

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



**OSCILAČNÍ ZÓNA KONTINENTÁLNÍHO ZALEDNĚNÍ
V LUŽICKÝCH HORÁCH**

**MARGIN OF THE SCANDINAVIAN GLACIATION IN THE
LUŽICKÉ HORY MOUNTAINS**

Bakalářská práce

Martin Hložek

Vedoucí práce: RNDr. Zbyněk Engel, Ph.D.

Varnsdorf 2009

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

Varnsdorf, 20. 5. 2009

.....

podpis

Poděkování

Chci tímto poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce RNDr. Zbyňku Engelovi, Ph.D., který věnoval svůj čas a poskytnul mi důležité rady, připomínky a potřebné materiály. Děkuji také konzultantovi RNDr. Danielu Nývtovi, Ph.D. za poskytnutí materiálů k práci. Poděkování patří též rodině, která mě podporuje během studia.

Abstrakt

Tato práce poskytuje souhrn dosavadních poznatků o dosahu, projevech a stratigrafickém zařazení kontinentálního zalednění v oblasti Lužických hor. Skandinávský ledovec do okrajové části severních Čech zasáhl prokazatelně ve středním pleistocénu, a to v několika vlnách. V oblasti zanechal relikty glaci-fluviálních, glaci-lakustrinních a glaci-genních sedimentů. Vzhledem k omezenému počtu výzkumů na severním svahu Lužických hor je důležité se při rekonstrukci dosahu skandinávského kontinentálního ledovce touto oblastí zabývat.

Klíčová slova: kontinentální zalednění, pleistocén, Lužické hory, severní Čechy

Abstract

This thesis provides a summary of the published knowledge about extent and stratigraphy of the Quaternary ice sheet glaciation in the Lužické hory Mountains. The scandinavian ice sheet covered parts of the Northern Bohemia in a few onsets within the Middle Pleistocene. The glaciation is evidenced by existing glaci-fluvial, glaci-lacustrine and glaci-genic accumulations. Observations of the Quaternary glaciations in the Lužické hory Mountains are limited and further research could bring new knowledge about extent of the continental ice sheet in this area.

Key words: ice sheet glaciation, Quaternary, Lužické hory Mountains, Northern Bohemia

Obsah

1. Úvod.....	6
1.1 Fyzickogeografická charakteristika Lužických hor	6
2. Metodika	10
3. Výzkumy zalednění v oblasti.....	12
3.1 Práce ovlivněné driftovou teorií	12
3.2 Výzkumy od konce 19. století do 2. světové války.....	13
3.3 Práce publikované od konce 40. let do sklonku 20. století	17
3.4 Nejnovější studie v severních Čechách	26
4. Možnosti využití metody tvrdoměrných měření	29
5. Diskuze	30
6. Závěr.....	32
Seznam citovaných informačních zdrojů	33
Seznam příloh	38

1. Úvod

Ve své bakalářské práci se zaměřuji na dosah kontinentálního zalednění v oblasti Lužických hor a jejich bezprostředním okolí. Hlavním důvodem je nízký počet studií zabývajících se dosahem zalednění na severních svazích tohoto pohoří. Kromě severních svahů Lužických hor bylo prokazatelně zaledněno území Šluknovské, Frýdlantské a Ralské pahorkatiny, Žitavské pánve, západní a severní podhůří Jizerských hor a také oblasti Slezska a severní Moravy - Opavsko, Ostravsko, severní svahy Hrubého Jeseníku a Rychlebských hor. Někteří autoři soudí, že byl ze severu zaledněn labský kaňon až do Děčína (mj. R. Grahmann 1957, L. Eissmann 1995, 2002). I přes relativně velké množství dosavadních prací v širším okolí Lužických hor neexistuje jednotný názor na stáří zalednění, případný počet zásahů ledovcových náporů, jejich dosah a projevy.

Lužické hory a Ještědsko-kozákovský hřbet představovaly v glaciálech bariéru, kterou ledovec překročil Jítravským (424 m n. m., viz obr. 1), případně i Horním sedlem (459 m n. m.). Ledovcové splazy zasáhly na jih do povodí Ploučnice celkem třikrát, a to v obou elsterských zaledněních a také během prvního sálského glaciálu (F. Králík 1989). Některé práce však upozornily pouze na jediný průnik ledovce mezi Lužickými horami a Ještědsko-kozákovským hřbetem (např. L. Eissmann 1995, 2002). I z tohoto důvodu je další studium dosahu pleistocénních zalednění ve střední Evropě žádoucí.

1.1 Fyzickogeografická charakteristika Lužických hor

Lužické hory tvoří členitou vrchovinu až plochou hornatinu severozápadní části Krkonošsko-jesenické subprovincie. Rozkládají se na území o rozloze 235 km² (A. Chvátalová 2000), přičemž část ležící ve Spolkové republice Německo (*Zittauer Gebirge*) je podstatně menší. Celek Lužické hory se na českém území dělí na podcelky Lužický hřbet a Kytlická hornatina, zatímco na straně německé zůstává dále nedělen. Hranici s Ještědsko-kozákovským hřbetem tvoří mírné sedlo mezi vrchy Hřebeny (530 m n. m.) a Ostrý vrch (507 m n. m.) u obce Horní Sedlo, často stejnojmenně označované. Významnější Jítravské sedlo (viz níže) je situováno již mimo Lužické hory. Nejvyšším vrcholem je hraniční hora Luž (793 m n. m.). Pro polohu Lužických hor a podrobné geomorfologické členění celé oblasti viz obr. 2.

Vlivem poměrně pestré geologické stavby jsou části Lužických hor tvořeny odlišnými tvary reliéfu. Geologickým podložím severní části pohoří jsou staro- až prvohorní granitoidní

horniny lužického plutonu, vyzdvižené během saxonských terciérních pohybů podél Lužického zlomu (A. Chvátalová 2000). Droby, nacházející se severně od Jedlové, které vznikly pravděpodobně na přelomu archaika a proterozoika, patří mezi nejstarší horniny v oblasti, avšak jsou plošně nevýznamné (B. Balatka 1987). Prvohorní pískovce a prachovce se v malém množství dochovaly na severních svazích. Většina území je však tvořena svrchnokřídovými kvádrovými pískovci. (A. Chvátalová 2000). Střední a západní část Lužických hor je tvořena coniackými až santonskými křemennými pískovci, zatímco turonské pískovce se vyskytují především ve východních partiích (B. Balatka 1987). Pískovcová skalní města jsou vyvinuta zejména na německém území. V terciéru byl zarovnaný povrch Lužických hor během saxonské tectogeneze penetrován vulkanity (bazalt, trachyt, fonolit), jejichž vypreparovaná tělesa vytvářejí typické kuželovité vrchy a táhlé hřbety. Lávové příkrovy byly silně rozrušeny (A. Chvátalová 2000). V západní části pohoří byly na Lužickém zlomu výjimečně vyvělečeny kry jurských vápenců, slepenců a slínů. Z hlediska tématu práce je velmi důležitý na východě sousedící podcelek Hrádecká pánev. Je budován granity a krystalickými břidlicemi a překryt částečně třetihorními sedimenty (B. Balatka 1987).

Střední výška celého pohoří činí 509,2 m; v Chřibskokamenické kotlině dosahuje pouze 367,4 m, naopak v Lužském hřbetu 540,8 m (J. Demek 1987). Výšková členitost Lužických hor se pohybuje mezi 200–400 m; v morfologicky výraznější Kytlické hornatině dosahuje až 500 m, a to vzhledem k přítomnosti úzkých až kaňonovitých údolí. Střední sklon svahů se pohybuje okolo 8–9°, přičemž platí pravidlo větších středních sklonů svahů v územích s větší výškovou členitostí (A. Chvátalová 2000).

Lužickým hřbetem prochází hlavní evropské rozvodí. Z většiny území je voda odvedena hlavními toky Ploučnicí (německy *Polzen*), Kamenicí a jejich přítoky do Labe a Severního moře. Významnějším přítokem Ploučnice je v rámci pohoří Svitavka a Boberský potok. Do Baltského moře odvádí vodu z východní části hlavně Lužická Nisa (*Lausitzer Neisse*) a ze severozápadních partií především Lužnička (*Lausur*).

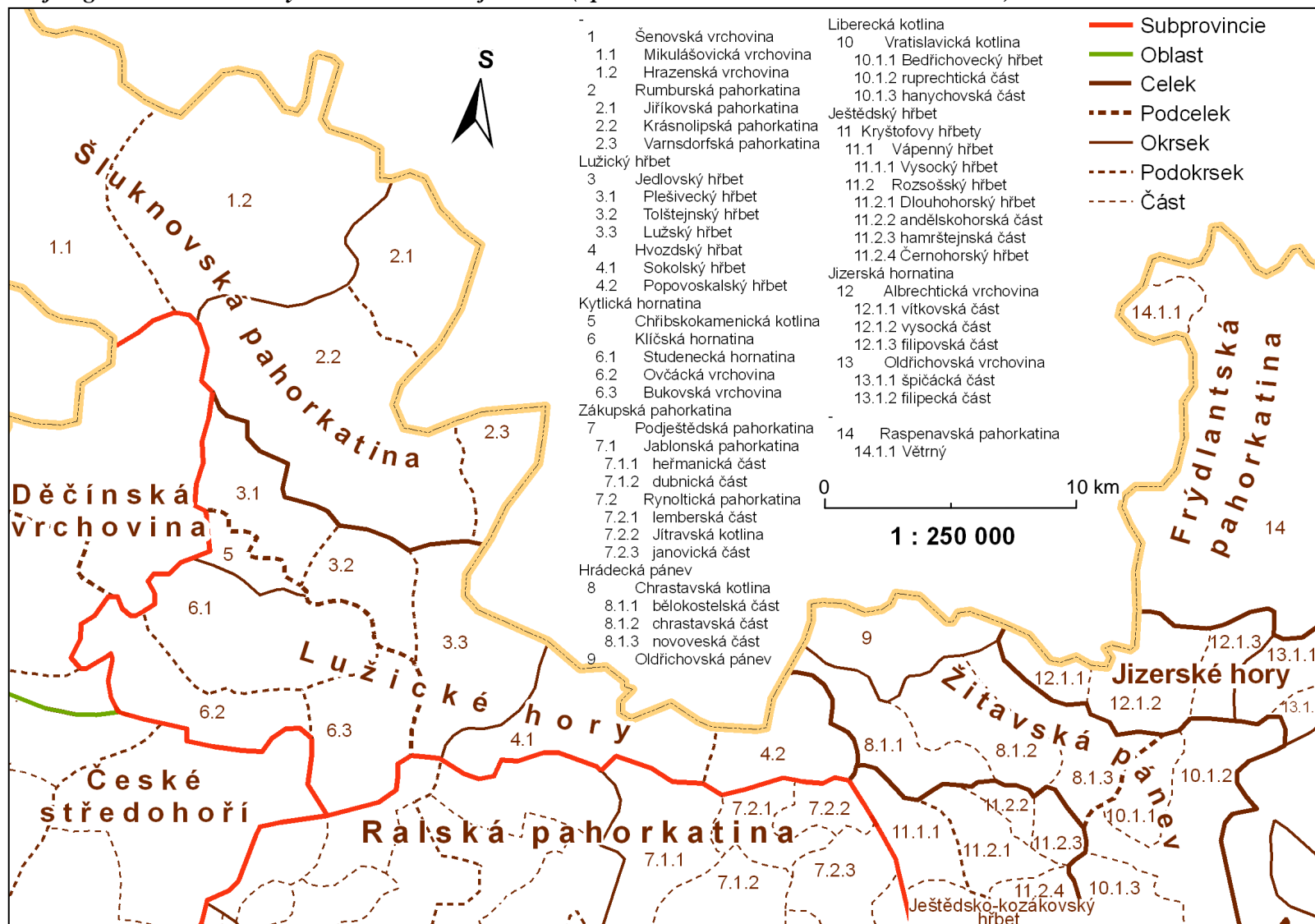
Klimaticky náleží oblast k chladnější části mírně teplé oblasti (MT2, E. Quitt 1971). Průměrná roční teplota vzduchu v nižších polohách se pohybuje mezi 6–7 °C, v nejvýše položených partiích dosahují teploty průměrných hodnot 5–6 °C (B. Balatka 1987). Roční úhrn srážek se pohybuje mezi 700–1000 mm. Nejdeštivější je oblast hory Jedlové (774 m n. m.). Fenoménem Lužických hor bývají značné rozdíly povětrnostních podmínek na severních a jižních svazích (B. Balatka 1987).

Vegetační kryt tvoří především antropogenní smrkové monokultury, méně časté jsou plochy původních bučin s typickým podrostem. Lesnatost převyšuje hodnotu 60 %. Tato situace značně ztěžuje identifikaci vhodných tvarů ledovcové eroze, které mohou být využity při rekonstrukci dosahu zalednění na severním svahu Lužických hor. Významná flóra s glaciálními relikty (hvězdnice alpská apod.) se nachází na vrcholu Klíče (760 m n. m.). Zvláštností Lužických hor je výskyt uměle vysazeného kamzíka horského a muflona horského. Charakteristická horská fauna je vzácná (B. Balatka 1987).

Obr. 1 Studovaná oblast Lužických hor s okolím



Obr. 2 Geomorfologické členění Lužických hor a okolních jednotek (upraveno dle B. Balatka – J. Kalvoda 2006)



Pozn.: Označeny jsou geomorfologické jednotky v Lužických horách a jednotky, ve kterých bylo doloženo nebo se předpokládá kontinentální zalednění.

2. Metodika

Podstatnou část bakalářské práce zaujímá souhrn dosavadní publikované literatury, kterou jsem rozdělil do několika časových period. Výzkum zalednění prošel za necelých 150 let rapidními změnami. Nejstarší práce, publikované do poloviny 70. let 19. století, byly ovlivněny tzv. driftovou teorií. Od těchto názorů bylo následně upuštěno, ale i přesto měly práce do 20. – 30. let 20. století převážně popisný charakter. Od této doby probíhaly podrobnější studie. Snahou bylo přibližně datovat pozůstatky zalednění, zřídka se prováděl podrobný petrologický a paleontologický průzkum. V poválečné době se zájem soustředil především na sedimentologii a petrografii ledovcových akumulací společně s podrobným výzkumem říčních teras. V horizontu posledního desetiletí se využívají v rámci severních Čech zcela nové metody. Příkladem je určení teoretického součkového centra a stanovení stáří deglaciace radionuklidovou metodou (viz kapitolu 3.4).

Považuji za vhodné zabývat se v rešerši kromě zalednění severních svahů Lužických hor, respektive širší oblasti Horní Lužice, také Hrádeckou pánví a Ralskou pahorkatinou. Důvodem je mnohem větší počet prací a širší okruh poznatků z těchto oblastí v porovnání se studii na severních svazích Lužických hor. U nejnovějších výzkumů se podrobněji věnují také Šluknovské pahorkatině a oblasti Oldřichovské vrchoviny v Jizerských horách, poněvadž zde byly užity nové výzkumné metody a vysloveny nové názory v otázce zalednění severních Čech.

Druhým dílčím tématem práce je vytipování vhodných terénních tvarů v domnělé oscilační oblasti ledovce na severních svazích Lužických hor pomocí níže uvedené metodiky. Série tvrdoměrných měření na těchto místech by v budoucnu mohla sloužit k lepšímu poznání dosahu čela ledovce do podhůří Lužických hor.

Stanovení a výzkum maximálního dosahu kontinentálního zalednění je založen na identifikaci “střižných“ linií (*trimline*). Je to přibližná hranice, po jejíž úroveň probíhala ledovcová eroze podloží. Nad touto hranicí se během glaciálů nacházely periglaciální oblasti, charakterizované vývojem suťových polí, mrazových srubů a dalších typických tvarů. Z těchto okolností je zřejmé, že povrch přemodelovaný a obnažený ledovcem je vystaven exogenním geomorfologickým vlivům mnohem kratší dobu a bývá zpravidla odolnější než horniny nad *trimline*. Proto se linie označuje také jako limit zvětrávání (*weathering limit*) reflektující náhlé změny v odolnosti hornin. Nejlépe se dosah zalednění hodnotí v oblastech

prostých vegetace a zasažených ledovci během viselského glaciálu. Právě díky vegetaci a překrytí pozdně pleistocénními a holocénními sedimenty či odstranění především fluviální erozí je výzkum v Lužických horách znesnadněn.

K absolutnímu určení stáří glaciálních a extraglaciálních částí reliéfu slouží například izotopové datování kosmogenních prvků (mj. C. Ballantyne et al. 1998, D. Nývlt 2008). Používá se také mineralogická metoda zkoumající zastoupení jednotlivých jílových minerálů nad a pod limitem zvětrávání (C. Ballantyne et al. 1998, B. Janásková – M. Koubová 2007, B. Janásková 2009a).

Podstatně jednodušší metodou určení stáří povrchu hornin jsou tvrdoměrná měření Schmidt hammerem na základě procentuální hodnoty odskoku mlátku (*rebound value*). Relativní stáří povrchu je tím větší, čím nižší je tvrdoměrná hodnota. Toto pravidlo platí i při zohlednění efektu drsnějšího klimatu ve vyšších nadmořských výškách (C. Ballantyne et al. 1998). Často bývají rozdíly v hodnotách nad a pod limitem zvětrávání značné. Tvrdoměrná měření byla použita například na severním svahu Jizerských hor, spolu s mapováním morfolgie skalních výchozů, souvislých balvanitých akumulací a měřeními skalních mís (mj. A. Traczyk – Z. Engel 2006, B. Janásková – M. Koubová 2007, B. Janásková 2009b).

Dílčím cílem této práce je výběr profilů v terénu, které budou mít generelně příčný směr vůči severním svahům Lužických hor a budou probíhat od úpatí svahů k vrcholovým partiím. Tyto transekty by měly kopírovat vrcholové partie hřbetů a tudíž mít podobné erozní a akumulační poměry, což umožní jejich porovnání. Případné výrazné morfologické tvary (např. tory, kamenná moře, oblíky) na těchto profilech by v budoucnu posloužily k rekonstrukci *trimline*, resp. oscilační zóny ledovce na svazích Lužických hor. Důraz by byl kladen především na tvrdoměrná měření na zmíněných skalních výchozech. Tento postup byl aplikován na severním svahu Jizerských hor (mj. B. Janásková 2009a, 2009b).

3. Výzkumy zalednění v oblasti

3.1 Práce ovlivněné driftovou teorií

V samých počátcích bádání se hlavním zdrojem otázek staly nejnápadnější doklady glaciálních dob – eratické (bludné) balvany. Podle některých názorů byly tyto mnohdy obří horninové bloky výsledkem mohutných erupcí v oblasti dnešního severního Německa. Tyto domněnky vyvrátil jako jeden z prvních Johann Wolfgang von Goethe (J. Sitte 1932, L. Eissmann 2002), který zjistil shodu tohoto materiálu se severskými žulami a předpokládal transport materiálu ledovcovými krami. Jeho názory tak předznamenaly zrod tzv. driftové teorie (viz níže). Nová epocha v obecném geologickém bádání nastala po uveřejnění takzvané driftové teorie skotským geologem Sirem Charlesem Lyellem (Ch. Lyell 1830). Autor věřil, že severský materiál byl transportován prostřednictvím ledovcových ker a při jejich tání sedimentoval na mořské dno (Ch. Lyell 1830, 1838). Tyto domněnky byly vyvráceny švédským geologem O. Toremlem. Ten roku 1875 v Rüdersdorfu u Berlína na základě zkoumání exaráčnicích rýh a zbroušení vápencových výchozů položil základ teorie o kontinentálním zalednění částí střední Evropy (J. Sitte 1932). Objasnil tak transport nordického materiálu z oblasti Skandinávie a Baltského moře.

Mezi nejstarší výzkumy zalednění v oblasti Lužických hor patří práce O. Friedricha (1871), který se zmínil o existenci skandinávského ledovce. V severním Německu se podle jeho názoru rozkládalo v pleistocénu (resp. dřívější termín diluviál) moře, jehož pobřeží zasahovalo až do Horní Lužice. Nalezené písky, slíny, jíly a nordický materiál byly zaneseny jak silnými mořskými proudy, tak ledovcovými krami. Konkrétně uvedl nálezy pazourků z okolí Varnsdorfu, Seifhennersdorfu, Großschönau, Zittau a spolu s nimi našel také další nordický materiál u Krompachu (*Krombach*), Jablonného v Podještědí (*Gabel*) apod. Nejzářší výskyt baltických pazourků byl ve starší literatuře označován jako “pazourková linie“ (*Feuersteinlinie*, O. Friedrich 1871 aj.).

H. Credner (1875) byl také stoupencem driftové teorie. Podle rozložení podobných diluviálních sedimentů i na jižní straně Lužických hor předpokládal existenci moře také v této oblasti. Uvádí několik metrů mocné štěrkové a pískové sedimenty obsahující nordický materiál a nacházející se v údolí Ploučnice (*Polzen*), tedy od Jítravy (*Pankratz*), přes Žandov (*Sandau*) a Českou Lípu (*Böhmisch Leipa*) do Děčína (*Tetschen*). Nejmocnější vrstvy sedimentů (až 18 m) se nacházejí u Jablonného v Podještědí, tedy několik kilometrů severně od toku

Ploučnice. Diluviální moře mělo podle Crednerových názorů podobu zátoky, jeho hladina dosahovala přes 407 m nad dnešní hladinou moře. Ta byla spojena s otevřeným mořem úžinou v oblasti Českosaského Švýcarska a měla pokračování v mostecké pánvi. Absenci nordického materiálu v této pánvi však uspokojivě nevysvětlil.

Jedna z prvních zmínek o možnosti postupu ledovce k našemu území je ve stručné studii E. Danziga (1886), který současně nevyločil možnost existence moře v podhůří Lužických hor. Jedním ze dvou bodů zájmu E. Danziga bylo Jítravské sedlo (*Freudenhöhepass*, 420 m n. m.), kde předpokládal přesun severského materiálu dále k jihu. Dle něj však nebylo Jítravské sedlo jedinou transportní lokalitou. Nálezy severského materiálu (pazourky, různé variety žul) spolu s materiálem místním (krystalické břidlice, lužický granit apod.) hlásil z Lückendorfu, Oybina, Heřmanic (*Hermsdorf*) a Krompachu, a to až do výšky 530 m n. m. Zaměřil se také na fenomén severního svahu Hvozdu (*Hochwald*, 749 m n. m.). Pod rozhraním pískovcového a znělcového geologického podloží tam autor podrobil zkoumání množství znělcových bloků (přemístěných tedy po svahu na pískovcové podloží), které byly nakloněny vůči horizontále. Podle E. Danziga byly znělcové bloky transportovány tavnými vodami ledovce situovaného ve vrcholových partiích Hvozdu (!). Nevylučoval ani glacienní činnost ledovce stékajícího s Hvozdu, poněvadž našel na povrchu bloků exarční rýhy.

3.2 Výzkumy od konce 19. století do 2. světové války

Všeobecným trendem studií tohoto časového horizontu je upouštění od Lyellovy driftové teorie. Názory jednotlivých autorů na pleistocénní zalednění se poměrně lišily, a to především z hlediska určení dosahu ledovce a stáří dokladů jeho činnosti. Navíc se v této době vyvíjelo několik teorií zalednění. Jednou z nich byla například Geikieho teorie (J. Geikie 1894), popisující šest glaciálů. Jiným názorem byla Soergelova, taktéž polyglacistická teorie (W. Soergel 1925) či kvadriglacistický Penck – Brücknerův systém (1909). Ve 20. a 30. letech již probíhaly studie zaměřující se na sedimentologii a petrografii sedimentů, které však až na výjimky nebyly příliš podrobné. V celém tomto období se také autoři již okrajově zabývali studiem říčních teras.

Předpoklad fluviálního transportu nordického materiálu byl vysloven J. Hibschem (1896). Dokladem byl nález nordického materiálu na lokalitě zvané *Fock'schen Höhe* v Děčíně. Nordický materiál se podle J. Hibsche vyskytuje v rámci akumulace vysoké labské terasy jen u Děčína. Domníval se tedy, že se do lokality materiál dostal z pramenné oblasti

Ploučnice. Výskyt nordického materiálu v okolí Děčína zmiňoval i v pozdějších pracích (např. J. Hibsche 1899).

A. Slavík (1897) kladl plošně největší zalednění, které zasáhlo až do severních Čech, do glaciálu saského (viz tab. 1). Vycházel tehdy z Geikieho systému glaciálů (J. Geikie 1894), v nichž saské zalednění bylo označeno za druhé nejstarší. Hovořil především o zásahu Frýdlantského výběžku. Varnsdorfsko a Rumbursko považoval za lokality pouze sekundárního uložení materiálu. Ledovec zasáhl na Chrastavsku do nadmořské výšky maximálně 407 m; autor tedy nepočítal s překročením některého sedla dále na jih. Uložení v údolí řeky Ploučnice popsal autor jako sekundární. Slavík se jako jeden z mála autorů zmínil o otázce horského zalednění Lužických hor, které na základě výzkumů nadmořské výšky sněžné čáry v Krkonoších zamítl.

Okrajově se zalednění oblasti Lužických hor věnoval V. Dědina (1914). Jako hlavní zalednění uvedl, podobně jako A. Slavík (1897), saské zalednění (viz tab. 1), dosahující severně od Ještědsko-kozákovského hřbetu, a polské, jehož linie probíhala severněji. Do Podještědí a terasového systému Labe se nordický materiál dostal druhotně (V. Dědina 1914).

Tab. 1 *Názory předválečných autorů na zařazení, příp. stáří zalednění v oblasti Lužických hor*

Autor	Doložené zalednění v oblasti Lužických hor	Výchozí polyglacistický systém
A. Slavík (1897)	saské (2. glaciální epocha)	Geikieho (1894)
V. Dědina (1914)	saské (2. glaciální epocha)	Geikieho (1894)
B. Müller (1933)	2. nápor sálského zalednění (185 000 ky BP)	Soergelův (1925)
R. Grahmann (1934)	1. a 2. nápor elsterského zalednění	Penckův – Brücknerův (1909)
B. Müller (1939)	2. nápor sálského zalednění	Soergelův (1925)
B. Müller (1940)	2. nápor sálského zalednění (450 000 ky BP)	Soergelův (1925)

V práci G. Berga (1928) je uvedeno, že v polském podhůří Krkonoš sice zasáhl ledovec až do 540 m n. m., avšak autor nesouhlasil s předpoklady překročení Jítravského sedla nebo dalších sedel ledovcem dále do Čech.

W. Vortisch provedl podrobný petrografický rozbor glacigenních, glacialakustrinních a glacifluviálních sedimentů. Petrografický rozbor akumulací v takovém rozsahu byl v předválečné době výjimkou. Ve své práci se zajímal především o mocné uložení v okolí Jablonného v Podještědí (W. Vortisch 1925). J. Sitte se v oblasti Lužických hor věnoval otázce zalednění z paleontologického hlediska (J. Sitte 1932, 1934).

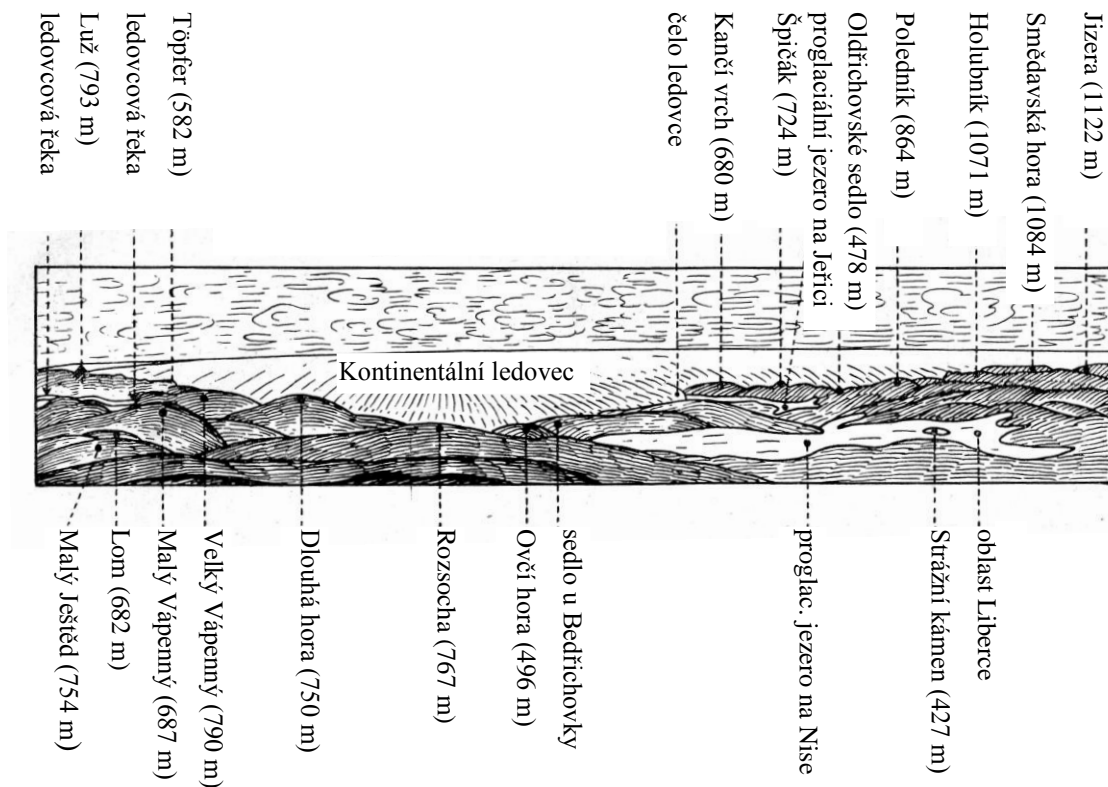
Stěžejními předválečnými pracemi týkajícími se zalednění oblasti Lužických hor byly články B. Müllera. Novým přístupem byla korelace pleistocenních zalednění s Milankovičovými cykly klimatických změn. Autor zmínil devět zalednění, z nichž nejstarší (labské, ozn. I. a) probíhalo před 592 000 lety a nejmladší (viselské, IV. c) před 22 500 lety (B. Müller 1933). Vycházel ze systému zalednění podle W. Soergela (1925). I přes svůj největší plošný rozsah ve střední Evropě do zkoumané oblasti nezasáhla druhá vlna elsterského zalednění (II. b); naopak zásadní význam mělo mladší sálské zalednění (III. b, 185 000 ky BP). Mocnost okraje ledovce se pohybovala kolem 200 m (B. Müller 1933).

B. Müller tvrdil (1933), že při překonání Jítravského sedla ledovcem vznikl z tavných vod nový tok (tzv. "Praploučnice"). Tento na svém horním toku v podstatě kopíroval tok dnešního Panenského potoka a transportoval horninový materiál dále do povodí. V Jítravě dosahují akumulace glacifluviálního materiálu 30 m, v Zákupích (*Reichstadt*) ještě 20 m. Kromě mocných glacifluviálních sedimentů mezi Uhelnou (*Kohlige*) a Václavicemi (*Wetzwalde*) zkoumal i glacialakustrinní uložení. Z nich zmiňoval páskované jíly (varvy) především u Bílého Kostela nad Nisou (*Weisskirchen an der Neisse*). Glacigenní akumulace čelních a bazálních morén nacházel v pánevní oblasti mezi Hrádkem nad Nisou (*Grottau*), Chrastavou (*Kratzau*) a Zittau. Zdůrazňoval přitom mocnější akumulace na Varnsdorfsku, Rumbursku a Šluknovsku. Uložení mají především písčité a štěrkopískový charakter. U nalezených fragmentů severských žul rozeznal různé odrůdy (ålandská, stockholmská, rapakivi). Snažil se též korelovat terasový systém Nisy s glaciály. Dle něj má Nisa tři terasy, odpovídající viselskému (nejnižší), vartskému a sálskému zalednění (B. Müller 1933).

V další práci (B. Müller 1939) rovněž popsal izostatické pohyby zemské kůry při účincích tlaku ledovce. Odhadl mocnost ledovce v jeho čelních partiích na ~340 m. Při vtékání řek do ledovcové masy vznikala hrazená jezera; konkrétně zmínil přirozenou nádrž na Je-

řici (pravý přítok Lužické Nisy) v okolí Oldřichova v Hájích (viz obr. 3). Byla doložena písčitými sedimenty s množstvím pazourků. Po ústupu zalednění tok Ploučnice měnil průběh. Horní tok odpovídal dnešnímu Panenskému potoku a střední úsek probíhal jihozápadním směrem přes Mimoň a následně k západu. Směr toku se mj. měnil v závislosti na izostatických změnách po odlehčení zemské kůry. Oblast Hrádecké pánve byla spolu s Frýdlantskem vyzdvižena. Naopak původně nezaledněné části povrchu mírně poklesly.

Obr. 3 Představa o kontinentálním zalednění v severních Čechách (dle B. Müller 1940)



Ve třetí studii (B. Müller 1940) datoval ledové doby nikoliv již dle Milankoviće, ale opíral se o málo známého Spitalera. I proto nyní kladl průběh sálského zalednění do období před 450 000 lety (viz tab. 1). Potvrdil nezasažení Hrádecké pánve elsterským zaledněním. Důležitým bodem jeho poznatků byla zmínka o glaciotektonických projevech v Žitavské pánvi. Spolehlivým dokladem zalednění je provrásnění terciérních lignitových slojí v této oblasti. Při předpokladu kolmého tlaku na podélnou osu vrás lze tedy poměrně přesně odhadnout směr postupu ledovce. Materiál bazálních morén autor zkoumal v místech mezi Václavicemi a Uhelnou a jejich mocnost na základě vrtů odhadl na 50 m (B. Müller 1940). V uloženinách našel kromě nordického materiálu i horniny místní či z blízkého okolí (bazalt, rumburská

žula, krystalické břidlice, rula atp.). Jítravské sedlo bylo jediné v oblasti Lužických hor, jež překročil kontinentální ledovec. A to i přesto, že některá sedla dosahují dnes nižší nadmořské výšky než Jítravské sedlo. Tuto situaci Müller vysvětlil změnou výškových poměrů až po ústupu ledovce (B. Müller 1940). Kromě již zmíněného jezera na Jeřici se autor zmínil i o přirozené vodní nádrži na Lužické Nise (viz obr. 3).

Někteří současníci B. Müllera s časovým zařazením glaciálních dokladů nejsevernějších Čech nesouhlasili a kladli je již do elsterského zalednění. Příkladem může být práce R. Grahmanna (1934), který s jistotou uvažoval pouze o třech pleistocénních zaledněních ve střední Evropě (elsterské, sálské, viselské). Šluknovskou a Frýdlantskou pahorkatinu spolu s Hrádeckou pánví zasáhlo elsterské zalednění, přesněji jeho dvě, lokálně snad i tři, vlny (v okolí Löbau). Velmi zajímavé je kartografické vyjádření linie elsterského zalednění i na severních svazích Lužických hor (viz obr. 4). Této oblasti je bezpochyby věnována v odborné literatuře jen okrajová pozornost. Mocnost ledovce odhadl R. Grahmann v okolí Zittau na ~200 m. Silnější nápor ledovce se uskutečnil v první vlně elsterského zalednění. V Horní Lužici byl nordický materiál zatlačen až do nadmořské výšky 500 m, zatímco v západním Sasku o 100 m níže. Uvedl nálezy štěrkového a nordického materiálu z povodí Ploučnice až v korytu Labe u saské Pirny. Materiál se dostal přes sandry dále do povodí Ploučnice při překročení zmíněného Jítravského sedla ledovcem. Uložení bazálních morén popsal jako málo dochované, tmavě šedé s velkým podílem jílu. Mocnost v předpolí Lužických hor dosahuje maximálně 5–10 m (Bischofswerda, Kiesdorf auf dem Eigen). Naopak glaci-fluviální sedimenty tavných vod označil v oblasti žitavské pánve za mocné několik desítek metrů. Sálské zalednění mělo dle R. Grahmanna tři postupové fáze a zasáhlo ze severu maximálně do okolí Löbau. Zde našel zbytky morén, u kterých však s jistotou nedokáže vyhodnotit příslušnost k elsterské či sálské době ledové. Viselské zalednění již Sasko nezasáhlo (R. Grahmann 1934).

3.3 Práce publikované od konce 40. let do sklonku 20. století

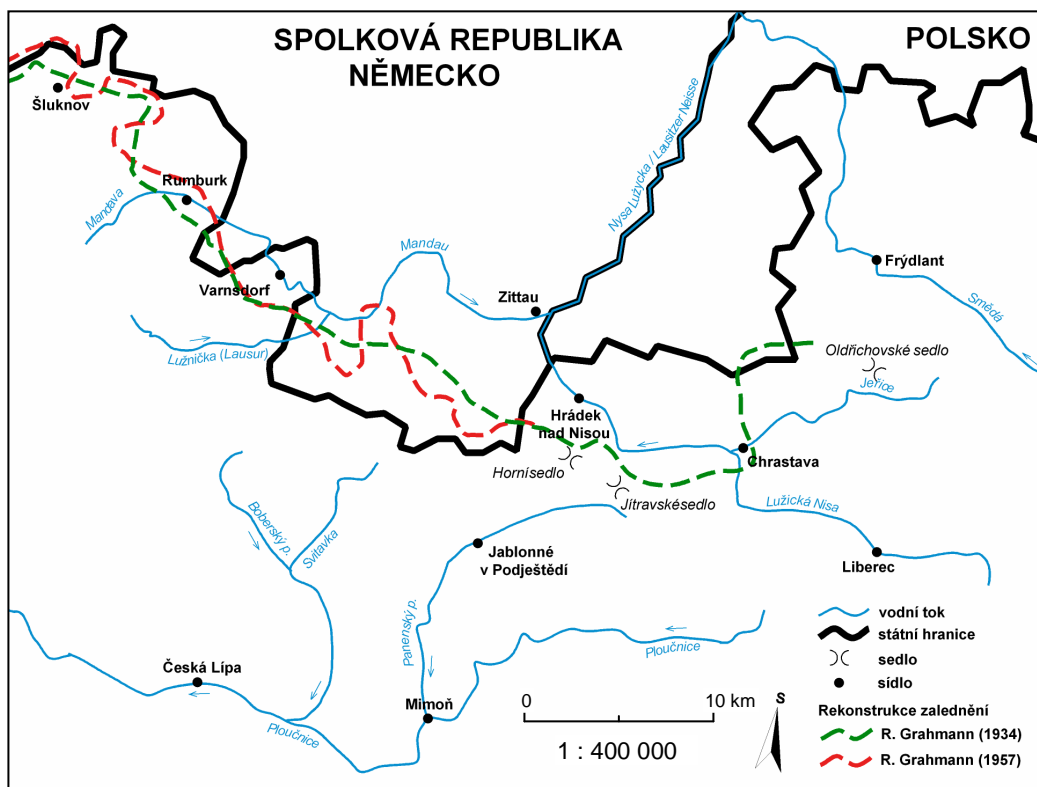
První poválečné výzkumy probíhaly v oblasti Lužických hor na sklonku 40. let. V tomto období byla podrobně studována sedimentologie a petrologie ledovcových sedimentů, především od počátku 60. let. Významné studie se zaměřily na průzkum terasového systému řeky Ploučnice. Výzkumy se již opíraly o velké množství informací z geologických vrtů. Nejvíce prací bylo publikováno v 60. a 80. letech, přičemž v druhém období byl získán obsáhlý soubor nových poznatků o kontinentálním zalednění severních Čech.

Stručně se o diluviálních štěrcích a štěrkopískách zmínil F. Prokop (1948b). Uvedl rozšíření v okolí Václavic, Chotyně, Bílého Kostela nad Nisou apod. Nalezl v místním materiálu pazourky a různé druhy severských žul.

Z německých autorů se zalednění oblasti věnoval okrajově P. Woldstedt (1950). Nejrozsáhlejší zalednění zmiňoval za elsterského glaciálu. Ledovec, v souladu se staršími autory, dle něj překročil Jítravské sedlo, za nímž se vytvořila rozsáhlá výplavová plošina. Zdůraznil mocné glacifluviální sedimenty v Horní Lužici. U sálského zalednění uvažoval, stejně jako R. Grahmann (1934), že byla zasažena maximálně oblast kolem Löbau.

Na konci 50. let navázal na své předválečné práce R. Grahmann (1957). Největší zalednění opět kladl do elsterského zalednění; v údolí Labe zasáhlo minimálně k Bad Schandau, avšak počítal s možným vstupem až do Děčína. Upozorňoval totiž na morénový charakter materiálu na místě tzv. *Fock'schen Höhe*. Grahmann opět publikoval mapu dosahu zalednění na německé straně Lužických hor, kterou uvedl již ve 30. letech 20. století (R. Grahmann 1934, viz obr. 4). Autor došel k závěru, že zalednění zasáhlo na našem území i k Liberci. Masa ledovce (označená "Lužický ledovcový proud") se pohybovala od severu až severovýchodu, což doložil směrem zbroušení na nalezených horninách v Lužici.

Obr. 4 Rekonstrukce pleistocénního zalednění v oblasti Lužických hor (dle R. Grahmann 1934, 1957)



Z. Hokr (1951) popsal v okolí Hrádku nad Nisou glacifluviální sedimenty. Především štěrkopísky zmíněné geneze, nacházející se u Uhelné, považoval za mocné minimálně 16 m. Počítal však s maximální mocností okolo 25 m. Autor si všiml typického křížového zvrstvení sedimentů, o kterém se ostatně zmínili již předváleční autoři (mj. B. Müller 1933). Ve shodě s B. Müllerem (1940) považoval zvrásnění lignitových slojí za glacitektonický doklad pohybu ledovce.

Na konci 50. let se objevilo několik výzkumů z nedalekého Frýdlantského výběžku (Z. Lochmann 1958, V. Morch 1958 a další), ve kterých bylo zpochybněno zalednění severních Čech. Autoři se opírali o absenci nálezů morén, eskerů, drumlin, eratických balvanů atp. Naopak našli glacifluviální písky či štěrkopísky. Oblast si tedy představovali jako soustavu výplavových plošin v předpolí ledovce, který měl zasahovat maximálně do jižního okolí Górlitz.

Říčními terasami řeky Ploučnice a Panenského potoka se důkladně zabývali T. Gregor s K. Tesaříkem (1959). Rozlišili celkem šest kvartérních terasových akumulací označených I.–VI. Nejstarší terasa (úroveň I.) náleží do elsterského zalednění (mindelu). Materiál terasových akumulací nad soutokem s Panenským potokem se odlišuje absencí nordického materiálu a lužického granitu (T. Gregor – K. Tesařík 1959). Terasové akumulace jsou úzce spjaty s materiálem glacifluviálních sedimentů. Umožňují následnou stratigrafickou korelaci pozůstatků severského zalednění s materiálem extraglaciálních oblastí. Materiál říčních teras umožňuje také korelaci severského a alpského zalednění. Nejvhodnějším místem studia říčních teras v severních Čechách je právě oblast řeky Ploučnice a jejího přítoku Panenského potoka.

J. Sekyra (1961) zastával názor, že ledovec zasáhl do nadmořské výšky 400–450 m, výjimečně i výše. Předpokládal tedy, že nejen Jítravské sedlo (424 m n. m.) bylo překročeno. Pohyb ledovce byl dle autora ztížen existencí výraznějších elevací vulkanického původu. Tyto, především čedičové vrcholy, tak představovaly de facto nunataky. Dodnes mají vrcholy asymetrický průběh svahů, který tedy může odpovídat deterzní a detrakční činnosti ledovce. Exarační rýhy však kvůli silnému zvětrání nenalezl. Hlavním problémem byl podle něj malý rozsah glaciálních uloženin a jejich nedokonalé určení a zařazení. Mocnost glacifluviálních a glacialakustrinních sedimentů podle J. Sekyry dosahuje lokálně přes 20 m. Sedimenty odpovídají především oscilacím kataglaciální fáze zalednění a nejsou stratigraficky významné. Uloženiny morén jsou nedostatečné, J. Sekyra uvažoval o překrytí mladšími sedimen-

ty. Souhlasil s B. Müllerem (1933) a Z. Hokrem (1951) v otázce glacitektonických deformací lignitových slojí. Přidal též obdobný příklad s deformací štěrkopísků (J. Sekyra 1961).

Jítravské sedlo považoval J. Sekyra (1961) za důležitý bod při určování dosahu zalednění. Ledovcový jazyk měl dosahovat v sedle mocnosti ~50 m. V souladu se staršími autory (mj. R. Grahmann 1934) popsal vznik sandru a následný přesun horninových částic do povodí Ploučnice a tokem Labe do Saska. Čelní moréna jižně od Jítravského sedla nebyla dostatečně prozkoumána, koresponduje však s morénymi středního Polska a Německa. Materiál výplavové plošiny koreloval J. Sekyra s terasou Ploučnice ze sálského zalednění, které podle autora mělo v okolí Lužických hor největší rozsah. Vyjádřil se také k místní morfologické zajímavosti – Bílým (též Sloním) kamenům. Vzhledem k blízkosti Jítravského sedla (1,5 km východně) nevyloučil u těchto zaoblených skalních výchozů deterzní činnost ledovce.

V. Šibrava s J. Václem (1962) se zmínili o mocných sedimentech v okolí Uhelné, které podrobili průzkumu již někteří starší autoři (B. Müller 1933, Z. Hokr 1951). Uvažovali o mocnosti až 80 m. Materiál je tvořen především glaci-fluviálními písčými a glaci-lakustrinními písčivými jíly. V práci byly taktéž zmíněny již dobře známé glacitektonické projevy na lignitových slojích v dole Kristýna u Hrádku nad Nisou. Na polské straně Žitavské pánve uvedli autoři mocnost provrásnění u Turówa až 40 m. Popsali také zvrásnění glaci-fluviálních a glaci-lakustrinních sedimentů u Bílého Kostela nad Nisou a Grabštejna, kde úklony vrstev dosahují až 40° (V. Šibrava – J. Václ 1962). Zajímavý je nález šedých souvkových hlín (tillu) v cihelně v Hrádku nad Nisou, dosahujících mocnosti 1–3 m. Lokalitu podrobil výzkumu již Z. Hokr, ale o souvkových hlínách se nezmínil (Z. Hokr 1951). Obsah severského materiálu není významný. Stratigrafické zařazení akumulace bylo obtížné, s největší pravděpodobností náleží elsterskému zalednění. Autoři zmínili hrubé štěrkopískové čelní morény na západě Jítravy a výskyt výplavových plošin tamtéž. Tento stav pokládali za nepochybný doklad zalednění. Z rozboru vyplynulo, že uloženiny jsou tvořeny severským materiálem (pazourky, červené švédské žuly), horninami Dolní Lužice, příp. severního podhůří Lužických hor a Ještědsko-kozákovského hřbetu (rumburská žula, lužický granodiorit apod.) a materiálem místním (hlavně svrchnokřídové pískovce). Kromě Jítravského sedla předpokládali taktéž překonání sedla u Horního Sedla (459 m n. m.) ledovcem. Časové zařazení zmíněných dokladů zalednění nedokázali přesně stanovit; připustili dosah ledovce jak elsterského, tak sálského v podhůří Jizerských hor (V. Šibrava – J. Václ 1962).

V další práci V. Šibrava (1967) uvedl glacifluviální sedimenty u Grabštejna s mocností až 76 m. Souvkové hlíny šedé barvy našel v okolí Hrádku nad Nisou a také jihozápadně od Varnsdorfu. Překročení Jítravského sedla ledovcem považoval za samozřejmost. Podrobněji se věnoval dvěma petrologicky a litologicky odlišným akumulacím v Hrádecké pánvi, zejména v oblasti Pískového vrchu. Spodní vrstva je tvořena křížově zvrstvenými glacifluviálními a glacialakustrinními sedimenty. Tyto jsou v některých lokalitách ledovcem silněji provrásněny (severozápadní část Varnsdorfu, Uhelná, Grabštejn, méně u Jítravy) a obsahují menší množství nordického materiálu. Svrchní akumulace má větší mocnost (přes 10 m) a na rozdíl od výše jmenované je značně bohatší na nordické sedimenty. Z petrografického hlediska obsahuje také více rumburské žuly. Akumulace jsou odděleny bazální morénou. Na základě podobnosti těchto akumulací s dolnolužickými V. Šibrava (1967) došel k závěru, že jsou pozůstatkem obou fází elsterského zalednění (dle alpského členění starší a mladší mindel).

Podrobněji se však V. Šibrava (1967) zabýval terasovým systémem Ploučnice a Panenského potoka. Za nejstarší terasu považoval zdvojenou terasu bohatickou, jejíž svrchní část je pokračováním glacifluviálních a glacialakustrinních akumulací v okolí Jablonného v Podještědí. Tyto sedimenty na základě korelace s bohatickou terasou zařadil do období prvního a druhého náporu elsterského zalednění. Do stejného období náleží akumulace jižně od Jítravského sedla označená za materiál morénového charakteru a glacifluviální štěrkopísky. Mladší terasy již nevznikaly dle autorova názoru pod přímým vlivem kontinentálního zalednění v oblasti (V. Šibrava 1967).

Nové poznatky o kvartérních sedimentech v jižním okolí Jablonného v Podještědí přinesl P. Jablonský (1981). Glacifluviální sedimenty jsou dle autora výjimečně i 50 m mocné, glacialakustrinní uloženiny patřící do prvního elsterského stadiálu dosahují mocnosti 5–7 m. Předpokládal, že oblast byla v době sedimentace propojena s Hrádeckou pánví, ve které se nacházejí litologicky podobné sedimenty. Akumulace obsahují podle petrologického průzkumu značné množství hornin lužického plutonu na úkor hornin ještědského krystalinika.

Relikt glacienního materiálu u Jítravy řadil P. Jablonský (1981) do druhého náporu elsterského glaciálu; všiml si podobnosti souvkových hlín s materiálem svrchní akumulace na Pískovém vrchu, který byl popsán V. Šibravou (1967). Souvkové hlíny našel i v okolí Rynoltic a Dubnice. Eratické bloky dosahují rozměrů i přes 3 m, v jižněji situované Dubnici ještě nalézá eratika velká 1 m. Předpokládal tedy, že tak velké bloky mohl k Dubnici transportovat

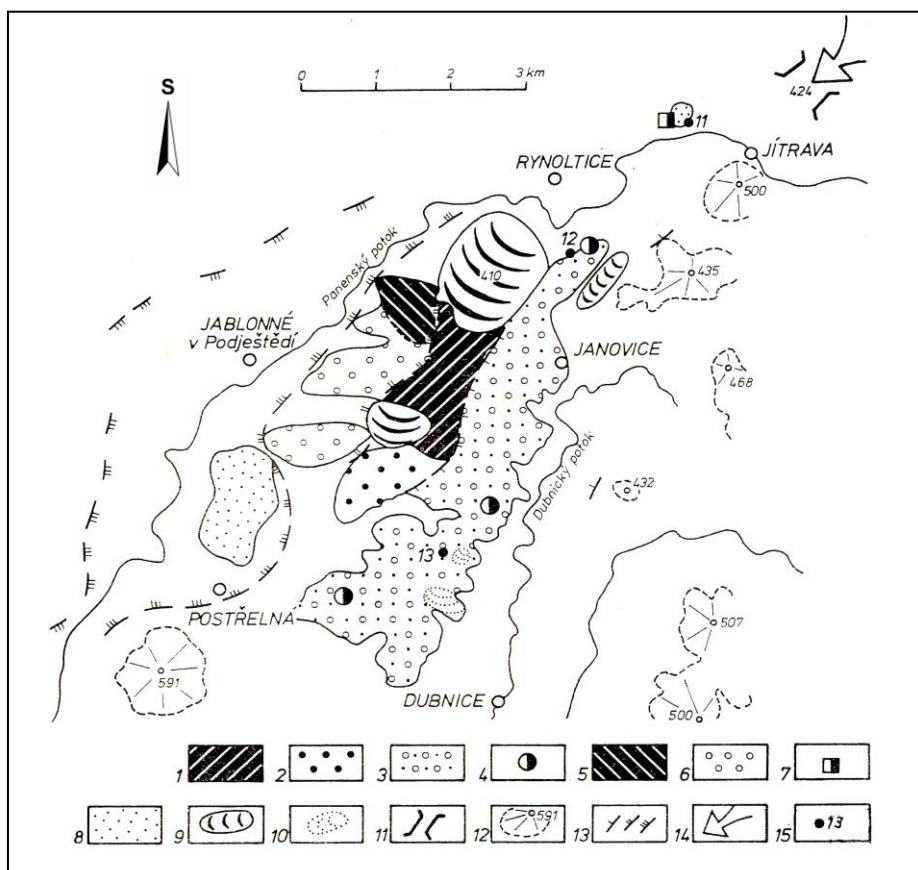
jen ledovec, což zásadně změnilo pohled na jeho dosah za Jítravským sedlem. S jistotou tvrdil, že ledovec postihnul linii Jítrava – Nová Starost – Rynoltice. V oblasti autor počítal se dvěma elsterskými zaledněními (P. Jablonský 1981).

Říčním terasám Ploučnice u Mimoně se věnovali kromě výše zmíněných také E. Růžicková a M. Růžička (1984). Materiál teras podrobili podrobnému petrografickému a sedimentologickému výzkumu. Rozlišili pět úrovní fluviálních akumulací označených I.–V. Nejstarší terasová úroveň I. odpovídá bohatické terase V. Šibravy (1967); vznikala vlivem dominantní role Panenského potoka vytékajícího z čela ledovce. U terasových stupňů II. a III. bylo také dokázáno zdvojení (E. Růžicková – M. Růžička 1984). Ve spodních akumulacích těchto dvou teras se pravděpodobně více projevila unášecí schopnost Panenského potoka na úkor Ploučnice vzhledem k jemnozrnné povaze a vzdálenějšímu původu sedimentovaného materiálu. V horních akumulacích převažují Ploučnicí transportované horniny ještědského krystalinika (E. Růžicková – M. Růžička 1984).

Důležitými pracemi 80. let minulého století jsou výzkumy F. Králíka. Ve své rozsáhlé studii (F. Králík 1989) navázal na své starší poznatky (F. Králík 1988). Novým poznatkem byl doklad o překročení Lužických hor a Ještědského hřbetu v prvním a druhém elsterském glaciálu a také v období prvního sálského zalednění (F. Králík 1989). Významný byl nový doklad zalednění až u Dubnice (10 km jihozápadně od Jítravského sedla, viz obr. 5). Jeho práce se tak podstatně lišila od starších poválečných studií. Pouze P. Jablonský (1981) o tomto rozsahu zalednění také uvažoval.

První elsterské zalednění proniklo podle autora Jítravským a Horním sedlem až po úroveň obcí Postřelná a Dubnice (viz obr. 5 a 7). Poznatek byl učiněn na základě nálezu oblíku v dubnické pískovně. Glacifluviální materiál tohoto zalednění se skládá z akumulací odpovídajících dvěma dílčím oscilacím (I. A, I. B). Právě na základě značného objemu akumulací musel ledovec zasáhnout podstatně dále za Jítravské sedlo. Ve své předchozí práci (F. Králík 1988) přitom považoval za nejjižnější potvrzený doklad zalednění akumulovaný materiál u Jítravy. Sedimenty tohoto zalednění byly většinou v Hrádecké pánvi překryty mladšími. Vyskytují se např. v pískovně u Grabštejna. Stopy ledovcové činnosti sahají do nadmořské výšky přes 530 m (F. Králík 1989).

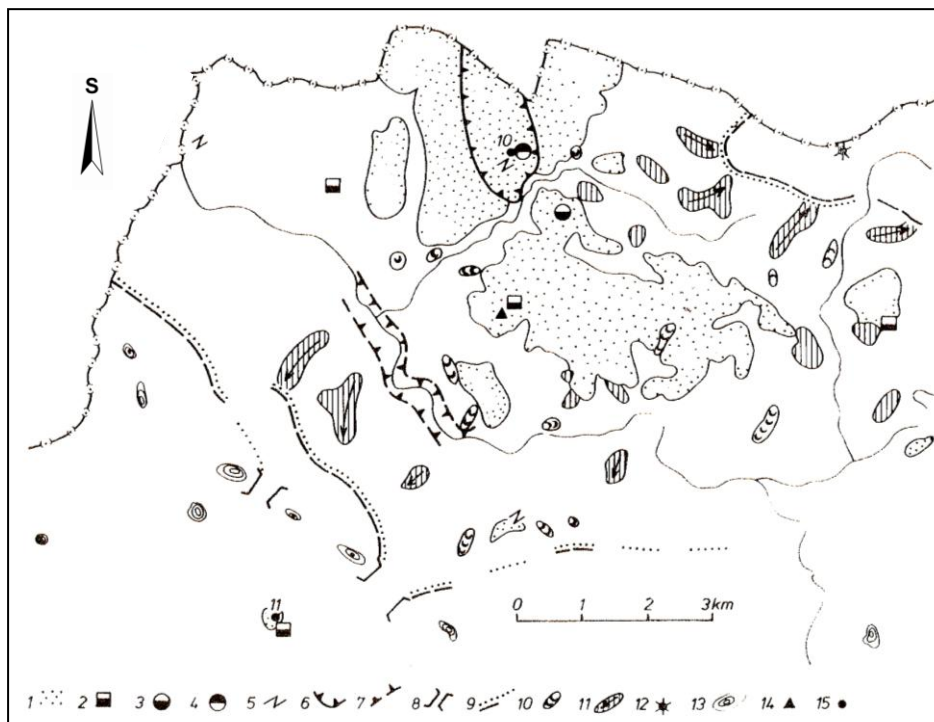
Obr. 5 Ledovcové akumulace a tvary ledovcového reliéfu v Podještědí (dle F. Králík 1989)



1 – ledovcové sedimenty prvního elsterského zalednění (úroveň I. A), 2 – glacifluviální sedimenty (sandry) prvního elsterského zalednění (I. A), 3 – glacifluviální sedimenty prvního elsterského zal. (úroveň I. B), 4 – rozplavené tilly prvního elsterského zal. (I. B), 5 – ledovcové sedimenty (tilly) prvního a druhého elsterského zal. (úroveň II.), 6 – glacifluviální sedimenty (sandry) druhého elsterského zal. (II.), 7 – rozplavené tilly prvního sálského zal. (úroveň III.), 8 – glacifluviální a glaciakustrinní sedimenty prvního sálského zal. (III.), 9 – oblíky, 10 – oblíky pod glacifluviálními sedimenty, 11 – Jítravské sedlo (424 m n. m.), 12 – reliéf nad izohypsou 400 m, 13 – předpokládaný sedimentační prostor v jednotlivých etapách zalednění, 14 – směr postupu ledovce z Hrádecké pánve, 15 – významné lokality (1 – Jítrava, 2 – Rynoltice, 3 – Dubnice)

Menší dosah mělo zalednění druhého elsterského období. Okraj ledovce zanechal po překročení Jítravského sedla tilly u obce Lvová. V předpolí ledovce vznikl sandr dosahující k České Vsi (úroveň II.). V tomto časovém horizontu patrně vznikla výplň subglaciálního koryta vyhloubeného v miocénních sedimentech ve směru Uhelná – Grabštejn (viz obr. 6). Jemnozrný materiál dosahuje mocnosti až 90 m. Do období bývá řazena i spodní akumulace na Pískovém vrchu. Šibrava (1967) ji řadil k prvnímu elsteru. Ledovec zasahoval do výšky nad 450 m n. m. (F. Králík 1989) a je tedy možné, že překročil i Horní sedlo (459 m n. m.).

Obr. 6 Ledovcové sedimenty a tvary ledovcového reliéfu v Hrádecké pánvi (dle F. Králík 1989)

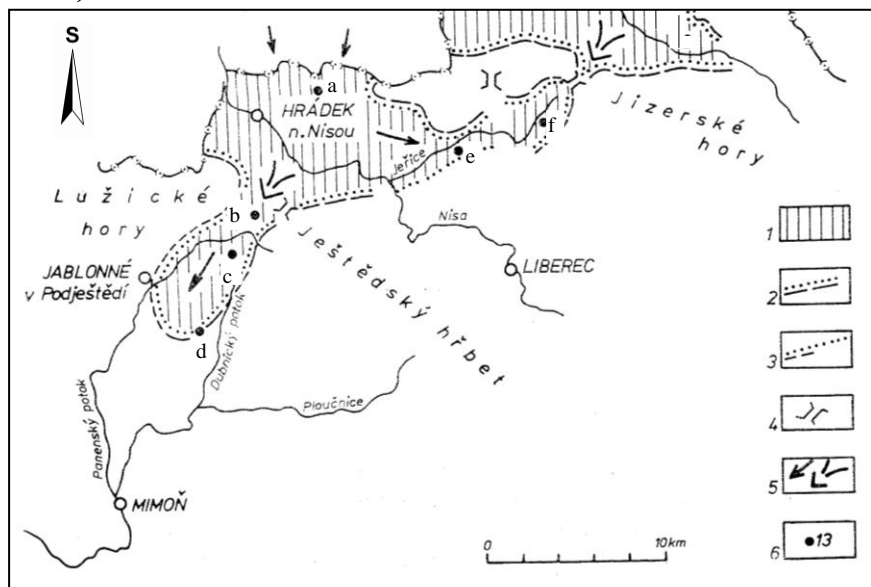


1 – glacifluviální sedimenty, 2 – bazální tilly sálského zalednění, 3 – bazální tilly elsterského zal., 4 – relikt glacifluviálních sedimentů elsterského zal., 5 – glacitektonika, 6 – subglaciální koryto, 7 – předpokládané subglac. koryto, 8 – sedla využitá ledovcem, 9 – výrazné stopy glacigenní činnosti ve svazích hřbetů, 10 – oblíky, 11 – exaráční a exaráčně-gelivační plošiny, 12 – nunataky, 13 – oblé vrcholy hřbetů nad pásmem zalednění

Akumulace u Jítravy byla v souladu s J. Sekyrou (1961) označena F. Králíkem (1989) za rozrušenou čelní morénu. Ta patří jižní hranici prvního sálského zalednění, které se v dotčené oblasti projevilo nejslaběji (viz obr. 5 a 7). Glacifluviální sedimenty úrovně III. se nacházejí mezi Českou Vsí a Postřelnou a nevýznamně též u Jítravy. Největší glacitektonické projevy pochází právě z tohoto období. Kromě již uvedených projevů ledovcové tektoniky se autor zmínil také o hákování vrstev a o zřetelném zlomu v pískovně u Grabštejna. Pozůstatkem zalednění je svrchní komplex na Pískovém vrchu, V. Šibravou (1967) zařazen do druhého Elsteru. Sandrové akumulace u Uhelné, Grabštejna a Bílého Kostela nad Nisou náleží prvnímu sálskému glaciálu. Zalednění dosahovalo výšky maximálně kolem 424 m n. m. (F. Králík 1989).

Druhé sálské zalednění ke svahům Lužických hor nezasáhlo. V rámci severních Čech se projevilo pouze na severovýchodě Frýdlandska, a to nejméně ve třech fázích (F. Králík 1989). Obecně považoval F. Králík glacialakustrinní sedimenty za mocné maximálně 50 cm. Výrazné oblíky označil za zřetelnou součást krajiny Hrádecké pánve a Podještědí. Liberecká kotlina zůstala podle výzkumů prosta zalednění (F. Králík 1989).

Obr. 7 Kontinentální zalednění v Hrádecké pánvi, Ralské pahorkatině a Oldřichovské vrchovině (dle F. Králíka 1989)



1 – zaledněné území, 2 – hranice zalednění, 3 – předpokládaná hranice zalednění, 4 – hranice sedlo ledovcové komunikace, 5 – směry postupu ledovce, 6 – významné lokality (a – Grabštejn, b – Jítrava, c – Rynoltice, d – Dubnice, e – Nová Ves, f – Oldřichov v Hájích)

V další práci F. Králík uvedl, že některé z elsterských zalednění dosáhlo až k úpatí vrchu Tlustce (591 m n. m.), 8 km severně od Mimoně. Výplavová plošina zasáhla ~2 km jižně od Mimoně. (J. Macoun – F. Králík 1995). Byla konkrétně pojmenována zalednění v severních Čechách, přičemž se vycházelo z nového stratigrafického členění pleistocénu (M. Růžička – J. Tyráček 1994). Autor se domníval, že ledovec v té době dosáhl minimální nadmořské výšky 500 m a překročil i Horní sedlo (J. Macoun – F. Králík 1995).

Částečně se zalednění severních Čech věnoval německý kvartérní geolog L. Eissmann. Ve svém nejnovějším pojednání o zalednění Saska (L. Eissmann 2002) navázal na starší práce (L. Eissmann 1975, 1995). V oblasti Saska považoval za hlavní zalednění glaciál elsterský, respektive dva jeho v podstatě autonomní náporů (starší *Zwickau*, mladší *Markranstädt*). Tyto fáze byly doloženy zdvojenými bazálními morény oddělenými glaci-fluviálními, v Lužici i přes 40 m (kupř. Oderwitzká pánev, okolí Bautzen) mocnými, akumulacemi. Autor uvažoval o průniku ledovce v Horní Lužici za prvního náporu elsterského zalednění do nadmořské výšky 500 m. Podle něj byl v tomto období možný zásah ledovce labským kaňonem až do Děčína. Čelo ledovce první fáze Elsteru kladl L. Eissmann (2002) k Jítravě, kde zmínil 10–15 m mocnou tillovou akumulaci koncové morény. Druhá fáze tohoto zalednění měla zasáhnout maximálně jižní okolí Zittau a zasahovala tak o 10–30 km severněji. Zalednění první

sálské fáze (*Zeitz*) docílilo maximálně na linii Kamenz – Bautzen – Görlitz, zatímco v mladší druhé fázi téhož glaciálu (*Warthe*) končilo čelo ledovce o ~40 km dále na sever. Je patrné, že autor je v rozporu s názory F. Králíka (1989, 1995) o trojím překročení Jítravského sedla.

L. Wolf a G. Schubert (1992) s názorem L. Eissmanna (1975) o průniku ledovce labským údolím na jih od Bad Schandau v prvním náporu elsterského zalednění souhlasili také. Autoři odhadli, že v prvním elsterském stadiálu dosáhl ledovec v Horní Lužici do nadmořské výšky 400–500 m, zatímco v druhém elsterském náporu maximálně do poloh mírně nad 300 m n. m. (L. Wolf – G. Schubert 1992). S myšlenkou postupu ledovce labským údolím pravděpodobně až na české území se ztotožnil i B. Balatka (1996a).

3.4 Nejnovější studie v severních Čechách

Od konce 90. let 20. století byla problematika kontinentálního zalednění podrobena novým důkladným výzkumům. Při zjišťování dosahu, pozůstatků a stáří zalednění se využily na našem území dosud málo rozšířené metody. Níže uvedené studie probíhaly jen v oblastech sousedících se zájmovým územím Lužických hor, avšak vzhledem k novým poznatkům a užitým metodám je vhodné se o těchto pracích zmínit.

Příkladem nově aplikované metody je stanovení tzv. teoretického souvkového centra (*TGZ – Theoretische Geschiebezentrum*, viz obr. 8), což je vážená průměrná geografická pozice celého studovaného souvkového souboru (D. Nývlt 1999). Tento postup je důležitý především z hlediska korelace akumulací v různých lokalitách dotčených pleistocénním zaledněním a byl použit například v Oldřichovské vrchovině (D. Nývlt 1999, 2003b) a Šluknovské pahorkatině (D. Nývlt 2008). Rozšířené jsou též tvrdoměrné zkoušky hornin nad a pod *trimline* (viz též kapitolu č. 2), které byly aplikovány na severních svazích Jizerských hor (A. Traczyk – Z. Engel 2006, B. Janásková 2009a, 2009b). Po vzoru C. Ballantyna et al. (1998) bylo rovněž sledováno zastoupení jílových minerálů v glaciální a extraglaciální zóně (kupř. chlorit a kaolinit), a to rovněž na severním úpatí Jizerských hor (B. Janásková – M. Koubová 2007, B. Janásková 2009a). Důležitou metodou je taktéž určení relativního stáří povrchu od odlednění pomocí kosmogenního radionuklidu ^{10}Be ve Šluknovské pahorkatině (D. Nývlt 2008).

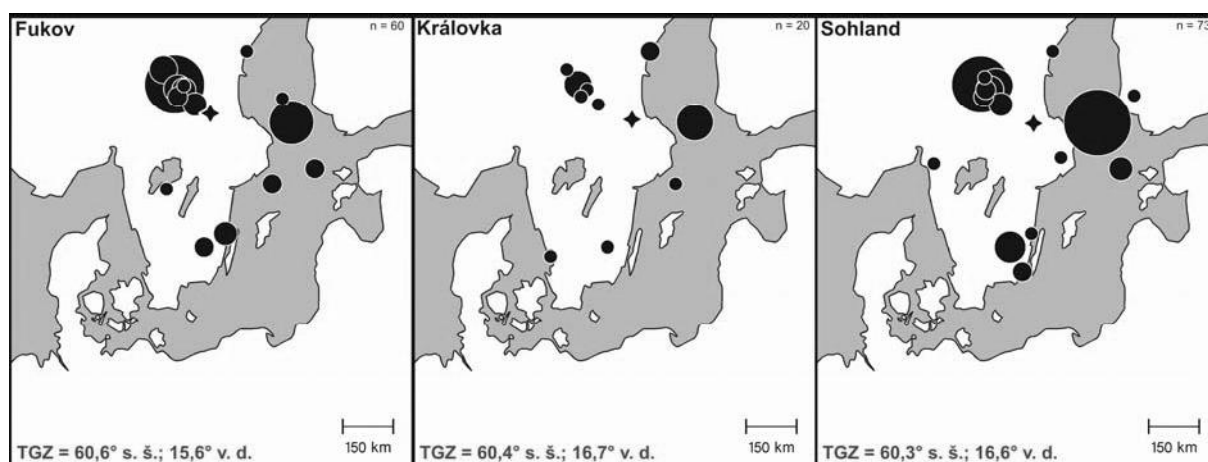
Jednou z oblastí v posledním období intenzivně zkoumanou je Oldřichovská vrchovina. Hlavním bodem zájmu je překročení Oldřichovského sedla (478 m n. m.), nejvýše položeného sedla nesoucího známky zalednění v severních Čechách (D. Nývlt 2002). O jeho překročení se zajímal již F. Králík, avšak nepodal dostatečně průkazné a přesné závěry (F. Králík 1988, 1989). Podrobně se nejnověji oblastí zabýval D. Nývlt, především z hlediska sedimentologického, petrologického a geomorfologického (D. Nývlt 1999, 2002, 2003a, 2003b). Odhadl, že ledovec zasahoval v sedle do nadmořské výšky ~480–485 m a při svém severojižním pohybu překročil Oldřichovské sedlo jen o několik set metrů (D. Nývlt 1999). Jediným dochovaným dokladem činnosti ledovce v lokalitě je relikv výplavové plošiny u Mníšku (D. Nývlt 1999). Tento glacifluviální sediment autor podrobně zkoumal pomocí valounové analýzy. Převažuje místní a blízký materiál (D. Nývlt 1999), podíl nordické složky dosahuje díky morfologické překážce v podobě oldřichovského sedla maximálně 8 % (D. Nývlt – P. Hoare 2000); úplně schází souvky ze západoskandinávské oblasti (D. Nývlt 2002). Štěrkopísková akumulace u Mníšku byla staršími autory datována do prvního náporu sálského zalednění (J. Macoun – F. Králík 1995); ale D. Nývlt se později spíše přiklonil na základě petrologických dat ke druhému elsterskému stadiálu (D. Nývlt 2003b).

Uvedené valounové analýzy byly aplikovány nejen v lokalitě u Mníšku, ale i v Hrádecké pánvi a Frýdlantské pahorkatině. Nejmenší podíl nordického materiálu vykázala lokalita Oldřichov na Hranicích (< 5 %), nejvyšší lokalita Pertoltice (12 %, D. Nývlt – P. Hoare 2000).

Rozsáhlá rekonstrukce dosahu a projevu zalednění byla zaměřena na Šluknovskou pahorkatinu (D. Nývlt 2008), která byla dosud málo prozkoumána (D. Nývlt 1998). Autor navazuje na předchozí studie (D. Nývlt 2001, D. Nývlt et al. 2007). Limitem rozsáhlejších poznatků je nemožnost přímé korelace s říčními terasami. Předpokladem autora bylo jednorázové zasažení Šluknovské pahorkatiny v prvním náporu elsterského zalednění. Pomocí radio-nuklidové metody bylo stáří deglaciace odhadnuto na ~606 ky BP (D. Nývlt 2008). Ledovcový štít, resp. jeho splazy, pokrýval především většinu východní části pahorkatiny. Díky množství víceméně nezávislých splazů značně kolísá nadmořská výška dosažená ledovcem. Pohybuje se mezi 410–460 m n. m., pravděpodobně však ještě o 10–30 m výše (D. Nývlt 2008). Tillové akumulace dosahují mocnosti 1–3, výjimečně až kolem 5 m. Glacifluviální usazeniny jsou mocné až 15 m (u Fukova). Analýza zastoupení nordických souvků (metodou TGZ) prokázala odlišnost zkoumaných souvkových společenstev (viz obr. 8). Ojedinelá v rámci severních Čech je lokalita Fukov díky majoritnímu podílu hornin dalarnské proveni-

ence (D. Nývlt 2008). Zkoumané oblíkové elevace mají generelně jižní až jihozápadní směr a i přes jejich možné strukturní ovlivnění je shodný s dříve vyslovenými názory na orientaci postupu ledovce (mj. R. Grahmann 1957). Podobnou orientaci mají i klasty v subglaciálních tillech. Lokálně se směr toku ledovce odlišoval; na Varnsdorfsku postupoval mandavským údolím k západu (D. Nývlt 2008).

Obr. 8 Kartodiagramy zdrojových oblastí společenstev vúdčích nordických souvků s teoretickými souvkovými centry (čtyřcípá hvězda) ze Šluknovska (upraveno dle D. Nývlt 2008)



Na severním svahu Jizerských hor byla v poslední dekádě provedena série studií rekonstruujících především na základě tvrdoměrných měření polohu ledovcové *trimline*. Méně úspěšná se při výzkumu zdá být metoda analýzy jílových minerálů (B. Janásková – M. Koubová 2007, B. Janásková 2009a) a měření skalních mís, které se vyskytují v celém svahu; nepotvrdila se tedy závislost vlastností skalních mís na nadmořské výšce nebo činnosti ledovce (B. Janásková 2009b). Úvodní výzkum průběhu *trimline* v oblasti předpokládal její polohu v nadmořské výšce kolem 425 m; mocnost ledovce v údolí řeky Smědé byla 60–80 m, tudíž erozní účinky ledovcové masy nedosahovaly velkého významu (A. Traczyk – Z. Engel 2006). V následujících pracích se uvádělo širší rozpětí nadmořských výšek polohy *trimline* - přibližně 430–500 m n. m. (B. Janásková – M. Koubová 2007, B. Janásková 2009a). V prozatím poslední studii byly výstupy tvrdoměrných měření zpřesněny zbroušením povrchu horniny; poloha *trimline* byla kladena mezi 470–490 m n. m. I tak je ale nutné počítat s odchylkou cca 20 m kvůli nejisté spolehlivosti metody a předpokladu oscilace ledovce (B. Janásková 2009b).

4. Možnosti využití metody tvrdoměrných měření

Za účelem stanovení maximálního dosahu zalednění byly na severním svahu Lužických hor vybrány čtyři profily (viz obr. 9). Tyto transekty se morfologicky podobají hřbetům v Jizerských horách, kde byla provedena tvrdoměrná měření na skalních výchozech (viz kapitulu 2). Na základě rekognoskace terénu jsem zjistil limitující využití těchto lokalit k pozdějším tvrdoměrným měřením. Důvodem je především převaha pískovců v geologickém podloží, které jsou vlivem malé odolnosti vůči exogenním vlivům nevhodné k měření Schmidt hammerem. Tyto sedimenty zasahují do nadmořských výšek ~500–550 m (profily č. 3 a 4, obr. 9). Vrcholové partie hřbetů jsou sice tvořeny vulkanity (fonolit); nenalezl jsem však významnější skalní výchozy. Profil č. 2 je tvořen vhodnými horninami – ve vrcholových částech fonolitem, níže granodioritem (W. Kozdrój – O. Krentz – M. Opletal 2001), avšak výchozy malého rozsahu jsou vyvinuty až nad ~550 m n. m. Nebylo by tedy možné porovnávat tvrdoměrné hodnoty nad a pod *trimline*. Nejvhodnějším transektem je i přes relativně malé výškové rozpětí (433–510 m n. m.) profil č. 1, jehož vrcholy jsou tvořeny vulkanity (trachyt, fonolit), přičemž především na Steinbergu a Seidelsbergu se nachází až několikametrové výchozy. Podle R. Grahmanna (1957) představoval tento hřbet výběžek extraglaciálního území (viz obr. 4), nicméně dá se předpokládat, že nezaledněn byl pouze vrchol Breitebergu (510 m n. m., viz obr. 4).

Na svazích spadajících do Hrádecké pánve je litologie pro tvrdoměrná měření rovněž nepříznivá, což jsem zjistil v rámci rekognoskace. Skalní výchozy jsou vyvinuty jen na pískovcích, popř. kvarcitech. Základem úpatních částí svahů je granodiorit (W. Kozdrój – O. Krentz – M. Opletal 2001), avšak nejsou zde vhodné výchozy horniny.

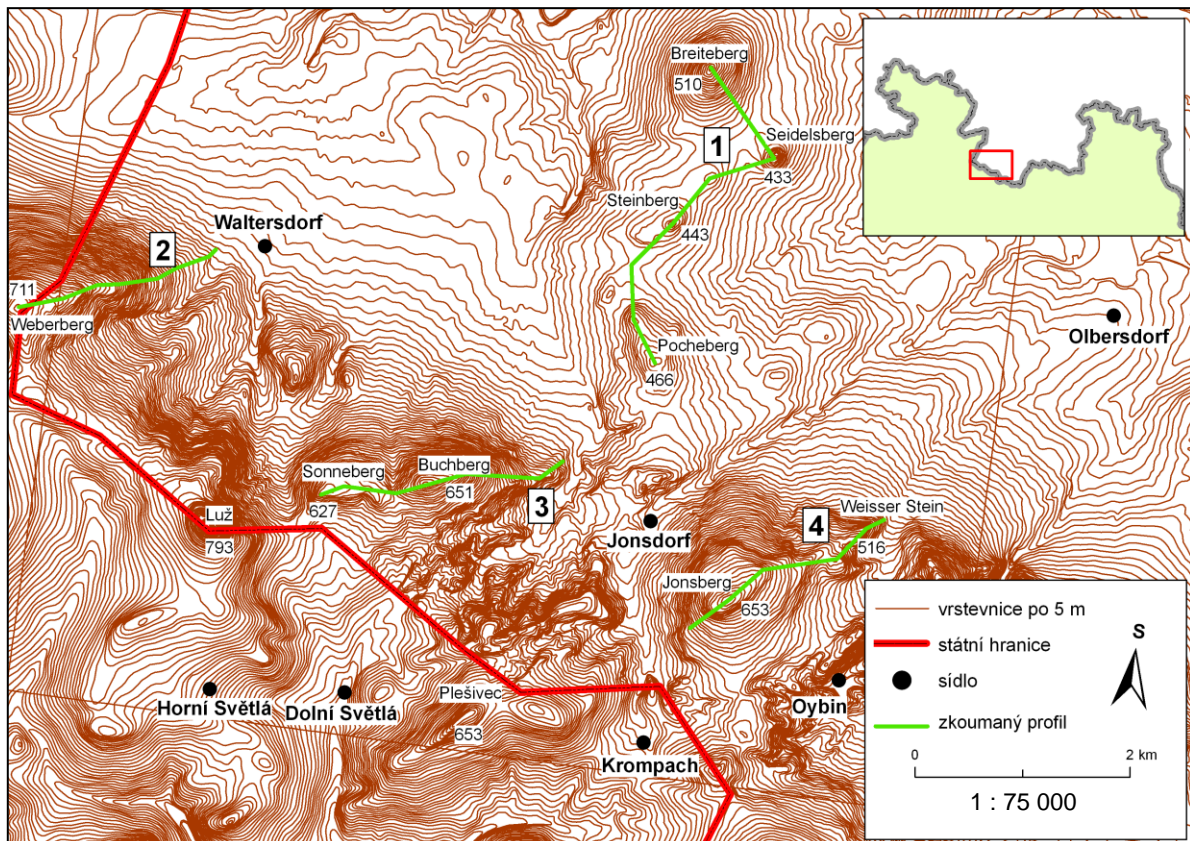
5. Diskuze

Plošně největší rozsah zalednění v severních Čechách je kladen do prvního elsterského stadiálu, během kterého zasáhl ledovec až do oblasti Dubnice (viz obr. 7). Vertikální dosah ledovce byl v tomto období největší, a to ~530 m n. m. (F. Králík 1989). Předpokládá se tedy průnik přes Jítravské sedlo, ale i Horní sedlo v Lužických horách. Ledovec druhého elsterského náporu zanechal morénový materiál u obce Lvová, zatímco nejmenším rozsahem v oblasti Lužických hor se vyznačovalo zalednění prvního sálského náporu, které se dostalo pouze k Jítravě. Druhé sálské zalednění se rozprostíralo severněji od oblasti Lužických hor; zasáhlo do severní oblasti Frýdlantska (F. Králík 1989).

Závažným nedostatkem výzkumů dosahu zalednění na svazích Lužických hor je velmi malý počet prací v této oblasti, jejich stručnost a názorová heterogenita. Kartografické vyjádření dosahu ledovce bylo publikováno především R. Grahmannem (1934, 1957), a to ve dvou rozdílných podobách (viz obr. 4). Zalednění autor zařadil do elsterského glaciálu. Důvod odlišností mezi oběma rekonstrukcemi zalednění však nebyl vysvětlen. Poznatky R. Grahmanna o rozložení ledovce jsou v rozporu s nálezy nordického materiálu staršími autory až v oblasti Krompachu (O. Friedrich 1871, E. Danzig 1886) a Lückendorfu (mj. E. Danzig 1886), tedy jižněji a v nadmořských výškách i přes 500 m, což by odpovídalo názorům F. Králíka (1989) o dosahu prvního elsterského zalednění. Za velice zajímavou lokalitu nálezů nordických hornin považují oblast Heřmanic (E. Danzig 1886, viz obr. 1), které jsou situovány na jižním svahu Hvozdu, tedy jižně od hlavního horského hřbetu. Při předpokladu těchto nálezů se domnívám, že v lokalitě došlo po ústupu zalednění ke změně výškových poměrů a diferenciaci říční sítě. Za dnešních morfologických podmínek reliéfu není pevninské zalednění či transport materiálu v lokalitě Heřmanic možný. V souladu s publikovanými poznatky (R. Grahmann 1934, 1957, F. Králík 1989) předpokládám, že největší dosah v lokalitě mělo zalednění první fáze elsterského stadiálu. Tuto domněnku potvrzuje rozšíření ledovce ve stejném období v sousední Šluknovské pahorkatině (D. Nývlt 2008).

Metoda tvrdoměrných měření není v oblasti severního svahu Lužických hor vhodná. Výzkum dosahu zalednění v Jizerských horách (A. Traczyk – Z. Engel 2006, B. Janásková – M. Koubová 2007, B. Janásková 2009a, 2009b) pomocí stejné metody byl umožněn díky velkému množství horninových výchozů, které jsou vyvinuty na odolných granodioritech.

Obr. 9 Lokalizace profilů na severním svahu Lužických hor



6. Závěr

Dosavadní studie zalednění v severních Čechách se liší z hlediska předpokládaného rozsahu kontinentálního ledovce a také v otázce stratigrafie ledovcových sedimentů. Rozsah zalednění byl v elsterských glaciálech větší než během sálských glaciálů. Starší elsterské zalednění mělo největší rozsah a zasáhlo přes Frýdlantskou pahorkatinu a Hrádeckou pánev až do oblasti obcí Dubnice a Postřelná (F. Králík 1989); zalednění postoupilo i do Šluknovské pahorkatiny (D. Nývlt 2008). Do tohoto časového horizontu náleží některými autory popisovaný postup ledovce jižně od Hřenska (mj. R. Grahmann 1957, L. Eissmann 1995, 2002, B. Balatka 1996). Zalednění Liberecké kotliny (R. Grahmann 1957) je také nejisté; bylo zamítnuto F. Králíkem (1988). Mladší elsterské zalednění zasáhlo do oblasti Lvové (F. Králík 1989) a překročilo též Oldřichovské sedlo (D. Nývlt 1999). Dle L. Eissmanna (2002) však byl zasažen jen okraj Hrádecké pánve a Frýdlantské pahorkatiny. Ledovec staršího sálského glaciálu pronikl za Jítravské sedlo pouze k Jítravě (F. Králík 1989, J. Macoun – F. Králík 1995). Tamní akumulace byla ale V. Šibravou (1967) zařazena do mladšího elsterského zalednění. Mladší sálské zalednění postihlo pouze severní okraj Frýdlantské pahorkatiny (F. Králík 1989).

Na základě poznatků terénního průzkumu se domnívám, že severní svahy Lužických hor nejsou, na rozdíl od svahů Jizerských hor (viz kapitolu 2), vhodné k provedení tvrdoměrných měření na skalních výchozech. Důvodem je poměrně velký výskyt pískovců, které jsou zcela nevyhovující těmto měřením. Další příčinou je malé vyvinutí tvarů na příhodných vulkanitech. Data z jediného možného vhodného profilu (profil č. 1, obr. 9) by nebyla k rekonstrukci dosahu zalednění v Lužických horách dostačující. Dle mého názoru je vhodné se v této oblasti zaměřit především na studium ledovcových sedimentů.

Seznam citovaných informačních zdrojů

- BALATKA, B. (1987): Lužické hory. Ještědský hřbet. Olympia, Praha, 288 s.
- BALATKA, B. (1996a): Nové poznatky o starších etapách vývoje údolí Labe v Sasku. Geografie – Sborník ČGS, roč. 101, č. 3, Praha, s. 247–250.
- BALATKA, B. – KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, Praha, 79 s. + 3 mapy.
- BALLANTYNE, C., et al. (1998): The last ice sheet in North-West Scotland: reconstruction and implications. Quaternary Science Reviews, roč. 17, s. 1149–1184.
- BERG, G. (1928): Einige grundsätzliche Bemerkungen zu den Erscheinungen der nordischen Vereisung am Sudetenrande. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, sv. 80, Berlin, s. 215–224.
- CREDNER, H. (1875): Über nordisches Diluvium in Böhmen. Sitzungsberichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Leipzig, roč. 2, č. 6, Leipzig, s. 55–58.
- DANZIG, E. (1886): Bemerkungen über das Diluvium innerhalb des Zittauer Quadergebirges. Sitzungsberichte der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS zu Dresden, sv. 4, Dresden, s. 30–32.
- DĚDINA, V. (1914): Morfologický vývoj severních Čech. Sborník ČSZ, roč. 20, Praha, s. 145–168.
- DEMEK, J. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR, díl II – Hory a nížiny. Academia, Praha, 584 s.
- EISSMANN, L. (1975): Das Quartär der Leipziger Tieflandsbuch und angrenzender Gebiete um Saale und Elbe. Schriftenreihe der Geologischen Wissenschaften, Berlin, 263 s.
- EISSMANN, L. (1995): Sachsen. In: Benda, L. (Ed.): Das Quartär Deutschlands. Gebrüder Borntraeger, Berlin – Stuttgart, s. 171–198.
- EISSMANN, L. (2002): Quaternary geology of eastern Germany (Saxony, Saxon–Anhalt, South Brandenburg, Thüringia), type area of the Elsterian and Saalian Stages in Europe. Quaternary Science Reviews, roč. 21, s. 1275–1346.

FRIEDRICH, O. (1871): Kurze geognostische Beschreibung des Südlasitz und der angrenzenden Theile Böhmens und Schlesiens, mit einer geognostischen Karte dieser Gegenden. Separatabdruck aus dem Programm zur Einweihung des Johanneums zu Zittau, Zittau, s. 67–100.

GEIKIE, J. (1894): The great ice age and its relation to the antiquity of man. Edward Stanford, London, 850 s.

GRAHMANN, R. (1934): Grundriß der Quartärgeologie Sachsens. Sachsen als Siedlungsraum des Menschen der Vorzeit. Verlag Karl Richter, Leipzig, 60 s.

GRAHMANN, R. (1957): Ausdehnung und Bewegungsrichtung des Inlandeises in Sachsen. Berichte der geologischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik für das Gesamtgebiet der geologischen Wissenschaften, roč. 2, č. 4, Berlin, s. 227–232.

GREGOR, T. – TESAŘÍK, K. (1959): Terasy řeky Ploučnice. Sborník ČSSZ, roč. 64, Praha, s. 303–323.

HIBSCH, J. (1896): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Böhmisches Mittelgebirges, Blatt 1 (Tetschen). Wien, 90 s.

HIBSCH, J. (1899): Gliedreung des Nordböhmisches Diluviums. Sonderabdruck aus den Sitzungsberichten des Deutschen naturw.-medicin. Vereines für Böhmen „Lotos“, č. 5, Praha.

HOKR, Z. (1951): Oblast terciéru v Hrádku nad Nisou. Věstník ÚÚG, roč. 26, Praha, s. 285–292.

CHVÁTALOVÁ, A. (2000): Geologické a geomorfologické poměry Lužických hor. Acta Universitatis Purkynianae, 59, Studia Geographica III, PF UJEP, Ústí nad Labem, 79 s.

JABLONSKÝ, P. (1981): Kvartér v jižním okolí Jablonného v Podještědí. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta, UK, Praha, 61 s. + 7 příloh.

JANÁSKOVÁ, B. (2009a): Tvrdoměrná měření skalních výchozů a analýzy jílových minerálů v oscilační zóně kontinentálního ledovce na úpatí Jizerských hor. Geografie – Sborník ČGS, roč. 114, č. 1, Praha, s. 70-73.

JANÁSKOVÁ, B. (2009b): Reconstruction of the continental glaciation in the northern slope of Jizera Mountains. Sborník geologických věd, Antropozoikum, v recenzním řízení.

JANÁSKOVÁ, B. – KOUBOVÁ, M. (2007): Využití tvrdoměrných měření a analýz jílových minerálu pro určení trimline kontinentálního ledovce v severním svahu Jizerských hor. *Acta Universitatis Ostraviensis - Geographia – Geologia*, 237, 10, Ostrava, s. 30-47.

KOZDRÓJ, W. – KRENTZ, O. – OPLETAL, M., eds. (2001): *Comments on the Geological Map Lausitz-Jizera-Karkonosze (without Cenozoic sediments) 1 : 100 000*. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg, Państwowy Instytut Geologiczny., Warszawa, Český geologický ústav, Praha. Warsaw, 64 s. + 3 mapy.

KRÁLÍK, F. (1988): Kontinentální zalednění severních Čech. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1985*, Praha, s. 110–111.

KRÁLÍK, F. (1989): Nové poznatky o kontinentálních zaledněních severních Čech. *Sborník geologických věd, Antropozoikum*, sv. 19, Praha, s. 9–74.

LOCHMANN, Z. (1958): Geomorfologie sz. části Frýdlantského výběžku. *Sborník ČSSZ*, roč. 63, Praha, s. 111–128.

LYELL, CH. (1830): *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*. sv. 1. John Murray, Albemarle Street, London, 481 s.

LYELL, CH. (1838): *Elements of Geology*, John Murray, Albemarle Street, London, 543 s.

MACOUN, J. – KRÁLÍK, F. (1995): Glacial history of the Czech Republic. In Ehlers, J. – Kozarski, S. – Gibbard, P. L. (Eds): *Glacial deposits in North – East Europe*. A. A. Balkema, Rotterdam, s. 389–405.

MORCH, V. (1958): Geomorfologie střední části Frýdlantského výběžku. *Sborník ČSSZ*, roč. 63, Praha, s. 309–332.

MÜLLER, B. (1933): *Erdgeschichte*. Heft 1/2, Sollors, Reichenberg, 240 s.

MÜLLER, B. (1939): *Erdgeschichte und Bau des Sudetenlandes*. *Deutscher Boden*, sv. 9, Gebrüder Borntraeger, Berlin, 150 s.

MÜLLER, B. (1940): Als das nordische Inlandeis in unsere Heimat vorstieß. *Jahrbuch der Deutschen Gebirgsvereinigung Jeschken- und Isergebirge*, roč. 50, Reichenberg, s. 88–96.

- NÝVLT, D. (1998): Kontinentální zalednění severních Čech. Geografie – Sborník ČGS, roč. 103, č. 4, Praha, s. 445–457.
- NÝVLT, D. (1999): Pevninské zalednění Oldřichovské vrchoviny. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta, UK, Praha, 82 s.
- 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, roč. 7, č. 3, Bratislava, s. 231–235.
- NÝVLT, D. (2003a): Geomorphological aspects of glaciation in the Oldřichov Highland, Northern Bohemia, Czechia. Acta Universitatis Carolinae–Geographica, roč. 35, Supplementum, Praha, s. 171–183.
- NÝVLT, D. (2003b): Leitgeschiebestatistik glazifluvialer Sande und Kiese von Mníšek, Nordböhmen. Archiv für Geschiebekunde, roč. 4, č. 1, Greifswald, s. 49–60.
- NÝVLT, D. – HOARE, P. G. (2000): Valounové analýzy glaci-fluviálních sedimentů severních Čech. Věstník ČGÚ, roč. 75, č. 2, Praha, s. 121–126.
- NÝVLT, D., et al. (2007): Paleogeografická, paleoklimatologická a geochronologická rekonstrukce kontinentálního zalednění Česka. Závěrečná zpráva. Národní program výzkumu – VaV 1D/1/7/05. MS ČGS a MŽP, Brno, 366 s. + 4 mapy.
- PENCK, A. – BRÜCKNER, E. (1909): Die Alpen im Eiszeitalter. 3 sv., Verlag von Ch. H. Tauchnitz, Leipzig, 1199 s.
- PROKOP, F. (1948b): Okres Liberec. S přehlednou mapou lomů, pískoven a cihelen. Sestavil F. Prokop. Praha.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Studia Geographica 16, Academia, Brno, 82 s + 1 mapa.
- RŮŽIČKOVÁ, E. – RŮŽIČKA, M. (1984): Terasy Ploučnice v okolí Mimoně a jejich vztah k sedimentům zalednění. MS Archiv ÚÚG, Praha, 45 s.
- RŮŽIČKA, M. – TYRÁČEK, J. (1994): Pleistocén. In: Klomínský, J. (Ed.): Geologický atlas ČR – Stratigrafie, Praha, s. 2.

- SEKYRA, J. (1961): Traces of the Continental Glacier on the Territory of Northern Bohemia (in the Piedmont of West-Sudetic Mountains). *Zeszyty naukowe Uniwersytetu Wrocławskiego*, seria B, č. 8, Wrocław, s. 71–79.
- SITTE, J. (1932): Gletscher über der Lausitz. 4. Beilage zu Nr. 153 der Zittauer Nachrichten, Sonnabend 2. Juli 1932; 2. Beilage zu Nr. 157 der Zittauer Nachrichten, Donnerstag 7. Juli 1932, Zittau.
- SITTE, J. (1934): Sedimentärgeschiebe der Oberlausitz. Firgenwald, *Vierteljahrschrift für Geologie und Erdkunde der Sudetenländer*, roč. 7, č. 2, Reichenberg, s. 43–55.
- SOERGEL, W. (1925): Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 251 s.
- ŠIBRAVA, V. – VÁCL, J. (1962): Nové důkazy kontinentálního zalednění severních Čech. *Anthropozoikum*, sv. 11, Praha, s. 85–89.
- ŠIBRAVA, V. (1967): Study on the Pleistocene of the glaciated and non-glaciated area of the Bohemian Massif. *Sborník geologických věd, Anthropozoikum*, sv. 4, Praha, s. 7–38.
- SLAVÍK, A. (1897): Glaciální doba v Čechách. *Královská česká společnost nauk*, Praha, 22 s.
- TRACZYK, A. – ENGEL, Z. (2006): Maximální dosah kontinentálního zalednění na úpatí Ořešníku a Poledníku v severním svahu Jizerských hor. *Geografie – Sborník ČGS*, roč. 111, č. 2, Praha, s. 141–151.
- VORTISCH, W. (1925): Die Schotterbildungen südlich und westlich der Lausitzer Überschiebung und des Jeschkenbruches von Niedergrund bis Drausendorf. *Lotos*, sv. 73, Prag, s. 1–68.
- WOLF, L. – SCHUBERT, G. (1992): Die spätertertiären bis elstereiszeitlichen Terrassen der Elbe und ihrer Nebenflüsse und die Gliederung der Elster-Kaltzeit in Sachsen. *Geoprofil*, sv. 4, Freiberg, s. 1–43.

Seznam příloh

Příloha č. 1: CD s elektronickou verzí práce