

**Západočeská univerzita v Plzni**

Fakulta pedagogická

Katedra geografie

Bakalářská práce

Vývoj krajiny v Kvartéru v okolí Nestlivského rybníka

Petr Pihýr

Plzeň 2012

Prohlašuji, že jsem práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, ..... 2012

.....

#### Poděkování:

Děkuji Doc. RNDr. Pavlu Mentlíkovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, RNDr. Václavu Stackemu za poskytnutí průpravy při práci v laboratoři a RNDr. Zbyněku Engelemu, Ph.D. za možnost datování. Také bych chtěl poděkovat vedení Katedry fyzické geografie a geoekologie Přírodovědné fakulty Ostravské univerzity v Ostravě za možnost využití jejich laboratoří při granulometrické analýze.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá rekonstrukcí kvartérně geomorfologických procesů podílejících se na utváření vzhledu okolí Nestlivského rybníku. Cílem práce je určení hlavních geomorfologických procesů, které zde panovaly, stanovení přibližné doby, kdy tyto procesy probíhaly, a provedení prostorové analýzy za účelem lokalizace zdrojových oblastí transportovaných hornin a směru působení geomorfologických procesů.

Klíčová slova:

Kvartérní geomorfologie, granulometrie, spraše, termoluminiscence, prostorová analýza.

Annotation

This bachelor's thesis deals with the reconstruction of quaternary geomorphological processes, that took part in the formation of the Nestlivský rybník pond's appearance. The thesis focuses on the identification of the main geomorphological processes, that were involved in this location, on the determination of the approximate date, during which these processes were going on, and on the spatial analysis, which goal is to localize the source areas of the transported rocks and the direction of the effect of geomorphological processes.

Keywords:

Quaternary geomorphology, granulometry, loesses, thermoluminescence, spatial analysis

## Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíle.....	2
3. Rozbor literatury:.....	3
4 . Vymezení zájmového území. ....	4
5. Geologické poměry zájmového území .....	5
6. Analýzy provedené v programu ArcGIS .....	7
7 Metody použité při zkoumání profilu.....	11
7.1. Určení zaoblení klastů .....	12
7.2 Určení tvaru klastů.....	13
7.3. Určení orientace a sklonu klastů.....	15
7.4. Granulometrie.....	15
7.5. Datování .....	17
8. Výsledky.....	19
8.1.Vrstva 4 .....	19
8.1.1.Tvar klastů .....	19
8.1.2Zaoblení klastů.....	20
8.1.3. Určení Orientace a sklon.....	21
8.1.4. Granulometrická analýza .....	22
8.1.5. Shrnutí výsledků analýz vrstvy 4 .....	22
8.2.. Vrstva 3 .....	23
8.2.1Granulometrická analýza .....	23
8.2.2. Shrnutí výsledků analýz vrstvy 3 .....	23
8.3.Vrstva 2 .....	24
8.3.1. Tvar klastů .....	24
8.3.2. Zaoblení klastů.....	25
8.3.3. Orientace a sklon klastů.....	26

8.3.4. Granulometrická analýza .....	28
8.3.5. Shrnutí výsledků vrstvy 2 .....	28
8.4 Vrstva 1 .....	29
8.4.1 Granulometrická analýza: .....	29
8.4.2. Shrnutí výsledků vrstvy 1 .....	29
9. Prostorová analýza .....	30
10. Diskuze a interpretace výsledků .....	32
11. Závěr .....	35
12. Seznam zdrojů: .....	36
13. Příloha:.....	39

## **1 Úvod**

Bakalářská práce na téma „Vývoj krajiny v Kvartéru v okolí Nestlivského rybníka“ byla schválena roku 2011 na katedře geografie Západočeské univerzity v Plzni. Vedoucím práce je Doc. RNDr. Pavel Mentlík, Ph.D.

Tato bakalářská práce stojí na základě zkoumání kvartérního profilu, který byl obnažen při protržení hráze Nestlivského rybníku při povodních v roce 2002. Uvolněná masa vody zde odhalila ojedinělé souvrství kvartérních sedimentů.

Stěžejní částí práce byl terénní a laboratorní výzkum prováděný z větší části v květnu až červnu 2011. V terénu bylo provedeno měření a odebrány vzorky pro laboratorní analýzy, provedené na Ostravské univerzitě v Ostravě – granulometrie nebo odeslány na datování pomocí opticky stimulované luminiscence do USA. Dále byla v terénu provedena prostorová analýza pro lokalizaci zdrojů klastů hornin, zjištěných v jednotlivých vrstvách.

## **2 Cíle:**

Hlavním cílem bakalářské práce s názvem Vývoj krajiny v kvartéru v okolí Nestlivského rybníka je určit podmínky, které zde panovaly v období kvartéru a zjistit jak tyto podmínky ovlivňovaly zdejší krajinu. Jako záznam těchto podmínek nám bude sloužit obnažený kvartérní profil, který přináší konkrétní záznam působení hlavních geomorfologických a geologických procesů. Cíle se byly rozděleny na obecné a konkrétní.

### **Obecné cíle:**

Přispět k poznání kvartérní geomorfologie a geologie zájmového území.

### **Konkrétní cíle.**

Určit hlavní geomorfologické procesy, které se podílely na utváření vzhledu krajiny vybraného zájmového území

Datovat, kdy došlo k sedimentaci jednotlivých vrstev a tím určit dobu působení daných geomorfologických podmínek a procesů.

Provést prostorovou analýzu - určit zdrojové oblasti hornin nacházejících se v jednotlivých vrstvách (pro určení směru a intenzity jednotlivých procesů)



### **3. Rozbor literatury:**

Při zpracovávání bakalářské práce bylo čerpáno z odborné geomorfologické literatury, metodické literatury a článků publikovaných v odborných časopisech zabývajících se geomorfologií.

#### **Odborná geomorfologická literatura**

Pro tuto práci je stěžejní literatura obecné a regionální geomorfologie zabývající se obdobím kvartéru, pro bližší seznámení s geomorfologií tohoto období. Chlupáš et. al, (2002) poskytuje v kapitole Kvartér (čtvrtohory) - nejmladší geologická minulost ucelený pohled na uloženiny (sedimenty) periglaciální zóny, ze kterých se skládá zkoumaný profil. Problematikou popisu kvartérních sedimentů se dále zabývají Kukul (1985) Růžičková (2003) Ložek, (2011), Czudek (2005), ZEMAN & DEMEK, (1984) Tyto monografie jsou bohaté na popis a genezi jednotlivých druhů kvartérních sedimentů, když velká část je vždy věnována eolickým sedimentům (spraším), které byly pro kvartér charakteristické. Problematikou spraší se také svých článcích zabývají Cilek (2001) a Demek & Kukla (1969)

#### **Metodická literatura**

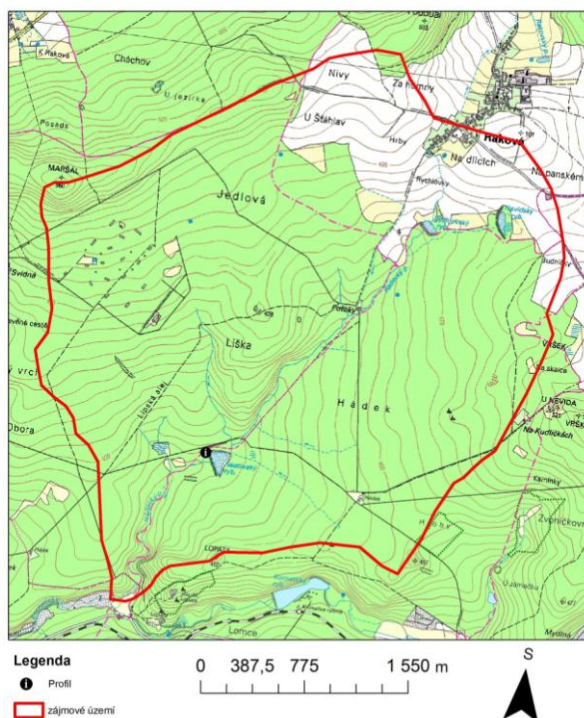
Tato literatura je zaměřena na výběr správných metod pro splnění cílů a jejich správnou prezentaci. Zde zcela zásadními publikacemi byly Glasser & Hubbard (2005) a Evans & Benn (2004). Z těchto publikací byly čerpány metody výzkumu klastických sedimentů nalezených v jednotlivých vrstvách a jejich prezentace, metody z výše zmíněných publikací byly použity i v článcích odborných geomorfologických časopisů Ballantyne (1982), Glasser & Hambrey, & Michael (2001), Evans & Thompson, (2010) a disertační práci (Mentlík, 2006). Problematikou datování v kvartéru se zabývá Walker (2005) a vybrané kapitoly v Lowe & Walker (1997). S těchto publikací bylo čerpáno při popisu použité opticky simulované luminescence (OSL). Problematika OSL byla rozebrána i v článcích

## 4 . Vymezení zájmového území.

Nestlivský rybník (420 m n. m.) se nachází jihovýchodně od Plzně přibližně 2 km od zámku Kozel a 4 km na východ od vlakového nádraží ve Štáhlavech v přírodním parku Kornatický potok. Přírodní parky jsou obecně chráněná území podle zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, jsou vyhlášovány krajskými úřady a převážně jde o oblasti ceněné z hlediska krajinného rázu. Nestlivský rybník je napájen Hádeckým potokem. Hádecký potok pramení u obce Raková v nadmořské výšce 492 m a ústí do Kornatického potoka nedaleko zříceniny hradu Lopata v nadmořské výšce 370 m.

Pro účel vymezení zájmového území jsme si vybrali povodí Hádeckého potoka, které jsme stanovili podle vrstevnic ze Základních map ČR 1:10 000 poskytnutých Českým úřadem zeměměřickým katastrálním (obr. 1.) Povodí Hádeckého potoka jsme si vybrali z důvodu, protože potok v této oblasti působí jako významný geomorfologický činitel.

Obr. 1. Vymezení zájmového území



vlastní zpracování v programu ArcGIS

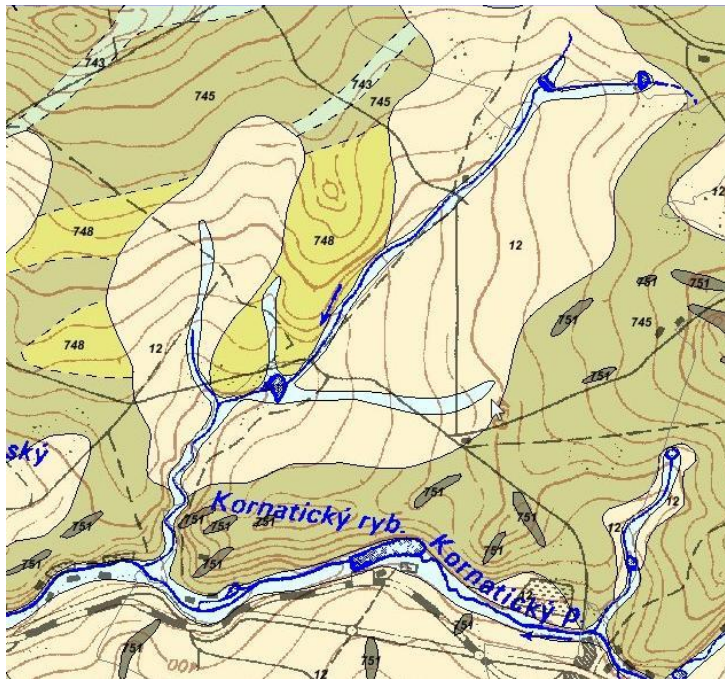
## 5. Geologické poměry zájmového území

Geologické poměry v zájmovém území můžeme rozdělit podle stáří na kvartérní (čtvrtohorní, od 2,4 milionu let dodnes) a neoproterozoické (mladší starohory, jde o poslední část proterozoika, která probíhala v období přibližně od 1000 do 542 milionů let.). V dané nadmořské výšce kvartérní sedimenty pokrývají svrchní část krajiny v podobě deluviálních sedimentů (převážně písčito-hlinité až hlinito-písčité nebo kamenité až kamenito-hlinité sedimenty často též označované jako svahoviny, jsou to zvětraliny přemísťované svahovými pochody), nivních a eolických sedimentů (České geologické služby [online])

Neoproterozoické horniny v zájmovém území vystupují v několika výchozech (nejbližší je na vrchu Liška, jedná se o břidlicový výchoz obnažený v místech, kde ho eroduje Hádecký potok). Na několika málo místech jsou k nalezení i vzdálenější výchozy silicitů.

Pro tyto silicity se užívá lokální název buližník. Buližník je silicit šedé až černé barvy vyskytujících se v proterozoiku v Barrandienu. Buližníky jsou sedimentární horniny složené převážně z oxidu křemičitého ve formě křemene (Bokr, 2007) a jsou vysoce odolné vůči chemickému zvětrávání a exogenním vlivům (Chlupáč et al. 2002). Buližníky se podle Geologické mapy (Obr. 2.) nacházejí ve východní a jižní části našeho zájmového území.

Obr. 2. Geologický mapa v měřítku 1 : 50 000



**neoproterozoikum**

743	prachovce, břidlice, droby
745	droby, prachovce, břidlice
748	droby, prachovce
749	černé břidlice
751	silicity

**kvartér**

*holocén*

6	nivní sediment (fluvialní nečleněné + sedimenty vodních nádrží)
12	píščito-hlinitý až hlinito-píščitý sediment (deluvialní) (složení pestré)
13	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment (deluvialní) (složení pestré)

*pleistocén*

Zdroj: České geologické služby [online]

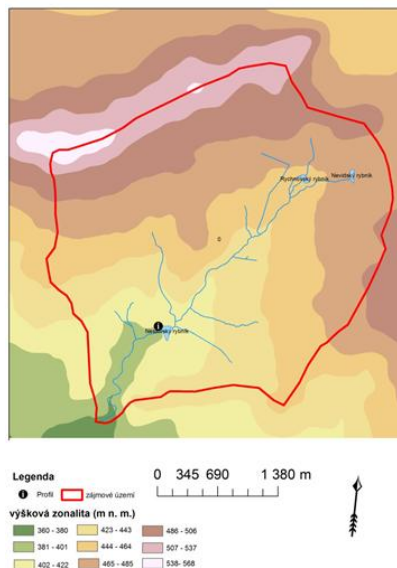
## 6. Analýzy provedené v programu ArcGIS

Pro větší poznání zájmového území, byly vyhotoveny v programu ArcGIS analýzy sklonitosti a orientace svahů. V zájmovém území, je zapotřebí znát základní morfometrické charakteristiky jako jsou orientace svahů a sklonitost svahů. Na sklonitosti a orientaci svahů často závisí intenzita a druh exogenních geomorfologických pochodů, které zde působí.

Pro analýzy sklonitosti a orientace svahů na daném území jsme vyhotovili rastr výškové zonálnosti z vrstevnic po 2 metrech editovaných ze Základních map ČR 1:10 000 funkcí Topo To Rastr s výstupní velikostí buňky 20b. (obr. 3.).

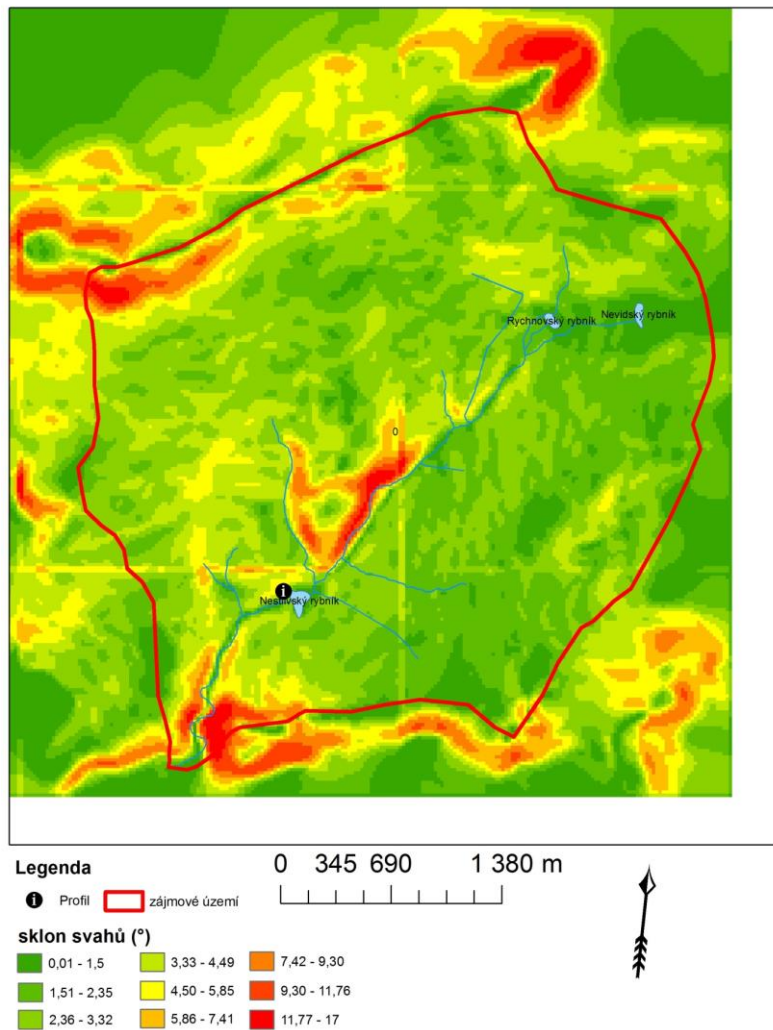
Mapu sklonitosti svahů jsme vyhotovili ve Spatial Analyst – Surface Analysis funkcí Slope při parametrech výstupní buňky 20b. (obr. 4.) a mapu orientace svahů funkcí Aspekt se stejnou velikostí výstupní buňky. (obr. 5) Dále byla provedena analýza potenciálního odtoku (rekonstrukce vodní sítě), protože v této oblasti bylo intenzivní rybníkářství a tedy mohlo dojít k vodohospodářským úpravám. Pro analýzu potenciálního odtoku byl použit podklad základní DMR a funkcí Flow direction byla vypočtena vrstva směru odtoku, tato vrstva byla dále včleněna do funkce akumulace toků (Flow accumulation) Tímto způsobem byla vytvořena vrstva potencionální říční sítě

Obr. 3. Rozložení nadmořských výšek v zájmovém území



Vlastní zpracování v programu ArcGIS

Obr. 4. Sklonitosti svahů

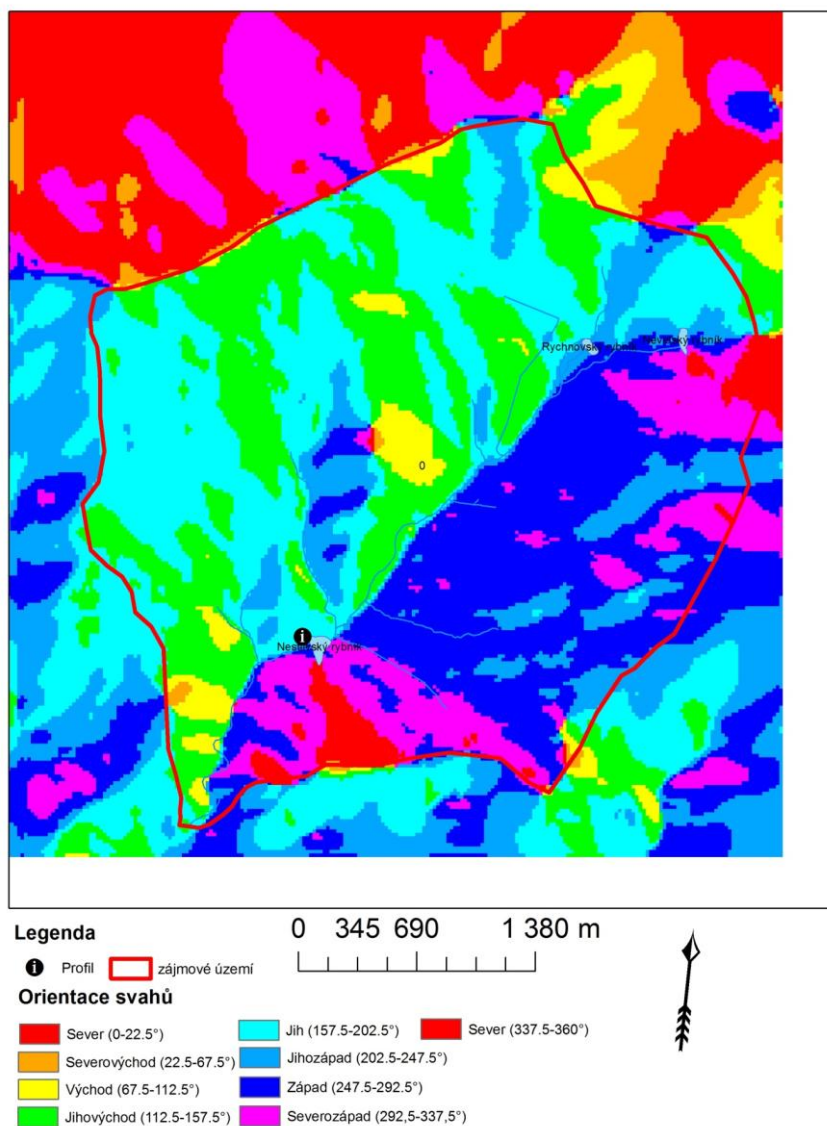


#### Vlastní zpracování v programu ArcGIS

Podle výpočtu sklonitosti svahů v programu ArcGIS funkcí Slope má svah těsně nad zkoumaným profilem sklon  $4,5 - 5,65^\circ$ . Takový svah je náchylný k pomalým svahovým pochodům jako je soliflukce nebo geliflukce. Soliflukce a geliflukce jsou svahové pohyby, které vznikají tam, kde je vrstva půdy nebo zvětralin saturována vodou. Soliflukce vzniká především v horských terénech s velmi humidním klimatem a s nízkými teplotami (malý výpar) a geliflukce vzniká v periglaciálních oblastech s výskytem permafrostu. V krátkém létě rozmrzá pouze svrchní vrstva půdy, zatímco spodní část zůstává trvale pod bodem mrazu. Svrchní vrstva saturovaná vodou pak pomalu klouže po zmrzlém podkladu. (Bryant 2005)



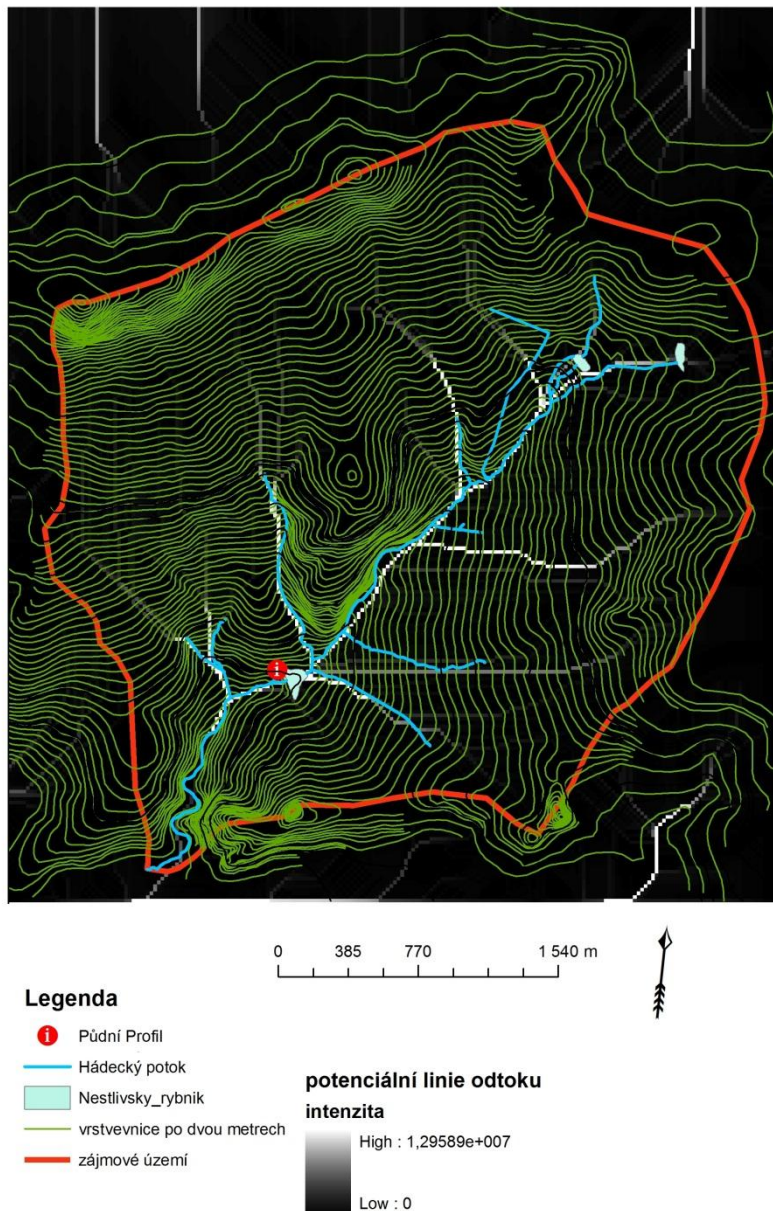
Obr. 5. Orientace svahů



### Vlastní zpracování v programu ArcGIS

Výpočet orientace svahu nad zkoumaným profilem s velikostí buňky 5x5 m. určuje orientaci svahu jižní ( $157,5^{\circ}$ - $202,5^{\circ}$ ) a z části jihozápadní ( $202,5^{\circ}$ -  $247,5^{\circ}$ ). Podle Czudka (2005) se ve vlhčích a teplejších fázích periglaciálního podnebí vyvíjely svahy se Z, JZ a J orientací, kdy velkou roli hrál sníh, ten na svazích s teplou orientací tál rychleji. Svahy vysychaly dříve než svahy se studenou orientací, což eliminovalo činnost svahových procesů.

Obr. 6. Rekonstrukce říční sítě



Vlastní zpracování v programu ArcGis

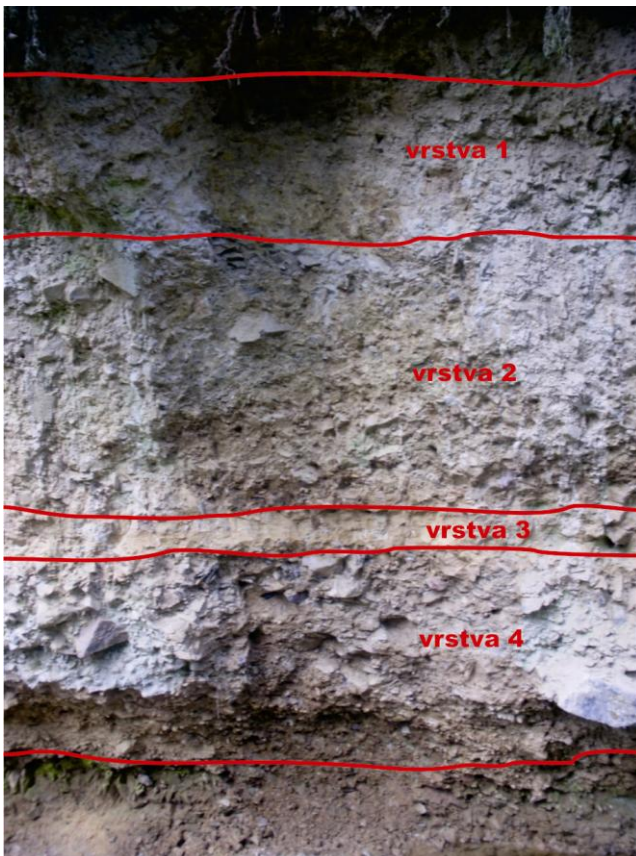
Na obr.6 máme možnost srovnání vypočítaného potencionální odtoku v zájmové oblasti a říční sítě editované ze Základních map ČR 1:10 000. Antropogenní úpravy koryta Hádeckého potoka a jeho přítoků, při srovnání potencionální vypočtenou hodnotou je dosahují změn, jen v horní části toku, dále je na tomto obrázku dobře vidět, zářez Hádeckého potoka do vrchu Liška.



## 7 Metody použité při zkoumání profilu.

Pro určení geneze jednotlivých zkoumaných vrstev (vrstvy 1, 2, 3, 4 viz Obr. 7. hlavní profil a Obr. 8. pomocný profil – vrstvy byly od sebe primárně opticky rozlišeny pomocí barvy a granulometrického složení) byly použity metody popsané ve Glasser & Hubbard (2005), Evans & Benn (2004) a použitá v člancích Glasser et al., (2001), Ballantyne (1982), Benn & Ballantyne (1994) a Mentlík (2006).

Obr .7. Hlavní profil



Obr. 8. Pomocný profil



Zdroj: Autorské foto

### **Metodika:**

- Určení zaoblení klastů
- Určení tvaru klastů
- Určení orientace a sklonu klastů
- Granulometrie
- Opticky stimulovaná luminescence

Pro metody určení tvaru, orientace, sklonu a zaoblení klastů, bylo odebráno 50 vzorků klastů z vrstev 2 a 4 s velikostí nejdelší osy (osa-a) větší než 45 mm. Ve vrstvách 1 a 3 se pro tyto analýzy nenacházely dostatečně velké klasty.

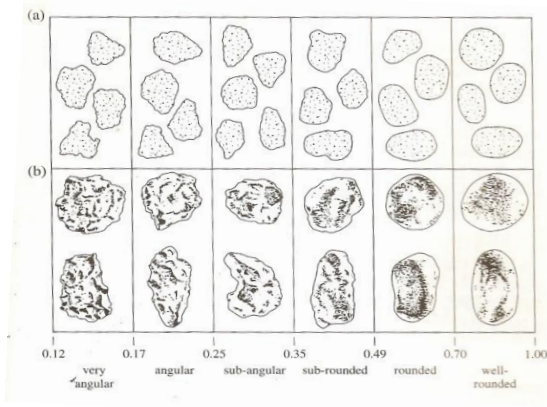
Těmito metodami byl zkoumán hlavní profil (obr. 6), profil vedlejší (obr. 7) byl stanoven jen po možnost ověření granulometrické analýzy a pro odběr vzorků pro datování.

#### **7.1. Určení zaoblení klastů**

Určení míry zaoblení je důležité pro odhad vzdáleností, na jakou byl sediment transportován a typu procesu. Tato metoda vychází z předpokladu, že zvětralé úlomky skal, které nebyly transportovány, jsou více ostrohranné, jejich hrany nebyly obroušeny transportem. Naopak při transportu úlomku dochází k mechanickému poškozování - obroušování hran. Obsahuje - li vrstva nezaoblené nebo málo zaoblené úlomky (klasty), předpokládáme, že materiál byl transportován na kratší vzdálenost, než by tomu bylo u sedimentu s více zaoblenými klasty. Touto analýzou spolu s určením druhů hornin, které klasty tvoří, je možné lokalizovat místo odkud byl materiál transportován. U této analýzy nesmíme zapomínat na to, že druh horniny také ovlivňuje zaoblení klastů. Měkčí horniny podléhají lépe opracování, naopak horniny vrstevnaté vytvářejí úlomky více nepravidelných tvarů. Například klasty transportované ledovcem, nebo silným říčním proudem budou výrazněji zaoblené.

Určení míry zaoblení se provádí vizuálně, dle tabulky stanovené Krumbeinem (1941) a později upravené Powersem (1953) (obr. 9). Podle tabulky (obr 9) třídíme klasty do 5 skupin: velmi ostrohranné (VA – very angular ), ostrohranné (A - angular), méně ostrohranné (SA – sub-angular), méně zaoblené (SR – sub-rounded), zaoblené (R - rounded), (v původní tabulce je skupin 6, pro naše účely byla vyřazena skupina dobře zaoblené z důvodů, že z odebraných klastů nebyl žádný takto opracován.

Obr. 9. a) 2D vyjádření tvaru klastů určené Krumbienem, B) 3D modifikované vyjádření tvaru klastů podle Powerse (1953)



Převzato z Glasser & Hubbard 2005

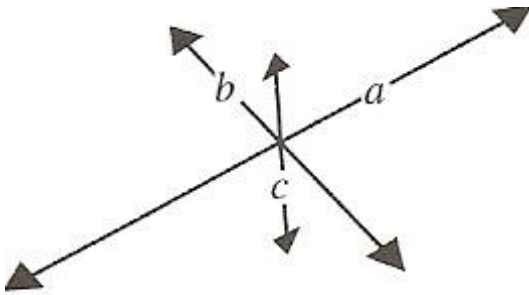
## 7.2 Určení tvaru klastů

Tvar klastu je charakteristika, která podobně jako zaoblení vypovídá o délce transportu, charakteru sedimentačního prostředí a tím nám pomáhá rozlišovat od sebe jednotlivé vrstvy.

Určení tvaru je založeno na změření tří hlavních na sebe kolmých os klastů, kde osa a je nejdelší, b je střední a c nejkratší (Obr. 10) Pro vyhodnocení byl využit trojúhelníkový diagram (Sneed & Folk 1958) v rozšíření programu Excel Triangular diagram plotting spreadsheet (TRI-PLOT) (Graham & Midlegley, 2000), kde trojúhelník představuje kontinuum tvarů klastů, s „extrémy“(hranatý krychlový tvar, úzký plochý tvar a úzký protáhlý tvar) v jednotlivých vrcholech. (Obr. 11) Dále byl spočítán index C40. Index C40 je číselnou charakteristikou tvaru klastů určenou délkou os c:a,  $C40 = c : a \leq 0,4$  [%] (Ballantyne 1982).

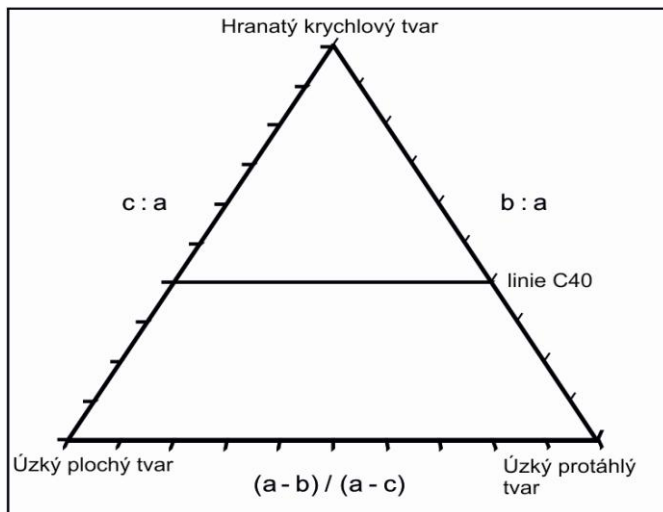
Na Sneed & Folk diagramu je pro lepší vizuální interpretaci výsledků vyznačena tzv. C40 linie spojující hodnoty 0,4 na osách c:a a b:a. Pokud se nad touto linií nachází většina úlomků, jedná se převážně o sediment tvořený pravidelnými úlomky s větším opracováním (potencionálně delším transportem) a naopak. (obr. 11)

Obr. 10. Ortogonální uspořádání os  $a$ ,  $b$ ,  $c$



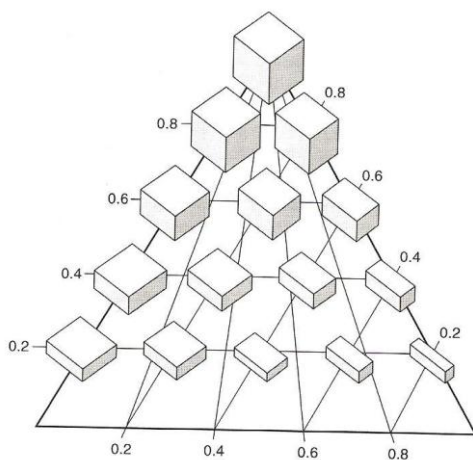
Převzato z Glasser & Hubbard 2005

Obr. 11. Sneed & Folk diagrama s vyznačenou linií C40



Převzato z programu TRI-PLOT a upraveno v programu Corel

Obr.12. kontinuum tvaru klastřů u Sneed & Folk diagramu



Převzato z (Evans & Benn, 2004)

### 7.3. Určení orientace a sklonu klastů

Tyto charakteristiky sedimentů nám poskytují informace o prostředí, ve kterém byl sediment uložen - například fluviální klasty mají osu *a* kolmou na směr toku, to je dáno tím, že tok se snaží ukládat sediment s co nejnižším odporem vůči proudění, tedy ve směru osy *b*.

Měření orientace klastů bylo provedeno geologickým kompasem s přesností na 1°, pro možnost porovnání jednotlivých vrtev. Naměřená data následně byla zanesena do růžicového diagramu a 3D stereografické projekce v programu Georient (Holcombe 2005) (do 3D stereografické projekce zadáváme dva parametry. Orientaci, která je vynášena na osy *x* a *y* a sklon, který je vynášen na osu *z* v 2D což se nám projevuje tak, že klasty se sklonem 0° jsou na hraně kružnice, kdežto klasty se sklonem blížícím se 90° se přibližují ke středu kružnice.

### 7.4. Granulometrie

Studiem granulometrie (resp. zrnitostní diferenciací sedimentu) se snažíme stanovit vztah mezi velikostí částic a jejich četností bez ohledu na jejich tvar, množství a specifickou váhu. (Bezvodová et al. 1985) Informace poskytnuté granulometrickou analýzou nám napomáhají rozlišit od sebe jednotlivé vrstvy a podmínky jejich vzniku. Velikost částice je důležitá pro její transport a ten je závislý na klimatických podmínkách, které v době transportu panovaly. Například v periglaciálních podmínkách (předpolí ledovců) v chladném období docházelo k tomu, že vítr vyvál drobné částičky (eolické sedimenty), které byl schopný transportovat na velké vzdálenosti, za teplých období v témže místě, roztála vrchní vrstva permafrostu a půda nasáklá vodou stékala po mírných svazích a unášela sebou drobné, ale i větší klasty, které by nebyl schopný vítr unést. Granulometrická analýza poukazuje na to, jak se různě veliké klasty podílejí na složení jednotlivých vrstev, což nám poskytuje informace o druhu transportu a jeho unášecích schopnostech.

Pro možnost vyhotovení granulometrické analýzy byl v terénu z každé vrstvy (včetně pomocného profilu) odebrán vzorek cca 1000 g sedimentu. Následně bylo provedeno prosévání mokrou cestou na přístroji firmy Fritch na Katedře fyzické geografie a geoekologie Ostravské univerzity v Ostravě. Byla použita sada sít o velikosti ok 20, 63, 200, 630, 2 000, 5 000, 10 000  $\mu\text{m}$ . Zpracování výsledků bylo provedeno v rozšíření aplikaci Excel Gradistat (Blott & Pye 2001). Výsledky byly graficky znázorněny v trojúhelníkovém grafu (obr. 24) Velikost stupnice používaná

v Gradistatu byla definována Udden (1912) a modifikována Wentworthem (1922).(Obr 12)

Obr. 12. Velikost stupnice používaná v Gradistadu

Grain Size		Descriptive term	
phi	mm		
-10	1024	Very Large	Boulder
-9	512	Large	
-8	256	Medium	
-7	128	Small	
-6	64	Very small	
-5	32	Very coarse	Gravel
-4	16	Coarse	
-3	8	Medium	
-2	4	Fine	
-1	2	Very fine	
0	1	Very coarse	Sand
1	500	Coarse	
2	250	Medium	
3	125	Fine	
4	63	Very fine	
5	31	Very coarse	Silt
6	16	Coarse	
7	8	Medium	
8	4	Fine	
9	2	Very fine	
		Clay	

Převzato z programu Gradistat (Blout & 2001)



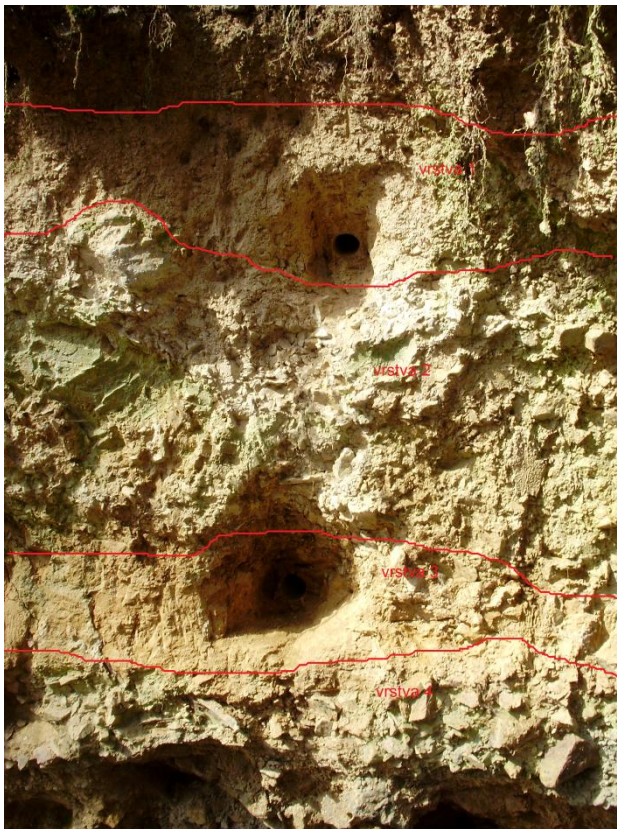
## 7.5. Datování

Díky spolupráci s katedrou fyzické geografie a geoekologie Přírodovědné fakulty Univerzity Karlovy v Praze konkrétně s RNDr. Zbyňkem Engelem, Ph.D se nám naskytla možnost datování tří stěžejních vrstev metodou opticky stimulované luminiscence (OSL)

Dne 1. 7. 2011 jsme odebraly vzorky. Odběr vzorků pro OSL musí probíhat tak, aby se vzorky nedostaly do kontaktu se slunečním svitem.

(dále vysvětleno v metodě OSL datování). Vzorky byly odebrány tak, že se do jednotlivých vrstev pomocí palice zarazila lešenářská trubka. Po vytažení trubky, byl daný vzorek uvnitř trubky chráněn před slunečním svitem. Takto odebranné vzorky se v zatemněné místnosti vytlačily z trubky a byly připraveny na odeslání do laboratoře.

Obr. 13. Pomocný profil po odebrání vzorku na OSL datování



Autorské foto

### **Metoda OSL datování.**

Metodou opticky stimulované luminescence se datují vzorky s obsahem zrn křemene či živce, jedná se zejména o spraše, glaciální sedimenty a mořské sedimenty, které byly po delší dobu vystaveny slunečnímu svitu (Aitken 1985).

Podstatou OSL metody je působení ionizujícího záření (radioaktivního), díky kterému mohou být v pevných látkách zachyceny elektrony v metastabilní poloze (zachycené v centrech ležících v zakázaném pásu mezi valenčním a vodivostním pásmem – tzv. elektronové pasti) to je způsobeno nečistotami a nepravidelnostmi v krystalové mřížce (Berger 1988, 1995). Tyto elektronové pasti se uvolňují optickým stimulem (ozářením viditelným světlem), to znamená, že se všechny takto lapené elektrony vracejí do elektronových obalů, to je doprovázeno ovolňováním energie v podobě luminescenčního efektu (světélkování), které zachycuje velmi citlivý detektor světla jako světelnou emisi. Podle intenzity a délky luminescence se výpočtem určí stáří vzorku. Čím byl vzorek déle pohřben, tím více absorboval radioaktivní záření (uvolněné elektrony) a tím silnější je luminescenční efekt. (Singhvi et al.1982)



## 8. Výsledky

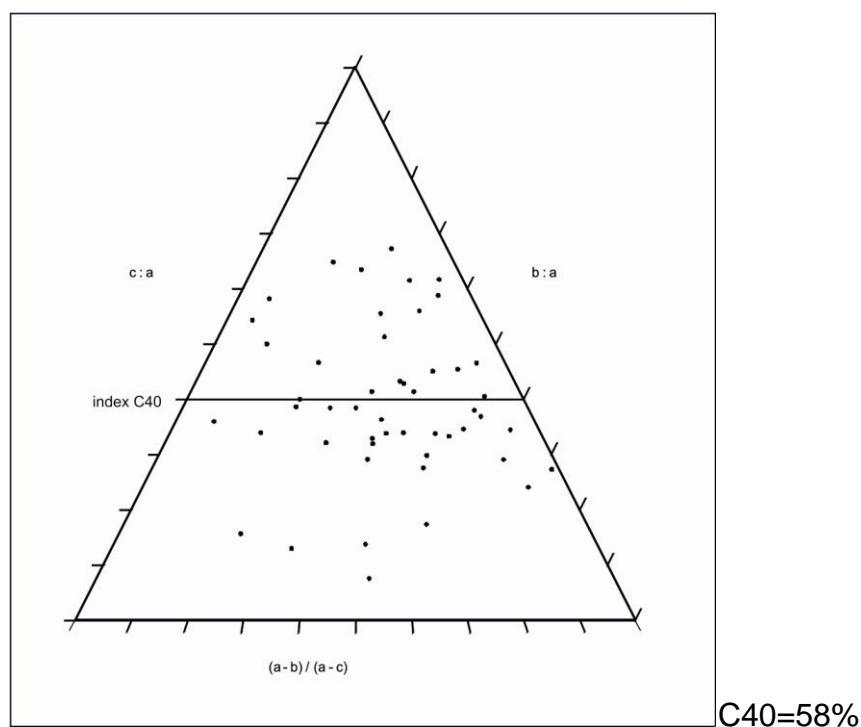
### 8.1. Vrstva 4

Je nejspodnější zkoumanou vrstvou v profilu, její mocnost je 80 cm a nasedá na úzkou vrstvu spraší. Hranice vrstvy 4 a vrstvy 3 jsou ostré a poukazují na náhlou změnu sedimentačního prostředí. Horninové složení vrstvy není homogenní. Odebrané vzorky pro analýzy klastů byly tvořeny břidlicemi (74%), bulžníky (24%) a hematity (2%). (obr. 15)

#### 8.1.1. Tvar klastů

Na obr. 14 si lze povšimnout, že zkoumané klasty jsou rozmístněny neuspořádaně po celé oblasti diagramu Sneed and Folk, což nám naznačuje, že nepřevažuje žádný tvarový prvek v této vrstvě. Index C40 vychází na 58%.

Obr.14. Sneed & Folk diagram klastů vrstvy 4

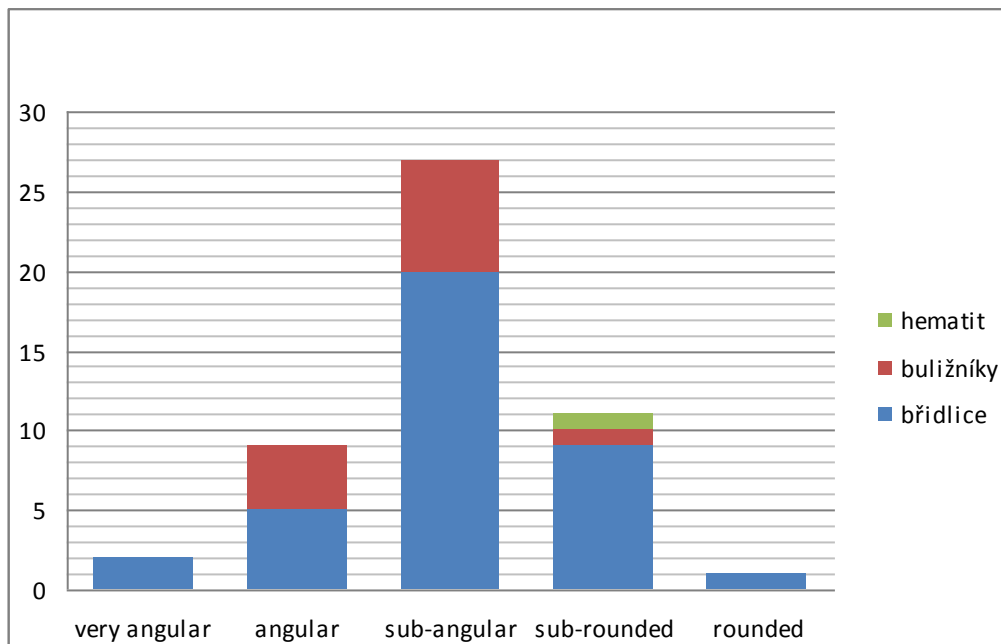


Vlastní zpracování v programu TRI-PLOT (Graham & Midgley 2000)

### 8.1.2 Zaoblení klastů

Ve vrstvě 4 dominuje jeden typ zaoblení klastů (obr. 15) a to mírně ostrohranný typ (SA) s 54%, 40% klastů se řadilo do dvou typů blízkých mírně ostrohrannému typu, ostrohranné (A) (18%) a mírně zaoblené (SR) (22%) a zbylých 6% připadlo na velmi ostrohranné (VA) (4%) a zaoblené (R) (2%).

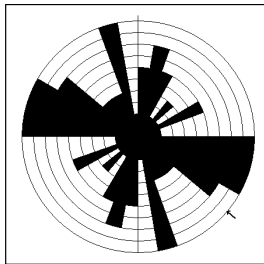
Obr.15 . Zaoblení klastů ve vrstvě 4



Vlastní zpracování v programu excel

### 8.1.3. Určení Orientace a sklon

Obr.16. Směrová růžice klastů Vrstvy 4



Vlastní zpracování v programu GEORient 9.2 (HOLCOMBE 2005)

#### **Parametry směrové růžice**

Kruhová výseč =  $10^\circ$

Měřítka intervalu = 20% (10 dat)

Maximální hodnota = 10% (5 dat)

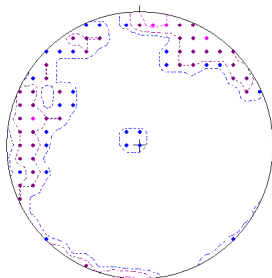
Střední hodnota = S50E-N50W

Kruhový medián = S54E-N54W

Ve směrové růžici výrazně nepřevládá žádný směr, klasty zde byly uloženy neuspořádaně, když pouhých 10% klastů bylo uloženo ve stejném směru.

#### **stereografická projekce**

Obr. 17. Stereografická projekce klastů vrstvy 4



• - - - > 3%  
• - - - > 6%  
• - - - > 12%  
**[Max. =14,29%]**

Vlastní zpracování v programu GEORient 9.2 (HOLCOMBE 2005)

Sklon měřených klastů se nejčastěji pohyboval v intervalu od  $0 - 15^\circ$  (66%), v intervalu  $16 - 45^\circ$  (30%) a v intervalu  $46 - 90^\circ$  (4%)

#### 8.1.4. Granulometrická analýza

Dle granulometrického složení ve vrstvě 4 dominují štěrky (Obr. 15.) které se podílejí 70,7 % na složení vrstvy 4 v hlavním profilu a 61,1% v pomocném profilu. Písky jsou druhým nejvíce zastoupeným prvkem, když v hlavním profilu dosahují hodnot 17,6 % a v profilu pomocném 23,4%, prachové části dosahují nejnižších hodnot 11,7% respektive 15,5%.

Granulometrické složení vrstvy 4 je velice podobné se složením vrstvy 2, s tou výjimkou, že vrstva 4 obsahuje vyšší procenta částic písků a o něco nižší procenta prachových částic.

Tab. 1.

	Vrstva 4	
	hlavní	pomocný
% štěrk:	70,7%	61,1%
% písek:	17,6%	23,4%
% prach:	11,7%	15,5%

Vlastní zpracování v rozšíření aplikaci Excel Gradistat (Blott & Pye 2001)

#### 8.1.5. Shrnutí výsledků analýz vrstvy 4

Výsledky provedených analýz ve vrstvě 4 svědčí o fluvialním procesu sedimentace konkrétně o silné povodňové události, která byla schopná transportovat i velké klasty, které vrstva obsahuje. O silné povodňové události svědčí orientace klastů bez převládajícího směru a velké množství klastů štěrku (70 % respektive 60%). Index C40 jako matematické vyjádření tvaru těchto klastů vyháží na 58%, to znamená, že větší polovina klastů je nepravidelného tvaru (obr. 14) s převažujícím opracováním mírně ostrohranné (SA) (54%) (Obr.15), který svědčí tom, klasty nejsou autochtonní, ale byly sem transportovány procesem, který je i opracoval. (fluvialní – Hádecký potok) Ve vrstvě 4 chybí gradační zvrstvení, které by mělo být při velké povodňové události ve vrstvě patrné. Nepřítomnost tohoto zvrstvení odůvodňujeme tím, že potok v době povodňové události neměl stejné koryto jako dnes a tedy po rychlém opadnutí vody nedocházelo k sedimentaci stále menších klastů, ale začal sedimentační proces vrstvy 3.

## 8.2.. Vrstva 3

Vrstva 3 má mocnost 20 cm, světle okrovou barvu podobnou barvě vrstvy 1. Vrstva 3 neobsahuje žádné vhodně klasty pro určení orientace, směru a sklonu klastů. Její hranice s ostatními vrstvami jsou ostré což, poukazuje na náhlou změnu sedimentačního prostředí.

### 8.2.1 Granulometrická analýza

Ve vrstvě 3 převládají drobné sedimenty, když se podílejí na složení hlavního profilu 87% a u profilu pomocného 92,2%. Na složení těchto sedimentů se nejvíce podílejí prachové částice, které u hlavního profilu dosahují zastoupení 60,6% a u profilu pomocného 67,2%. Zastoupení písků je u obou profilů téměř totožné a pohybuje se okolo 25%. Zastoupení štěrků je malé.

Tab. 2 - Granulometrické složení vrstvy 3

	Vrstva 3	
	hlavní	pomocný
% štěrk:	13,0%	7,8%
% písek:	26,4%	24,9%
% prach:	60,6%	67,2%

Vlastní zpracování v rozšíření aplikaci Excel Gradistat (Blott & Pye 2001)

### 8.2.2. Shrnutí výsledků analýz vrstvy 3

Ve vrstvě 3 byla provedena jen granulometrická analýza. Vrstva 3 je tvořená drobnými klasty eolického charakteru, který vznikaly v periglaciálních podmínkách jako jemnozrný materiál vyvátý z oblastí bez vegetačního pokryvu. Takto usazený materiál nazýváme spraší.

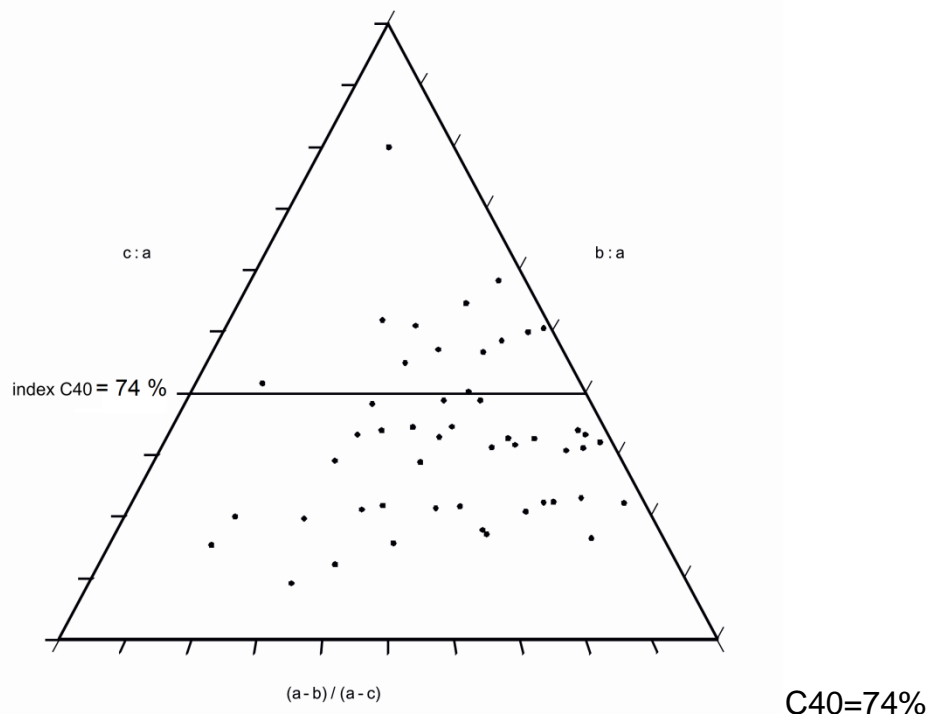
### 8.3.Vrstva 2

Tato vrstva nasedá na vrstvu 3 ve výšce 165 cm od horního okraje profilu, mocnost vrstvy činí 75 cm. Ve vrstvě bylo zjištěno dostatečné množství vhodných klastů pro analýzy opracování klastů, tvaru klastů, orientace a sklonu klastů. Byla vyhotovena i granulometrická analýza. Horninové složení klastů ve vrstvě je homogenní. Horniny jsou zde zastoupeny jílovitými břidlicemi.

#### 8.3.1. Tvar klastů

Klasy byly vyneseny do Sneed and Folk diagramu a byl spočítán index C40, který pro vrstvu 2 vychází na 74% (Obr.18.). To znamená, že klasy jsou protažené v ose *a* a zkrácené v osách *b* a *c*, tedy že většina klastů se v diagramu nachází pod linií C40, jde tedy o převážně nepravidelné úlomky protáhlého, plochého, deskovitého tvaru. Tento tvar je charakteristický pro horniny, které byly mechanicky desintegrovány na menší částičky fyzikálním zvětráváním.(Mentlík, Kraft 2004)

Obr.18. Sneed & Folk diagrama Vrstvy 2



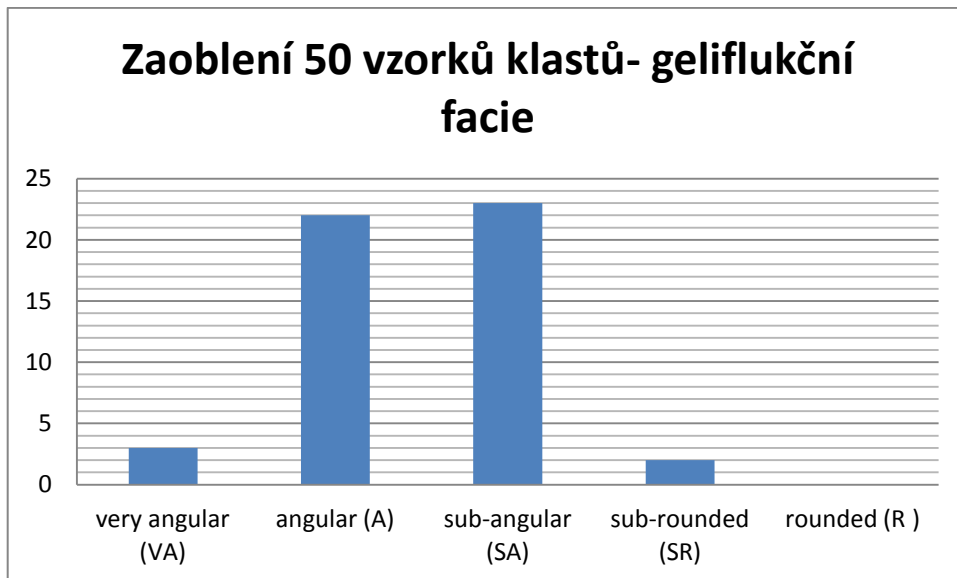
Vlastní zpracování v programu TRI-PLOT (Graham & Midgley 2000)

### 8.3.2. Zaoblení klastů

U klastů z vrstvy 2 převládají dvě úrovně zaoblení, které dohromady zastupují 90% klastů, jde o ostrohranné (A) (44%) a mírně ostrohranné (SA) (46%) klasty, na zbylých 10% se podílí 6% velmi ostrohranné (VA) a 4% mírně zaoblené klasty (SR) (Obr. 19)

Nízký stupeň opracování hran klastů napovídá tomu, že klasty nebyly transportovány na velkou vzdálenost.

Obr. 19. Zaoblení klastů ve vrstvě 2

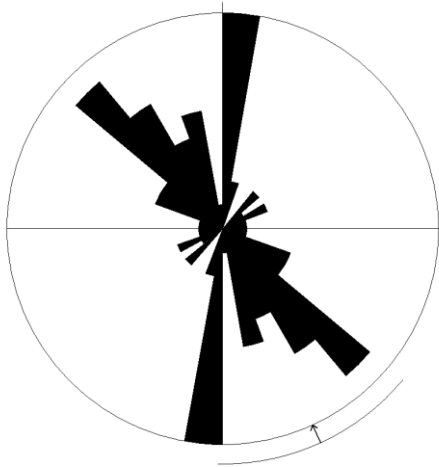


Vlastní zpracování v programu excel

### 8.3.3. Orientace a sklon klastů.

#### ***Orientace klastů***

Obr.20 Směrová růžice klastů uložených ve Vrstvě 2



Vlastní zpracování v programu GEOrient 9.2 (HOLCOMBE 2005)

#### ***Parametry směrové růžice:***

Směrová růžice je dána parametry:

Kruhová výseč = 10°

Měřítka intervalu = 20% (10 dat)

Maximální hodnota = 18% (9 dat)

Střední hodnota = S25E-N25W

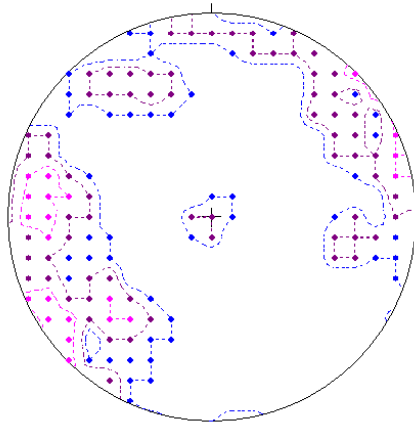
Kruhový medián = S28E-N28W

Ve vrstvě 2 převažují dva směry a to S-J a SZ-JV se střední hodnota (S25E-N25W) Tato analýza nám ukazuje přibližně směr geomorfologického procesu, který klasty ukládal.



## Stratigrafická projekce

Obr. 21. Stereografická projekce klastů Vrstvy 2



•--- > 2%  
•--- > 4%  
•--- > 8%  
(Max. =12,00%)

Vlastní zpracování v programu GEORient 9.2 (HOLCOMBE 2005)

Sklon měřených klastů se ve vrstvě dvě dá rozdělit do dvou skupin s téměř stejným zastoupením. Do skupiny se sklonem 0 – 15° (54% klastů) a 16 – 45° (44%), třetí skupina 45 – 90° má minimální zastoupení (2%).

### 8.3.4. Granulometrická analýza

Granulometrická analýza této vrstvy (Obr. 17.) vykazuje převažující množství štěrků v obou profilech (okolo 75%). Nízkou hodnotu prachových částic (18%) a malé množství části písku (pod 10 %)

Tab. 3 - Granulometrické složení Vrstvy 2

	Vrstva 2	
	hlavní	pomocný
% štěrk:	73,3%	75,4%
% písek:	8,4%	6,5%
% prach:	18,3%	18,1%

Vlastní zpracování v rozšíření aplikaci Excel Gradistat (Blott & Pye 2001)

### 8.3.5. Shrnutí výsledků vrstvy 2

Vrstva 2 má podobné granulometrické složení jako vrstva 4 s vysokým obsahem štěrků (největší rozdíl v granulometrickém složení vrstev 2 a 4 je v podílu písku, který jen ve vrstvě 4 o 9 a 18% vyšší), avšak klasty vrstvy 2 mají jiné charakteristiky. Předně klasty ve vrstvě 2 jsou méně opracované, dle indexu C40 je jejich tvar více nepravidelný a osy klastů vyznačují pravidelnější směr ukládání. Zjištěné údaje z vrstvy 2 nás přivádějí k názoru, že vrstva je geliflukční geneze.

## 8.4 Vrstva 1

Vrstva 1 je nejsvrchnější zkoumaná část profilu, její mocnost dosahuje 45 cm v hlavním profilu a 55 cm v pomocném profilu. Jejím podložím je vrstva 2, nadložím je kambizem (25 cm). Vrstva se vyznačuje světle béžovou barvou. V této vrstvě se nenalézají dostatečné veliké klasty pro analýzy tvarů klastů, zaoblení klastů, orientace a sklonu klastů. Byla tedy vyhotovena jen granulometrická analýza. Hranice mezi vrstvou je 1 a 2 je pozvolná k jejímu vymezení pomohly klasty vrstvy 2, která jsou výrazná a žádné takové klasty se ve vrstvě 1 nenachází.

### 8.4.1 Granulometrická analýza:

Tab. 4 Granulometrické složení vrstvy 1

	Vrstva 1	
	hlavní	pomocný
% štěrk:	26,0%	23,6%
% písek:	19,7%	29,0%
% prach:	54,3%	47,3%

Vlastní zpracování v rozšíření aplikaci Excel Gradistat (BLOTT & PYE 2001)

Vrstva 1 je charakteristická vysokým podílem prachových částic, který je v hlavním profilu nadpoloviční a v pomocném profilu téměř poloviční. Podíl písku je v obou profilech rozdílný. Podíl štěrku v obou profilech dosahuje přibližně jedné čtvrtině.

### 8.4.2. Shrnutí výsledků vrstvy 1

Granulometrická analýza vrstvy 1 poukazuje svým vysokým podílem prachových částic a částic písku na genezi v periglaciálních podmínkách, kdy se v sušším období usazovali eolické sedimenty. Dle výsledků této analýzy dále budeme označovat tuto vrstvu jako vrstvu sprašové hlíny.

Sprašová hlína je eolický sediment usazovaný v období glaciálů, Ložek (1973) jí také nazývá prachovicí. Nalézá se v nadmořských výškách 300 – 350 m (Chlupáč et. al, 2011). Její složení jsou prachové částice. My jsme termín sprašová hlína použily k rozlišení vrstvy 1 od vrstvy 3 (spraš) na základě hodnot prachových částí obsažených ve vrstvě. Pro přesnější rozlišení mezi těmito vrstvami by byla nutná analýza rozptýleného  $\text{CaCO}_3$ , jehož hodnota by měla být ve sprašové hlíně 0 a ve spraši by se měla pohybovat v intervalu 10 - 20 % (Chlupáč et al., 2011)

## 9. Prostorová analýza

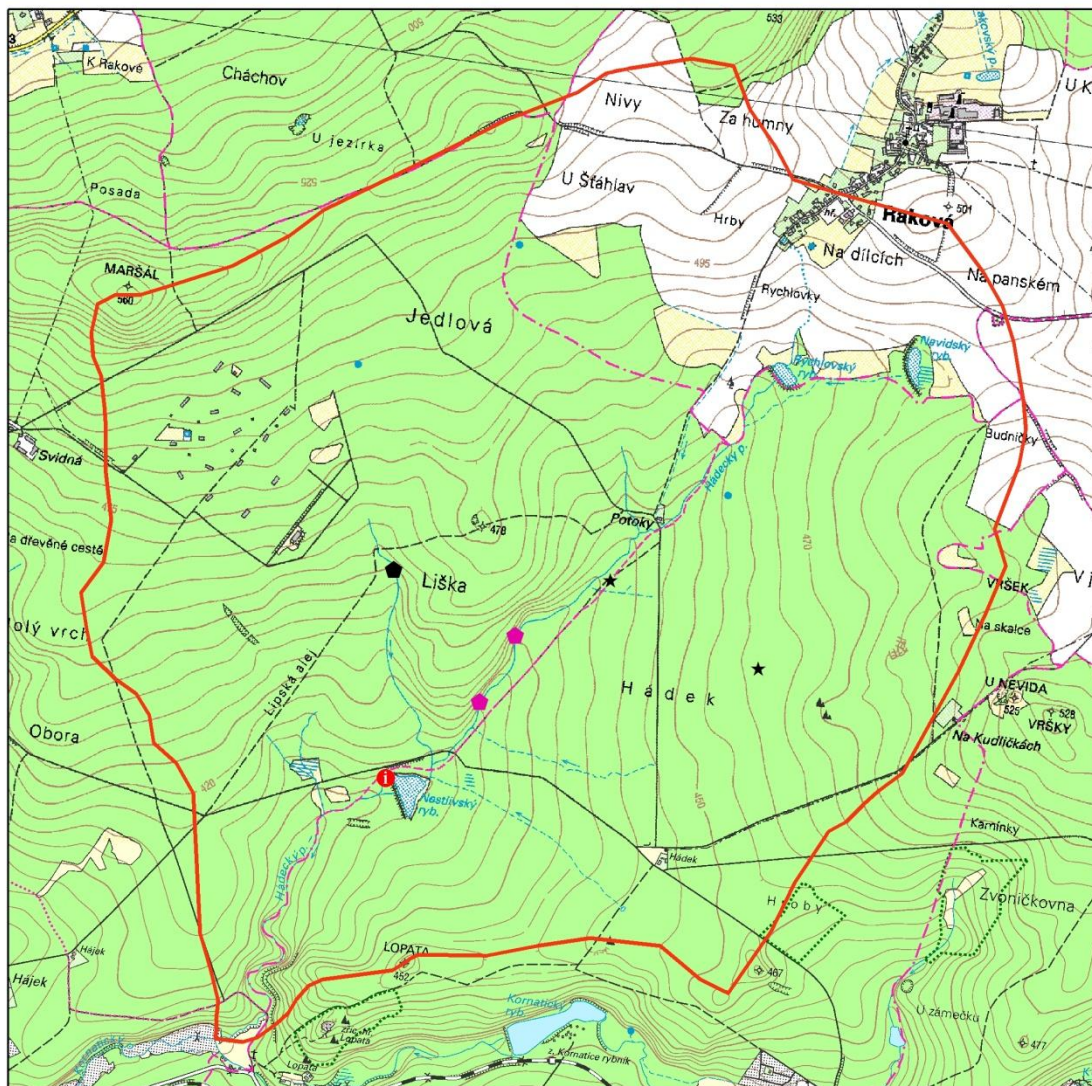
Prostorovou analýzou jsme prováděli v terénu a jejím hlavním cílem bylo určit zdrojové oblasti hornin nalezených ve zkoumaném profilu. Podkladem pro prostorovou analýzu nám byla geologická mapa v měřítku 1 : 50 000 (Obr. 2), analýzy provedené v programu ArcGIS a u klastů vrstvy 2 také analýza orientace s klastů.(v analýze orientace klastů ve vrstvě 4 nepřevládá žádný směr, který by naznačoval směr transportu).

Základní lokalizace neoproterozoických hornin proběhla nad geologickou mapou, díky které jsme získali základní přehled o oblastech, kde tyto horniny vystupují na povrch.

Jako zdroj břidlicových klastů jsme identifikovali výchoz Liška, který je viditelný na obr. 1.a obr. 25. Obnažený břidlicový výchoz se nachází S až SV od zkoumaného profilu. Výchoz je silně zvětralý a obnažený na několika místech jeho severní části, odkud nejspíše pocházejí klasty nalezené ve vrstvě 2. Je od profilu vzdálená 915 m a průměrný sklon svahu je 4,5° (5%). Svahy s takovými sklony po saturaci vodou začínají pomalu stékat. Jedná se o pomalé svahové procesy, v tomto případě nejspíše proces geliflukce (nalezení spraší odhaluje periglaciální podmínky, na které je geliflukce vázána). Břidlicové klasty nalezené ve vrstvě 4 nepochybně pocházejí z východní části vrchu Liška, kterou eroduje Hádecký potok v přibližně 700 m dlouhé linii.

Zdroj bulžníků ve vrstvě 4. se nachází ve východní části zájmového. Tato část je odvodňována pravotokým přítokem, který se vlévá do Hádeckého potoka přibližně 800 metrů vzdušnou čarou od zkoumaného profilu. Avšak při terénním výzkumu byl nalezen ještě jeden možný zdroj klastů bulžníků, který není uveden v geologické mapě, tento zdroj se nachází nad soutokem Hádeckého potoka s výše zmíněným přítokem.

Obr. 22. Lokalizace zdroje klastů.



**Legenda**

- ★ Zdroj bulžnickových klastů
- ⬛ Zdroj břidlicových klastů vrstvy 2
- ⬠ Zdroj břidlicových klastů vrstvy 4
- ❗ Půdní Profil
- vymezení zájmového území



Vlastní zpracování v programu ArcGIS

## 10. Diskuze a interpretace výsledků

Podle výsledků datování se zkoumaný profil formoval před  $22320 \pm 2180$  až  $20\,740 \pm 1900$  lety, což podle Ložka (2007) odpovídá Würmu (respektive Viselu). Sedimenty ve zkoumaném profilu zachycují, vývoj přibližně v jeho vrcholném období (pleniglaciálu) resp. posledním glaciálním maximu (last Glacial Maximum – LGM), které je datováno do období před 22 – 19 tisíci lety. (Anderson et al., 2007). V tomto období, kdy průměrná roční teplota byla bod bodem mrazu a nízké srážky převládal biot sprašových stepí (sprašové stepi dnes nemají v Evropě srovnatelné období, jejich vegetace se vyznačovala vysokým podílem merlíkovitých, pelyňků a podobných rostlin). Toto období bylo charakteristické usazováním eolických sedimentů (spraší a vátých písků) - jemnozrnných materiálů vyvátých z oblastí bez vegetačního pokryvu (vrstva 1 a 3).

Ve Würmu docházelo k dílčím výkyvům, vlhčího a teplejšího rázu tyto výkyvy jsou označovány jako interstadiály. V období se zvýšenými teplotami a vlhkostí se i na mírných svazích uplatňovaly svahové pochody (geliflukce, soliflukce), tj. pohyb rozbředlých zemin na nepropustném hluboce promrzlém podkladu (permafrostu) (Ložek, 2007). V tomto období se intenzivně uplatňovalo mechanické zvětrávání podmíněné především střídavým mrazem, takže vznikaly i svahoviny tvořené převážně menšími ostrohrannými úlomky tzv. mrazové drtě (Ložek, 2007). Tomuto období zřejmě odpovídají deluviální (svahové) sedimenty vrstvy 2.

Ložek (2007) popisuje řeky v tomto období jako divočí toky se silnou unášecí schopností. Je pravděpodobné, že takový charakter měl i Hádecký potok, když usazoval sedimenty vrstvy 4. Tato vrstva zřejmě vznikla v přibližně stejném období jako vrstva 3 (usuzujeme tak podle toho, že vrstva 4 rozděluje sprašovou vrstvu 3 od vrstvy spraší, které se nalézají v podloží vrstvy 4 – neúspěšné datování). Akumulované fluviální sedimenty v této vrstvě vypovídají o tom, že sem byly transportovány buď při velké povodňové události nebo silným vodním tokem. Protože povodí Hádeckého potoka je plošně poměrně malé, je první hypotéza (tedy událost charakteru bleskové povodně – flash flood) více pravděpodobná. Příčina této události byla, zřejmě klimatického charakteru, když v povodí Hádeckého potoka spadlo větší množství srážek, které byly po nepropustné vrstvě permafrostu odvedeny do koryta potoka. Intenzita splachu byla umocněna i minimální vegetací. Vodní tok tím získal dostatečnou unášecí schopnost pro transport i tak velkých klastů jako byly nalezeny

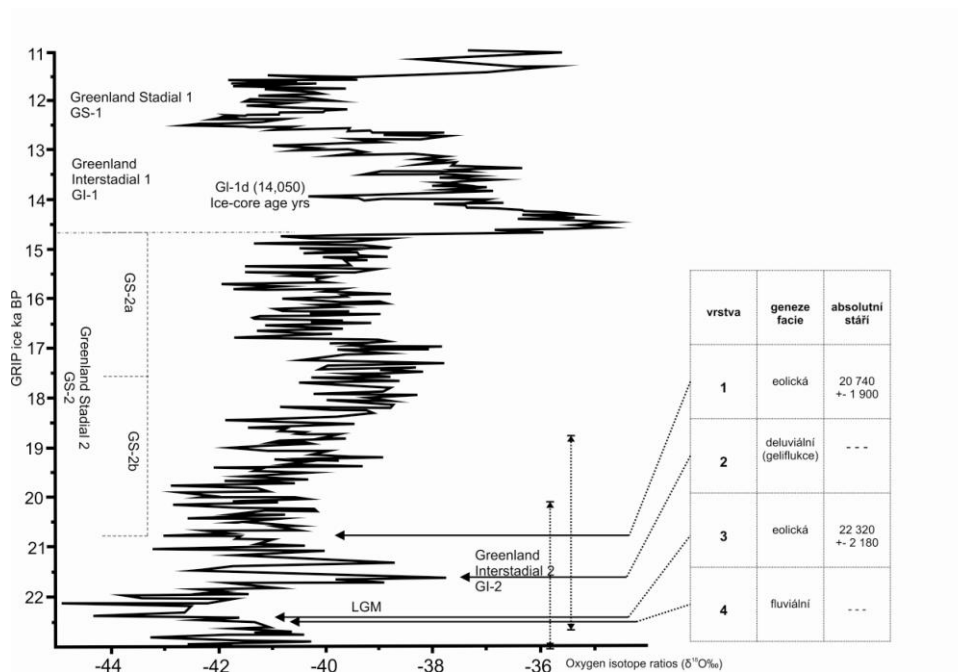
ve vrstvě 4. Domníváme se tedy, že vrstva 4 je záznamem, výrazné povodňové události v periglaciálních podmínkách – geobiom sprašové stepi (Tab. 5).

Tab. 5

vrstva	sedimentační proces	biom	období	absolutní staří
1	eolický	sprašová step	vrcholný würm - pozdní část	20 740 ± 1900
2	deluviální	---	vrcholný würm	---
3	eolický	sprašová step	vrcholný würm (LGM)	22320 ± 2180
4	fluviální	---	vrcholný würm (LGM)	---
podloží	eolické	---	vrcholný würm (LGM)	datování zkrlesno

Vlastní zpracování dle Ložek (2007) a Björck et al., (1998)

Obr.23



Zdroj: podle Björcka et al. (1998)

Nebereme-li v úvahu analytickou chybu, která vznikla během datování OSL, tak při porovnávání výsledků s průběhem teplot zjištěných z ledovcových jader Grónského ledovce (data GRIP, INTIMATE) pomocí izotopu  $O^{18}$  (Björck et al., 1998) (jedná se o stanovení poměru izotopů kyslíku  $O^{18}$  a  $O^{16}$ , touto metodou je možné zjistit teplotu vzduchu v době, kdy led vznikal, čím nižší podíl  $O^{18}$ , tím vyšší teplota) vidíme jistou korelaci, mezi námi určenými obdobími (Obr. 23).

Námi zkoumané sedimenty odpovídají teplotním výkyvům zaznamenaným v ledovcových jader (Obr. 23) konkrétně obdobími LGM (vrstva 4 a 3), které probíhalo před 22 000 lety, poté přišlo období označené jako GI-2 (Green Interstadial) 2 které mělo teplejší a vlhčí charakter s vrcholem před 21 500 lety (Björck et al., 1998) této charakteristice odpovídají sedimenty nalezené ve vrstvě 2. Nejmladším záznamem v našem profilu je svrchní sprašová vrstva 1, která se formovala začátkem stadiálu GS – 2B a je možné se proces usazování spraší pokračoval po celé toto období.



## 11. Závěr

Bakalářská práce s názvem: „Vývoj krajiny v kvartéru v okolí Nestlivského rybníka“ se zabývala podmínkami, které ve čtvrtohorách v okolí Nestlivského rybníka panovaly. Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, jak tyto podmínky ovlivňovaly zdejší krajinu. Jako záznam těchto podmínek nám sloužil obnažený kvartérní profil, který přináší konkrétní záznam působení hlavních geomorfologických a geologických procesů.

Zkoumaný profil obsahoval čtyři vrstvy sedimentů, které se od sebe daly odlišit barvou a granulometrickým složením. Pomocí analýz klastických sedimentů odebraných z jednotlivých vrstev, granulometrickou analýzou, datováním optickou luminiscencí a prostorovou analýzou jsme se pokusili dané cíle této práce splnit. Konkrétními cíli byly: Určit hlavní geomorfologické procesy, které se podílely na utváření vzhledu krajiny vybraného zájmového území. Datovat, kdy došlo k sedimentaci jednotlivých vrstev a tím určit dobu působení daných geomorfologických podmínek a procesů. Provést prostorovou analýzu - určit zdrojové oblasti hornin nacházejících se v jednotlivých vrstvách (pro určení směru a intenzity jednotlivých procesů)

Domníváme se, že jsme tyto cíle splnili, když jsme danými metodami a postupy určili u nejstarší vrstvy (4) fluviální genezi z období před 22 tisíci lety v tomto období došlo nejspíše k silné povodňové události, která transportovala klastické sedimenty buližníků a břidlic, zdroje buližníkových klastů byly dva (východní a severovýchodní) zdrojem břidlicových klastů ve vrstvě 4 byla východní část vrchu Liška. Vrstva 3, která vznikla ve stejném období jako vrstva 4, je sprašová facie, která vznikla usazením eolických sedimentů v nejchladnějším období zaznamenaném ve zkoumaném profilu (LGM) Naopak vrstva 2 je záznamem období nejteplejšího, kdy se na svazích uplatňovaly svahové pochody. Ty se podílely na tvorbě této vrstvy akumulací geliflukčních sedimentů, jejichž velkou část tvořily klasy břidlic, které sem byly transportovány z obnaženého břidlicového výchozu v severní části vrchu Liška. Nejsvrchnější a nejmladší zkoumanou vrstvou byla vrstva 1, která pochází z období před 20 000 lety, ta je stejně jako vrstva 3 tvořená eolickými sedimenty – sprašemi.

## 12. Seznam zdrojů:

- Aitken, M.J.** 1985, Thermoluminescence Dating, Academic Press, London
- Ballantyne, C. K.** (1982): Aggregate clast form characteristics of deposits near the margins of four glaciers in the Jotunheimen Massif, Norway. – NorskGeografi sk Tidsskrit , 36, 103–113.
- Benn, D. I.** – Ballantyne, C., K. (1994): Reconstructing the transport history of glacial sediments: a new approach based on the co-variance of clast form indices. –Sedimentary Geology, 91,
- Bokr, P.**, 2007, GeoWeb – geologický informační server, [online] citováno dne 21.4. 2012 dostupné z WWW. <http://www.gweb.cz/>
- Berger, G.W.,1988.** Dating Quaternary events by luminescence. Geological Society of America Special Paper, 227: 13-50
- Berger, G.W.,1995.** Progress in the luminescence dating methods for Quaternary sediments. In: N.W. Rutter and N.R. Catto (Editors), Dating Methods for Quaternary Deposits. Geological Association of Canada, St John's, Newfoundland, pp. 81-104
- Berger, G.W. and Anderson, P.M.**, 2000. Extending the geochronometry of arctic lake cores beyond the radiocarbon limit by using thermoluminescence. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 105(D12): 15439-15455.
- Berger, G.W. and Pewe, T.L.**, 2001. Last Interglacial age of the Eva Forest Bed, Central Alaska, from thermoluminescence dating of bracketing loess. Quaternary Science Reviews, 20(1-3): 485-498.
- Singhvi, A.K., Banerjee, D., Ramesh, R., Rajaguru, S.N. and Gogte, V.**, 1982. A luminescence method for dating 'dirty' pedogenic carbonates for paleoenvironmental reconstructions. Earth and Planetary Science Letters, 139(1-2): 321-332.
- Chlupáč I. et al.** 2011, Geologická minulost České republiky, 1. Vydání, Praha: Academia, ISBN80-200-0914-0
- Czudek, T.**, 2005, Vývoj reliéfu krajiny České republiky v Kvartéru, Moravské zemské muzeum, Brno, 238 s.
- Glasser, Neil F; Hambrey, Michael J.** Journal of the Geological Society 158 (Jul 2001): 697-707. Styles of sedimentation beneath Svalbard valley glaciers under changing dynamic and thermal regimes
- Evans D.I.A., Benn D.I.**,2004, A practical guide to the study of glacial sediments. 1. Vydání Londýn: Nakladatelství Hodder,s.266. ISBN 978-0-340-75959-2

**Bezvodová B., Demek J., Zeman A.,** 1985, Metody kvartérně geologického a geomorfologického výzkumu. 1. Vydání Praha: Státní pedagogické nakladatelství, s. 211, ISBN

**Mentlík P., Kraft j.,** 2004, Úvod do geologie pro geography – Endogenní a exogenní dynamika. 2. Vydání Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, s. 178.

**Mentlík, P.,** 2006, Disertační práce – Geomorfologická analýza a tvorba GmIS okolí Prášílského jezera a jezera Laka na Šumavě [online] citováno dne 21.4. 2012 dostupné z WWW. <http://www.kge.zcu.cz/personal/PERSON/mentlikp/publik/phd.pdf>

**Glasser N., Hubbard B.,** 2005, Field techniques in glaciology and glacial geomorphology, 1. Vydání Chichester: Nakladatelství Wiley & Sons Ltd., s. 400, ISBN 0-470-84427-2

**Bradley R.S.** 1999. Paleoclimatology – reconstructing Climates of the Quaternary, 2. vydání San Diego: Academic Press, s.613, ISBN0-12-124010-X

**Lowe J.J., Walker M.J.C.,** 1997, Reconstructing Quaternary Environments, 2. Vydání Harlow, Nakladatelství Pearson, s.446., ISBN 0-582-10166-2

**Walker M.,** 2005, Quaternary dating Methods, 1. Vydání Chichester: Nakladatelství Wiley & Sons Ltd., s. 285., ISBN 978-0-470-86927-7

**BRYANT, E.** 2005: Natural Hazards. 2. vyd. Cambridge University Press, Cambridge, s. 312, ISBN 0-521-53743-6

**Evans D.I.A., Thompson S.A.,** 2010, Glacial sediments and landforms of Holderness, eastern England: A glacial depositional model for the North Sea Lobe of the British-Irish Ice Sheet - Earth-Science Reviews, ISSN 0012-8252

**Ložek, V.,** 2007, Zrcadla minulosti: česká a slovenská krajina v kvartéru, 1. vydání Praha: Nakladatelství Dokořán, 198 s. ISBN 31B25350

**České geologické služby,** Geologická mapa 1:50 000 [online] citováno dne: 28.4. 2012, dostupné z WWW: [www.geology.cz/](http://www.geology.cz/)

**Balescu, S., Packman, S.C. and Wintle, A.G.,** 1991. Chronological Separation of Interglacial Raised Beaches From Northwestern Europe Using Thermoluminescence. Quaternary Research, 35(1): 91-102.

**Forman, S.L.,** 1989. Applications and limitations of thermoluminescence to date Quaternary sediments. Quaternary International, 1: 47-59.

**BLOTT & PYE** 2001- Gradistat - rozšíření aplikaci Excel

**HOLCOMBE** 2005 - program GEOrient 9.2

**GRAHAM & MIDGLEY** 2000 - Triangular diagram plotting spreadsheet (TRI-PLOT) - rozšíření programu Excel

**ZEMAN, Antonín a Jaromír DEMEK.** *Kvartér : geologie a geomorfologie.* 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1984. 192 s. + 1. [info](#)

**RŮŽIČKOVÁ, Eliška.** *Kvartérní klastické sedimenty České republiky :struktury a textury hlavních genetických typů.* 1. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2003. 68 s., 92. ISBN 80-7075-600-4.

**Anderson, D. E., Goudie, A. S., Parker, A. G.,** 2007. *Global Environments through the Quaternary (Exploring Environmental Change).* Oxford University Press. 359 pp. ISBN 978-0-19-874226-5.

**Björck, S., Walker, M. J.C., Cwynar, L. C., Johnsen, S., Knudsen, K. L., Lowe, J. J., Wohlfarth, B.,** and INTIMATE Members, 1998. An event stratigraphy for the Last Termination in the North Atlantic region based on the Greenland ice-core record: a proposal by the INTIMATE group. *J. Quaternary Sci.* 13 (4), 283–292.

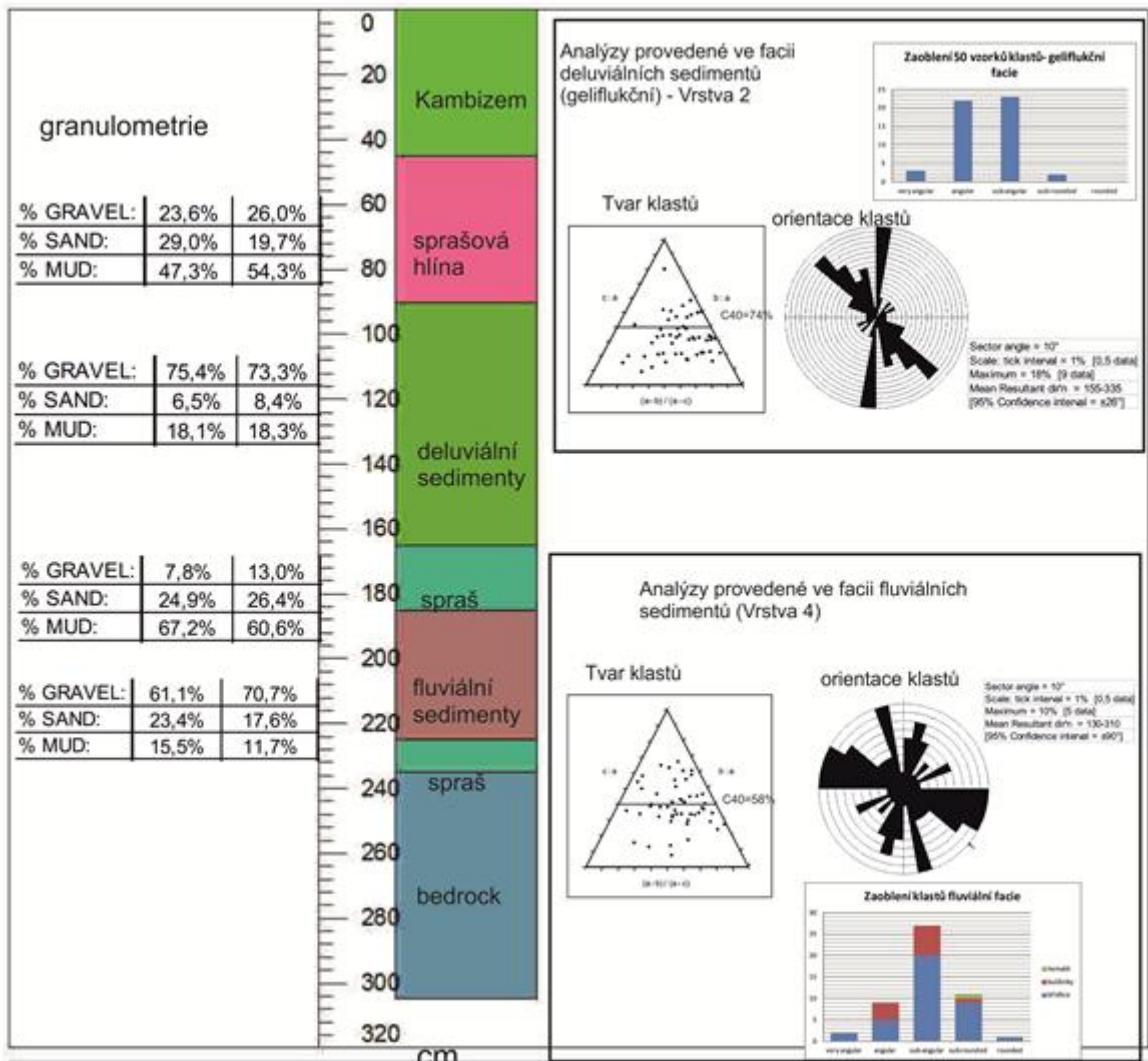
**Horák, J.** Prostorová analýza dat [online] (citované dne 30.6. 2012) dostupné z <http://gis.vsb.cz/pad/>

**Demek, J., Kukla, J.,** 1969. Periglacialzone, LoK ss und PalaKolithikum derTschekoslowekei. Institute of Geography CSAV, Brno, pp. 1 }156.

**Cilek, V** 2001. The loess deposits of the Bohemian Massif: silt provenance, palaeometeorology and loessi"cation processes - Quaternary International,

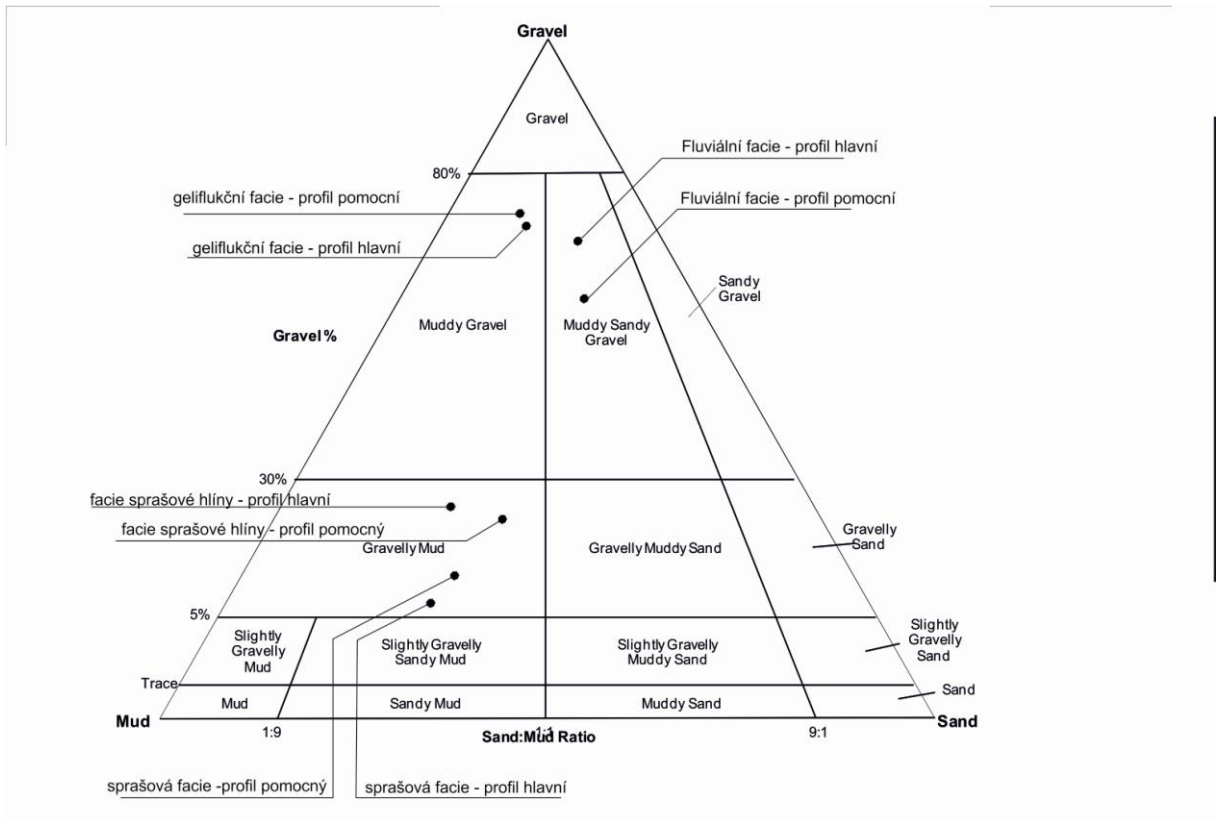
### 13. Příloha:

Obr: 24 Souhrn analýz



Vlastní zpracování v programu Strater a Corel

Obr. 25. Gravel - Mud – Sand diagram



Převzato z programu Gradistat (Bloot&Pye 2001) a upraveno v programu Corel

Tab. 6. vzorky vrstvy fluvialní sedimentů (Vrstva 4)

směr (°)	sklon (°)	zaoblení	hornina	směr (°)	sklon (°)	zaoblení	hornina
195	8	s-r	břidlice	140	44	s-a	břidlice
300	8	a	břidlice	268	4	s-a	břidlice
330	6	v-a	břidlice	285	40	r	břidlice
275	4	a	břidlice	276	4	s-r	břidlice
335	2	a	břidlice	320	10	s-a	břidlice
210	38	a	břidlice	180	14	s-a	břidlice
170	10	s-r	břidlice	230	2	s-a	břidlice
235	4	s-a	břidlice	285	90	s-a	břidlice
215	10	s-a	břidlice	285	4	s-a	břidlice
305	20	s-a	břidlice	200	12	s-a	břidlice
325	8	v-a	břidlice	160	24	s-r	břidlice
275	6	s-a	břidlice	305	8	s-a	břidlice
345	22	s-a	břidlice	170	20	s-a	buližník
210	8	s-a	břidlice	190	8	s-a	buližník
260	40	s-a	břidlice	195	80	s-a	buližník
295	28	s-a	břidlice	200	10	a	buližník
295	10	s-r	břidlice	190	28	a	buližník
164	8	s-a	břidlice	223	23	a	buližník
244	12	s-a	břidlice	300	28	a	buližník
248	18	s-r	břidlice	187	22	s-a	buližník
246	12	s-a	břidlice	208	32	s-a	buližník
290	6	s-r	břidlice	272	4	s-r	buližník
170	98	s-a	břidlice	120	2	a	buližník
310	2	s-r	břidlice	308	6	s-r	buližník
279	2	s-a	břidlice	290	22	s-r	hematit

Vlastní zpracování v programu Excel

Tab. 7. Vzorky vrstvy deluviální sedimentů (geliflukční) (Vrstva 2)

směr (°)	sklon (°)	zaoblení	hornina	směr (°)	sklon (°)	zaoblení	hornina
350	6	s-a	břidlice	285	10	a	břidlice
140	85	s-a	břidlice	280	14	a	břidlice
350	4	s-a	břidlice	345	4	a	břidlice
10	10	s-a	břidlice	305	4	a	břidlice
315	88	s-a	břidlice	300	4	v-a	břidlice
170	14	s-a	břidlice	316	2	a	břidlice
245	28	a	břidlice	340	12	v-a	břidlice
120	18	a	břidlice	250	38	a	břidlice
150	8	s-a	břidlice	155	12	a	břidlice
130	30	a	břidlice	265	4	a	břidlice
340	24	a	břidlice	235	26	v-a	břidlice
200	10	s-a	břidlice	140	4	a	břidlice
135	36	s-a	břidlice	150	8	s-a	břidlice
120	40	a	břidlice	305	2	a	břidlice
135	38	s-a	břidlice	185	32	s-a	břidlice
187	12	s-a	břidlice	10	32	a	břidlice
175	9	s-a	břidlice	320	24	a	břidlice
230	16	s-a	břidlice	315	20	s-r	břidlice
150	20	s-a	břidlice	10	30	s-a	břidlice
225	12	a	břidlice	145	4	s-a	břidlice
255	6	s-r	břidlice	200	10	s-a	břidlice
185	14	s-a	břidlice	185	20	s-a	břidlice
158	42	a	břidlice	185	20	a	břidlice
145	32	a	břidlice	185	34	s-a	břidlice
170	22	s-a	břidlice	325	25	a	břidlice

Vlastní zpracování v programu Excel



## Fotogalerie

Foto 1. Klasy uložené ve fluviální vrstvě – v pravé části zavřený nůž o velikosti 10 cm.



Foto 2. Zčištěná sprašová facie hlavního profilu. Velikost nože 18 cm.





Foto 2. Díra ve sprašové vrstvě po odebrání vzorku na OSL, velikost nože 18 cm)



Foto 3. Nestlivský rybník



Foto.5. Ústí Hádeckého potoka do Nestlivského rybníka





Foto.5. Hádecký potok 100 m nad Nestlivským rybníkem.





Foto.6. Akumulace velkých klastů v korytě potoka



Foto 7. Buližníkový kvádr v korytě Hádeckého potoka





Foto 8. Obnažená část 1. břidlicového výchozu na vrchu Liška



Foto 6. Obnažená část 2. břidlicového výchozu na vrchu Liška



Foto 6. Obnažená část 3. břidlicového výchozu na vrchu Liška



Všechny fotografie jsou autorské.