článku.

Fig. 2: White: glaciated area. Grey: non-glaciated area. Black arrow: advance direction of continental glacier after Gába (1981). White arrows: advance directions of continental glacier interpreted in this study.

a poté, již na východní straně Sokolského hřbetu, se stočil na J a postupoval k Písečné (obr. 2).

Till u Skorošic obsahuje 19% klastů xylitu, který má primární výchozy v Uhelné, sz. od skorošické lokality, a rovněž většina protáhlých klastů v tomto tillu je orientována ve směru SZ–JV (Gába 1972b). Tyto doklady jsou dostatečně průkazné k rekonstrukci postupu ledovce ve stejném směru, ale omezují se jen na okolí lokality a nelze je zobecňovat pro celou studovanou oblast. Některé jiné geomorfologické doklady tento směr nepotvrzují. Orientace drumlinu Písečnicku naznačuje na Javornicku směr postupu ledovce na JZ (Hanáček et al. 2013b). V oblasti Žulovské pahorkatiny měl ledovec sledovat údolí Vidnavky a postupovat tedy od S k J, s odchylkami v závislosti na reliéfu krajiny (Vídeňský et al. 2007). Terénně podmíněnou změnu směru šíření ledovce potvrzují i analýzy orientací protáhlých klastů v tillech na sv. úpatí Biskupské kupy na Osoblažsku (Hanáček – Nývlt 2009) i rekonstrukce ze Šluknovské pahorkatiny (Nývlt 2001).

Rozdíly ve složení štěrkového materiálu ledovcových sedimentů lze v souvislosti s postupem ledovce vysvětlit i jinak. Ještě před vlastním zaledněním docházelo v horských oblastech vlivem glaciálního klimatu k intenzivnímu mrazovému rozpadu výchozů. Vznikalo obrovské množství detritu, který byl ve studované oblasti koluviálně, aluviálně a fluviálně transportován ze svahů Rychlebských hor a Zlatohorské vrchoviny severovýchodním a severním směrem a uložen na plochem předpolí horstev. Vzhledem k litologii pohoří musely být koluviální, aluviální a fluviální sedimenty v předpolí severozápadní části hlavního hřebene Rychlebských hor značně bohaté na klasty gierałtowské ortoruly, v předpolí střední a jihovýchodní části téhož hřebene pak na amfibolity. V předpolí Sokolského hřbetu a Zlatohorské vrchoviny musely tyto sedimenty velmi hojně obsahovat živcový „pórovitý“ a muskovitický kvarcit. Materiál z hlavního hřebene Rychlebských hor byl pak dále částečně fluviálně transportován zhruba severovýchodním až východním směrem, souhlasně s depresí Nysy Kłodzkiej, takže byla jeho část zanesena až do předpolí Sokolského

hřbetu a Zlatohorské vrchoviny. Pevninský ledovec postupující do studované oblasti generálně od S a nikoliv od SZ všechny tyto uloženiny erodoval a jejich materiál transportoval zpět k J, na úpatí a úbočí Rychlebských hor a Zlatohorské vrchoviny. Deprese mezi Sokolským hřbetem a Zlatohorskou vrchovinou (údolí Bělé) mohla být zaledňována současně s glaciací Vidnavské nížiny a Žulovské pahorkatiny (obr. 2). Na polském území sz. od Javornického výběžku je ve vlastní depresi Odry směr pohybu ledovce předpokládán také od SZ na JV, ale v prostoru mezi Odrou a Sudetským pohořím jsou rekonstruovány směry na J, JZ, JV (Badura et al. 1998). Ledovcová redepozice klastů provenienčně sudetských hornin ze sekundárních výskytů v neogenních a preglaciálních kvartérních sedimentech severního předpolí horstva je doložena i z Opavska a Hlučínska (Kodymová 1964). K rozsáhlému aluviálnímu a fluviálnímu transportu materiálu z hlavního hřebene Rychlebských hor a Zlatohorské vrchoviny do jejich severovýchodního a severního předpolí docházelo i během následujících glaciálů, kdy už pevninský ledovec do studované oblasti nezasáhl (Cháb et al. 2004; Pecina et al. 2005). Klasty granitoidů žulovského masivu, hojně v Kolnovicích a Písečné, mohl ledovec získávat rovněž z preglaciálních kvartérních sedimentů, případně přímo z výchozů v přilehlém Polsku, severně od obou lokalit, protože zde žulovský masiv vystupuje k povrchu. Nízký podíl těchto klastů ve Staré kaolínové jámě a na Polském kopci lze vysvětlit pozicí těchto lokalit nad kaolinizovanou částí žulovského masivu, ze které nevznikal pevný detrit. V případě Stachlovic produkoval žulovský masiv převážně velmi hrubý detrit (až dm velké angulární klasty), vázaný navíc jen na polohy glacitektonitů.

Provenienčně místní štěrkový materiál ledovcových uloženin Písečnicku, Stachlovic, Staré kaolínové jámy, Polského kopce a Kolnovic bude z největší části pocházet z preglaciálních aluviálních a fluviálních sedimentů, čemuž nasvědčuje už jejich poloha v plochem reliéfu, v místech, kde se aluviální a fluviální akumulace tvořily i během mladších glaciálů (Cháb et al. 2004; Pecina et al. 2005). Tuto interpretaci podporují i tvarové analýzy klastů, které pro Písečnicku ukazují téměř vyrovnané podíly suboválných a subangulárních tvarů (stupnice podle Powerse 1953), pro Kolnovice pak převahu suboválného stupně zaoblení. U lokalit Javorná a Písečná lze vzhledem k jejich pozici předpokládat významnější roli preglaciálních koluvií a eventuálně výchozů jako zdrojů materiálu ledovcových sedimentů. V Písečné převládá u klastů nejhojnější komponenty (živcového „pórovitého“ kvarcitu) subangulární zaoblení (Gába 1981a) a v Javorné spadá ~80% klastů nejhojnější složky (muskovitického kvarcitu) do kategorií velmi angulární až subangulární (Hanáček 2011). Právě pro koluvia je ostrohrannost klastů typická (Růžičková et al. 2003). V případě Kolnovic, Písečné a Javorné ukazují na redepozici většiny materiálu ze starších sedimentů i napačně nízké podíly klastů amfibolitu na těchto lokalitách (~1–2,5%). Amfibolit je přitom jednou z hlavních hornin bělského údolí i okolních svahů Sokolského hřbetu a Zlatohorské vrchoviny. V sedimentech uvedených lokalit se ale významně uplatňují živcový „pórovitý“ a muskovitický

kvarcit, budující severní části těchto hor, kde se amfibolito-  
vá tělesa tolik nevyskytují. Právě severní části Sokolského  
hřbetu a Zlatohorské vrchoviny musely být hlavními zdroji  
materiálu pro preglaciální koluviální, aluviální a fluviální  
sedimenty, které progradovaly do později zaledněného  
předpolí těchto pohoří. Původ části materiálu v preglaci-  
álních sedimentech Bělé naznačuje akcesorický výskyt  
klastů muskovitického pegmatitu a granitu v Kolnovicích  
a Javorné, jehož primární původ lze vztáhnout k drobným  
tělesům vystupujícím právě v údolí Bělé.

Xylitové klasty skorošických tillů ledovec získal erozi  
výchozů v oblasti Uhelné, protože tato hornina se na stavbě  
hlavního hřebene Rychlebských hor nepodílí, ale vyskytuje  
se v miocenní pánvi na jejich dnešním úpatí (Gába 1972b).  
Xylit tedy dokazuje, že v okolí Skorošic postupoval ledovec  
od SZ na JV.

### **Rozdíly v provenienci a polymiktosti štěrkového materiálu ledovcových sedimentů**

Významné disproporce existují v podílech klastů  
vzdálené (nordické a polské) proveniencie. Průměrně vyšší  
zastoupení těchto hornin v ledovcových sedimentech ulo-  
žených v předpolí hlavního hřebene Rychleb oproti údolí  
Bělé bylo vysvětlováno rolí Sokolského hřbetu jako pře-  
kážky v severozápadně-jihovýchodním postupu ledovce  
i pozicí většiny lokalit v údolí Bělé na periférii zalednění  
ve vyšších nadmořských výškách (Gába 1974). Velmi ní-  
zkými podíly klastů vzdáleného původu se vyznačují lokality  
Písečná, Javorná a subglaciální sekvence na Písečniku,  
pro něž je zároveň charakteristická malá polymiktost  
s dominancí určité složky vysloveně místního materiálu.  
Nízké podíly nordických a polských klastů se objevují  
i ve svrchní části glacifluviální akumulace v Kolnovicích.  
Na druhou stranu jsou některé sedimenty na nordické  
a polské klasty mnohem bohatší (Stará kaolínová jáma,  
Polský kopec a spodní část akumulace v Kolnovicích). Pro  
tyto sedimenty je zároveň typická vysoká polymiktost  
bez převahy některé z komponent. K těmto lokalitám  
lze přičíst i supraglaciální sedimenty na Písečniku, které  
sice neobsahují tolik provenienčně vzdálených klastů, ale  
jejich podíl výrazně narůstá oproti podložním subglaci-  
álním sedimentům stejné lokality (z ~2,5 na 12 %). Nízce  
polymiktí a na nordické a polské klasty chudé sedimenty  
vznikly v místech, kde i zdrojové preglaciální uloženiny  
musely být vzhledem k litologii snosových oblastí petro-  
graficky monotónní. Zároveň na některých z těchto míst  
došlo před zásahem ledovce k morfologicky podmíněné  
značné akumulaci tohoto horninově jednotvárného mate-  
riálu (preglaciální koluvia a aluvia lemující Sokolský hřbet  
a sedlo mezi Bílým kamenem a Strážiskem u Javorné).  
Velmi polymiktí a na nordické a polské klasty bohaté  
sedimenty vznikly v pozdější fázi odtávání ledovce, kdy  
se do sedimentárního systému dostával materiál z celého  
ledovcového tělesa a nikoliv jen z báze nebo od čela ledovce.  
Podobná závislost složení klastů na dodávání materiálu  
z englaciální pozice byla zjištěna i v severních Čechách  
(Nývlt – Hoare 2000). Lokality s těmito sedimenty leží  
dále od horského úpatí, kde před zaledněním docházelo  
k míchání materiálů z různých aluviálních kuželů a řek,

směřujících z pohoří, zatímco blíže úpatí horstev byly tyto  
sedimenty petrograficky mnohem monotónnější. Tuto  
představu podporuje petrografické složení sedimentů  
na Vidnavsku (Stará kaolínová jáma, Polský kopec, Stachlo-  
vice), kde narůstají podíly amfibolitu, ale zároveň zůstávají  
zachovány vysoké podíly gierałtowské ortoruly. Vidnavsko  
před zaledněním představovalo oblast směšování materiálu  
přinášeného ze sz. části hlavního hřebene Rychleb s mate-  
riálem přinášeným z centrální a jihovýchodní části hřebene.  
Nízký podíl provenienčně vzdálených klastů na lokalitě  
Stachlovice, sousedící s lokalitami Stará kaolínová jáma  
a Polský kopec, je zapříčiněn odlišnou pozicí těchto lokalit  
v rámci ledovcového systému. Ve Stachlovicích se jedná  
o subglaciální uloženiny s materiálem derivovaným nejspíš  
ze štěrku preglaciální Vidnavky, jejíž deprese lokalitu ze  
severu ohraničuje. Dokladem je nezvykle vysoký podíl am-  
fibolitových klastů ve Stachlovicích, které jsou dominantní  
složkou i mladších sedimentů uložených v údolí Vidnavky  
(Pecina et al. 2005). Stachlovice jsou tedy geneticky pří-  
buzné subglaciálním sedimentům na Písečniku. Naproti  
tomu představují Stará kaolínová jáma a Polský kopec  
glacifluviální uloženiny výplavové plošiny, materiálově  
dotované z různých částí ledovce. Těmto dvěma lokali-  
tám se zase geneticky podobají supraglaciální sedimenty  
na Písečniku, které vznikly vertikálním odtáváním ledovce,  
takže získávaly klasty i z vyšších částí ledovcového tělesa  
(z englaciálního prostředí). V případě Kolnovic může být  
vertikální proměnlivost petrograficko-provenienčního  
složení zapříčiněna i přínosem materiálu z různých částí  
dlouhého ledovcového čela během agradace sedimentů  
této proglaciální výplavové plošiny, jelikož plošina se vy-  
víjela až v době, kdy ledovec ustoupil z bezprostředního  
úpatí hor a v plochem reliéfu mohl mít dlouhý a západo-  
východně protáhlý okraj (Hanáček 2012). Rápidní pokles  
podílu klastů vzdáleného původu v mocné štěrkové vrstvě  
v Kolnovicích (vzorky G1f a G1g) je pravděpodobně také  
výsledkem vysokoenergetických podmínek transportu  
během její akumulace, protože materiál je zjevně nabo-  
hacen o mechanicky odolné horniny (křemen a kvarcitu).  
Významně se uplatnila i průměrně větší hrubozrnnost  
tohoto sedimentu, jelikož nordické a polské klasty jsou  
hojnější v jemnozrnnějších uloženinách.

### **Proveniencie křemene**

Dřívější výzkumy ukazují na převážně místní původ  
křemenných klastů v ledovcových sedimentech Jesenicka,  
ačkoliv část křemene může být polské až nordické prove-  
niencie (Gába 1974, 1976). Většina indicií nasvědčuje míst-  
nímu původu převážně části křemenných klastů. Na každé  
z lokalit se hojně vyskytují (někdy i převažují) klasty tvoře-  
né nejen křemenem, ale i zbytky okolních hornin a jejich  
minerály, podle nichž lze dovodit primární zdroje křemene.  
Na Písečniku se jedná o načervenalé živce, slídy, granát  
a kvarcit. Načervenalé živce lze vztáhnout ke gierałtowské  
ortorule. V Kolnovicích jsou běžnou součástí křemen-  
ných klastů bílé živce a slídy, ojediněle andaluzit, amfibol,  
sillimanit a granát. Bílé živce a slídy indikují souvislost  
křemenných klastů s místními pegmatity (v Kolnovicích  
tvoří pegmatity až ~5,5 % klastů) a živcovým „porovitým“

kvarcitem, andaluzit se vyskytuje ve svorech údolí Bělé. Sillimanit a granát jsou běžnými minerály biotitické až sillimanit-biotitické pararuly, která tvoří skalní podloží mezi Kolnovicemi a Písečnou a zároveň obsahuje křemenné čočky. V Javorné tvoří ve frakci 16–64 mm asi 6–11 % klastů křemen s polohami slíd a se zbytky fylitu, svoru a vzácněji amfibolitu. Zhruba 50 % klastů tohoto křemene vykazuje angulární až velmi angulární stupeň zaoblení, dalších ~40 % klastů je subangulárních. Podle těchto znaků pocházejí v Javorné křemenné klasty se zbytky horniny z čoček v metamorfitech okolní vrbenské skupiny.

V sedimentech u Javorné byl zjištěn tento vztah mezi zaoblením křemene a podíly klastů vzdáleného a místního původu. S růstem podílů provenienčně vzdálených hornin narůstá i podíl oválného a dokonale oválného křemene a naopak, angulární a velmi angulární křemen je nejčastější v sedimentech s vysokými podíly místních hornin (Hanáček 2011). V podstatě stejný trend byl pozorován i na Písečnicku. Oválný a dokonale oválný křemen může pocházet z fluviálních sedimentů Polska nebo až z nordické oblasti.

Celkově popsané výsledky potvrzují původní názory na převážně místní původ křemene v ledovcových sedimentech Jesenicka.

### Závěry

Podle skladby místních klastů ledovcových sedimentů lze postup ledovce v severním předpolí Rychlebských hor a Zlatohorské vrchoviny rekonstruovat generálně ve směru S–J s lokálními terénně podmíněnými odchylkami. Zdroji místního materiálu ledovcových uloženin byly hlavně koluviální, aluviální a fluviální sedimenty, vzniklé v glaciálních klimatických podmínkách a progradující z pohoří do plochého předpolí, které bylo následně pokryto pevninským ledovcem.

Ledovcové sedimenty s nízkými podíly nordických a polských klastů se zároveň vyznačují celkově slabou polymiktností. Uložily se blíže k pohoří, kde zdrojové preglaciální sedimenty byly petrograficky rovněž jednotvárné a kde místy došlo k morfoloogicky podmíněné akumulaci těchto zdrojových sedimentů. Naproti tomu vznikaly ledovcové sedimenty s vysokými podíly nordických a polských klastů a celkově vysokou polymiktností dále od pohoří, kde i zdrojové sedimenty byly kvůli předchozímu smíchání materiálu v preglaciálním období mnohem polymiktnější. Zároveň se během pokročilejší fáze deglaciacce dostával do sedimentárního systému ve větší míře materiál ze všech částí ledovce.

Výzkum potvrdil dřívější názory na převážně místní původ křemenných klastů.

### Poděkování

Vznik článku byl podpořen projektem OPVK 2.4 PasGeo Partnerská síť pro spolupráci a aplikace v geoenvironmentálních a geotechnických oborech, reg. č. CZ.1.07/2.4.00/31.0019. Velmi děkuji Martinu Palečkovi z České geologické služby za spolupráci na tvorbě generalizované geologické mapy studované oblasti, která se stala základem pro zjednodušenou mapku v tomto příspěvku. Vlastivědnému muzeu v Šumperku a jmenovitě jeho pracovníci paní Evě Petrášové děkuji za ochotné zpřístupnění rukopisu práce Z. Gáby „Dokumentace a výzkum těžené lokality Písečná“. Danielu Nývltovi z Geografického ústavu Přírodovědecké fakulty MU děkuji za přeložení anglických částí textu. Recenzentu Danielu Šimíčkovi z Katedry geologie Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci jsem zavázán za připomínky k rukopisu tohoto článku.

### Literatura

- Badura, J. – Krzyszkowski, D. – Przybylski, B. (1998): Stratygrafia glin lodowcowych, liczba zlodowaceń i kierunku transportu lodowcowego w południowej części przedgórze sudeckiego (okolice Ząbkowic), Polska południowo-zachodnia. – Biuletyn Państwowego instytutu geologicznego, 385, 29–48.
- Černá, B. – Nývlt, D. – Engel, Z. (2012): A buried glaciofluvial channel in the Anděl Col, Northern Bohemia: new evidence for the Middle Pleistocene ice sheets extend in Western Sudetes. – Geografie, 117, 127–151.
- Gába, Z. (1972a): Nejzazší výskyty uloženin kontinentálního zalednění na Jesenicku. – Časopis Slezského muzea (A), 21, 135–139.
- Gába, Z. (1972b): Souvková hlína ze Skorošic a směr pohybu pevninského ledovce. – Zprávy Vlastivědného ústavu v Olomouci, 155, 23–28.
- Gába, Z. (1974): Valounové analýzy ledovcových uloženin na Jesenicku. – Časopis Slezského muzea Opava (A), 23, 49–56.
- Gába, Z. (1976): Valounové analýzy vodně ledovcových uloženin moravskoslezské oblasti. – Časopis Slezského muzea (A), 25, 57–62.

- Gába, Z. (1977): Petrografie ledovcových souvků jesenické oblasti ve Slezsku. – Práce odboru přírodních věd Vlastivědného ústavu v Olomouci, 30, 39 s.
- Gába, Z. (1981a): Dokumentace a výzkum těžené lokality Písečná – MS, Vlastivědné muzeum v Šumperku, 91 s.
- Gába, Z. (1981b): Uložení kontinentálního ledovce u Písečné na severní Moravě. – Časopis Slezského Muzea Opava (A), 30, 3, 241–253.
- Gába, Z. (1992): Profil ledovcovými uloženinami u Vidnavy ve Slezsku. – Časopis Slezského muzea (A), 41, 167–172.
- Gába, Z. – Pek, I. (1999): Ledovcové souvky moravkoslezské oblasti. – Okresní vlastivědné muzeum v Šumperku.
- Gába, Z. – Wójcik, J. (1990): Sudetské porfyry jako vůdčí souvky v ledovcových uloženinách Polska a ČSFR. – Časopis Slezského Muzea (A), 39, 59–65.
- Hanáček, M. (2008): Valounové analýzy glaciálu sedimentů na lokalitě Stará kaolínová jáma u Vidnavy na Jesenicku. – Časopis Slezského zemského muzea (A), 57, 222–236.
- Hanáček, M. (2011): Sedimenty terminoglaciací kuželu v údolí Javorné na Zlatohorsku. – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 96, 61–86.
- Hanáček, M. (2012): Glaciálu výplavová plošina u Kolnovic a její srovnání s terminoglaciací kužely mezi Sokolským hřbetem a Zlatohorskou vrchovinou u Jeseníku. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku 19, 17–25.
- Hanáček, M. – Nývlt, D. (2009): Subglaciální šterkovité tilly u Jindřichova na Osoblažsku. – Časopis Slezského zemského muzea (A), 58, 193–214.
- Hanáček, M. – Nývlt, D. – Nehyba, S. (2013a): Depositional settings of the Pleistocene continental glaciation sediments in the foothills of Rychleby Mountains and Zlate Hory Highlands, Sudetes Mts., Czechia. – In: XX Konferencja Stratygrafia plejstocenu Polski Plejstocen przedpola Sudetów Środkowych Lasocin, 2.–6. 9. 2013 r., 51–55.
- Hanáček, M. – Nývlt, D. – Nehyba, S. (2013b): Písečník u Javorníku - drumlin se zachovalou sukcesí subglaciálních a supraglaciálních sedimentů. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 20, 22–29.
- Cháb, J. – Čurda, J. – Kočandrl, J. – Manová, M. – Nývlt, D. – Pecina, V. – Skácelová, D. – Večeřa, J. – Žáček, V. (2004): Základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000, list 14-224 Jeseník s Vysvětlivkami. – Česká geologická služba.
- Kodymová, A. (1964): Petrografické složení ledovcových sedimentů na Opavsku a Hlučínsku a jeho význam pro stratigrafii. – Antropozoikum, A, 2, 73–83.
- Kopečný, V. – Pek, I. (1974): Petrografické složení souvkových hlin na Vidnavsku a Osoblažsku. – Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Rerum Naturalium, 46, 25–50.
- Nývlt, D. (2001): Main advance directions and maximum extent of Elsterian ice sheet in the eastern part of the Šluknov Hilly Land, Northern Bohemia, Czechia. – Slovak Geological Magazine, 7, 231–235.
- Nývlt, D. – Engel, Z. – Tyráček, J. (2011): Pleistocene glaciations of Czechia. – In: Ehlers, J., Gibbard, P. L., Hughes, P. D. (eds.): Quaternary Glaciations – Extent and Chronology Part IV – a closer look. Developments in Quaternary Science, Elsevier, 37–46.
- Nývlt, D. – Hoare, P. G. (2000): Valounové analýzy glaciálu sedimentů severních Čech. – Věstník Českého geologického ústavu, 75, 121–126.
- Pecina, V. – Čurda, J. – Hanáček, M. – Kočandrl, J. – Nývlt, D. – Opletal, M. – Skácelová, D. – Skácelová, Z. – Večeřa, J. – Žáček, V. (2005): Základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000, list 14-221 Žulová s Vysvětlivkami. – MS, Česká geologická služba.
- Pouba, Z. (1996): Geologická mapa ČR. Mapa předčtvrtohorních útvarů 1 : 200 000, list Jeseník. – Český geologický ústav.
- Pouba, Z. – Dvořák, J. – Kužvart, M. – Mísař, Z. – Musilová, L. – Prosová, M. – Röhlich, P. – Skácel, J. – Unzeitig, M. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000, list M-33-XVIII Jeseník. – Ústřední ústav geologický.
- Powers, M. C. (1953): A new roundness scale for sedimentary particles. – Journal of Sedimentary Petrology, 23, 117–119.
- Prosová, M. (1981): Oscilační zóna kontinentálního ledovce. Jesenická oblast. – Acta Universitatis Carolinae, Geologica, 3, 265–294.
- Růžičková, E. – Růžička, M. – Zeman, A. – Kadlec, J. (2003): Kvartérní klastické sedimenty České republiky. Struktury a textury hlavních genetických typů. – Česká geologická služba, 68 s.
- Sawicki, L. (1995): Mapa geologiczna regionu Dolnośląskiego z przyległymi obszarami Czech i Niemiec (bez utworów czwartorzędowych) 1 : 100 000. – Państwowy instytut geologiczny.
- Sedláček, J. (2008): Studium sedimentů kontinentálního zalednění ve východní části Opavska. – MS, diplomová práce, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, 75 s. Brno.
- Sikorová, J. – Víšek, J. – Nývlt, D. (2006): Texture and petrography of glacial deposits in the northern foothill of the Hrubý Jeseník and Rychlebské Mts., Czechia. – Geological Quarterly, 50, 3, 345–352.
- Skácelová, D. (1993): Geologická mapa ČR 1 : 50 000. List 14-21 Travná. – Český geologický ústav.
- Skácelová, D. (1994): Geologická mapa ČR 1 : 50 000. List 04-43 Bílý Potok. – Český geologický ústav.
- Svoboda, J. (1990): Geologická mapa ČSSR. Mapa předčtvrtohorních útvarů 1 : 200 000. List Náchod. – Ústřední ústav geologický.
- Svoboda, J. – Chaloupský, J. – Bernard, J. – Dornič, J. – Kaláček, J. – Klein, V. – Malkovský, M. – Mísař, Z. – Pacovská, E. – Pauk, F. – Řežáč, B. – Skácel, J. – Soukup, J. – Tásler, R. – Vodička, J. – Zrůstek, V. (1961): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000, M-33-XVII Náchod. – Ústřední ústav geologický.
- Šimíček, D. (2009): Studium sedimentů kontinentálního zalednění v Bohušovské pískovně na Osoblažsku. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 16, 42–47.
- Štor, T. (2009): Architekturní a litofaciální analýza glaciálu sedimentů výplně Václavického subglaciálního koryta na lokalitě Grabštejn. – MS, diplomová práce PŘF UK, 66 s. Praha.
- Vídeňský, A. – Nývlt, D. – Štěpančíková, P. (2007): Příspěvek k otázce vzniku granitoidních elevací v západní části Černovodské pahorkatiny, žulovský batolit. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 14, 35–39.
- Žáček, V. (1995): Geologická mapa ČR 1 : 50 000. List 14-22 Jeseník. – Český geologický ústav.
- Žáček, V. – Čurda, J. – Kočandrl, J. – Nekovařík, Č. – Nývlt, D. – Pecina, V. – Skácelová, D. – Skácelová, Z. – Večeřa, J. (2004): Základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000, list 14-222 Vidnava s Vysvětlivkami. – Česká geologická služba.