

Univerzita Karlova v Praze  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra fyzické geografie a geoekologie



*Geomorfologická analýza a vývoj reliéfu údolí  
Sázavy v okolí Zruče nad Sázavou*

(Magisterská práce)

Autorka: Jana Banýrová

Vedoucí práce: RNDr. Břetislav Balatka, CSc.

Praha 2008

*Na tomto místě bych ráda poděkovala především panu RNDr. Břetislavu Balatkovi, CSc. za jeho cenné rady, ochotu a pomoc při zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům a příteli Michalu Žofkovi za jejich podporu a trpělivost, kterou se mnou měli během celého mého studia a také svým kamarádům za zpříjemnění studijních let.*

*Prohlašuji, že jsem tuto magisterskou práci zpracovala samostatně s použitím citované literatury. Souhlasím se zapůjčováním práce.*

Název práce: Geomorfologická analýza a vývoj reliéfu údolí Sázavy v okolí Zruče nad Sázavou

Autorka: Jana Banýrová

Katedra: katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze

Vedoucí magisterské práce: RNDr. Břetislav Balatka, CSc.

Abstrakt: Předložená magisterská práce se zabývá geomorfologickou analýzou a vývojem reliéfu širšího okolí středního toku Sázavy při soutoku s Želivkou, v úseku Vlastějovice - Posadovský Mlýn. Pozornost byla soustředěna především na úseky opuštěných pleistocenních údolí Sázavy, které se v tomto úseku vyskytují. Hlavním výsledkem práce bylo sestavení podrobné geomorfologické mapy v měřítku 1:15 000 a interpretace výsledků analýzy reliéfu zájmového území. Na základě této interpretace byly stanoveny hlavní etapy geomorfologického vývoje sledovaného území v mladším kenozoiku a zhodnoceny převažující recentní geomorfologické procesy, jež na daném území probíhají.

Klíčová slova: geomorfologie, vývoj reliéfu, řeka Sázava, pleistocén, opuštěné pleistocenní údolí

Title: Geomorphological analysis and relief development of the Sázava River valley around the town Zruč nad Sázavou

Author: Jana Banýrová

Department: Department of Physical Geography and Geoecology, Faculty of Science, Charles University in Prague

Supervisor: RNDr. Břetislav Balatka, CSc.

Abstract: This thesis deals with the geomorphological analysis and the development of the Sázava River valley's relief near the confluence with the Želivka River between Vlastějovice and Posadovský Mlýn. Its focus is set on the abandoned pleistocene valleys in this area. The main result is the elaboration of a detailed geomorphological map with the scale of 1:15 000 and the interpretation of the relief analysis in the studied area. Based upon the interpretation, the main stages of the geomorphological development of the middle part of the Sázava River valley in the Late Cenozoic were stated and recent geomorphological processes evaluated.

Keywords: geomorphology, relief development, Sázava River, pleistocene, abandoned pleistocene valley

## **Obsah:**

|   |    |
|---|----|
| 1. Úvod.....  | 9  |
| 1.1.    Cíl práce a lokalizace území.....   | 9  |
| 1.2.    Metodika.....   | 10 |
| 2. Fyzickogeografická charakteristika.....  | 13 |
| 2.1.    Vybrané složky přírodního prostředí.....  | 13 |
| 2.2.    Geologické poměry.....  | 17 |
| 2.3.    Geomorfologické poměry a členění reliéfu.....   | 22 |
| 2.4.    Hydrogeografické a hydrogeologické poměry.....  | 26 |
| 2.5.    Tektonika.....  | 29 |
| 3. Geomorfologická analýza zájmového území.....   | 32 |
| 3.1.    Přehled dosavadních výzkumů.....  | 32 |
| 3.2.    Morfostrukturní analýza.....  | 33 |
| 3.2.1. Puklinová analýza.....   | 34 |
| 3.2.2. Analýza údolní soustavy.....   | 39 |
| 3.2.3. Sázavské meandry a zákruty.....  | 52 |
| 3.3.    Analýza vybraných povrchových tvarů reliéfu.....  | 55 |
| 3.3.1. Denudační tvary.....   | 55 |
| 3.3.2. Fluviální tvary.....   | 57 |
| 3.3.3. Polygenetické tvary.....   | 69 |
| 3.3.4. Nívační a kryogenní tvary.....   | 71 |
| 3.3.5. Eolické tvary.....   | 72 |
| 3.3.6. Antropogenní tvary.....  | 72 |
| 3.3.7. Ostatní prvky mapy.....  | 76 |
| 4. Geomorfologický vývoj zájmového území s pohledem na paleogeografický<br>vývoj celého sázavského údolí..... | 78 |
| 5. Závěr.....   | 82 |
| 6. Seznam použité literatury.....   | 84 |

## ***Seznam příloh:***

### *Obrázky v textu:*

Obr. 1: Barevná hypsometrie zájmového území

Obr. 2: Geologické poměry zájmového území

Obr. 3: Geomorfologické členění zájmového území (podle: Balatka, Kalvoda 2006)

Obr. 4: Průměrné roční průtoky Sázavy ve Zruči nad Sázavou pro období 1977 - 2006 (podle: Základní hydrologické charakteristiky pro období 1977 - 2006, 2007)

Obr. 5: Puklinový diagram z nárazového svahu vlastějovického meandru nad ústím Pertoltického potoka

Obr. 6: Puklinový diagram z nárazového svahu vlastějovického meandru pod ústím Pertoltického potoka

Obr. 7: Puklinový diagram z nárazového svahu posledního zákrutu Ostrovského potoka

Obr. 8: Puklinový diagram z chabeřicko – čížovského hřbetu

Obr. 9: Souhrnný puklinový diagram celého zájmového území

Obr. 10: Opuštěné pleistocenní údolní úseky Sázavy mezi Horkou, Zručí nad Sázavou a Holšicemi (podle: Záruba, Rybář 1961)

Obr. 11: Přehledné příčné profily 1-1', 2-2', 3-3', 4-4' údolím Sázavy – převýšeno 7x

Obr. 12: Podélný profil Sázavy mezi Havlíčkovým Brodem a Českým Šternberkem (říční km 166,955 – 75,04) – převýšeno 300x

Obr. 13: Podélné profily vybraných přítoků Sázavy na zájmovém území – převýšeno 7x

Obr. 14: Podíl jednotlivých směrů údolí na celkové délce všech údolí na zájmovém území

Obr. 15: Pohled na severní část střechovské terasy (foto - Banýrová 2007)

Obr. 16: Odkryv na západním konci pískovny u Domahoře (foto - Banýrová 2007)

Obr. 17: Pohled z východu na zatopenou pískovnu u Budy – v popředí horní hrana malého odkryvu, vpravo jižní svah amfibolitového suku Skalka (636 m n. m.) (foto - Banýrová 2007)

Obr. 18: Příčné profily A-A', B-B', C-C', D-D', E-E' údolím Sázavy sestrojené pomocí vrtné dokumentace z archivu Geofondu – převýšeno 8x

Obr. 19: Schéma směrů vodních toků povodí Sázavy v miocénu: a) podle Nováka (1932 in Balatka, Sládek 1962), b) podle Malkovského (1979)

*Tabulky v textu:*

Tab. 1: Základní charakteristiky klimatické oblasti MT 10 (podle: Quitt 1971)

Tab. 2: Geomorfologické členění zájmového území (podle: Balatka, Kalvoda 2006)

Tab. 3: Hodnoty průtoků Sázavy ve Zruči nad Sázavou pro období 1977 - 2006 (podle: Základní hydrologické charakteristiky pro období 1977 - 2006, 2007)

Tab. 4: Průměrné měsíční průtoky Sázavy ve Zruči nad Sázavou pro období 1977 – 2006 (podle: Základní hydrologické charakteristiky pro období 1977 - 2006, 2007)

Tab. 5: Přehled možné orientace vůči světovým stranám s odpovídajícími úhly

Tab. 6: Přehled směrů údolí a puklin na zájmovém území

Tab. 7: Terasový systém Sázavy v porovnání s vltavským a labským terasovým systémem (podle: Balatka, Štěpančíková 2006)

*Přílohy za rukopisem:*

Příloha 1: Podélný profil Sázavy od Havlíčkova Brodu k ústí do Vltavy s vyznačením terasových stupňů (podle: Balatka, Štěpančíková 2006) – převýšeno 300x

Příloha 2: Ortofotomapa zájmového území

Příloha 3: Mapa zájmového území z II. vojenského mapování

Příloha 4: Schéma hloubky geologického podloží podle vrtné dokumentace v archivu Geofondu: a) v bývalé pískovně Domahoř, b) u Chabeřic

Příloha 5: Vysvětlivky k atributové tabulce a názvům jednotlivých sloupců

Příloha 6: Opuštěné údolí Sázavy u Domahoře (foto - Banýrová 2007)

Příloha 7: Pohled ze severního svahu Sázavy na terasu IIIb u Budy (žlutá rovina pod domy uprostřed fotografie) (foto - Banýrová 2007)

Příloha 8: Pohled na zdevastované koryto Pardidubského potoka (foto - Banýrová 2007)

Příloha 9: Pohled ze SV na opuštěné sázavské údolí u Chabeřic (foto - Banýrová 2007)

*Volné přílohy:*

Geomorfologická mapa širšího okolí středního toku Sázavy v úseku Vlastějovice - Posadovský Mlýn (v analogové i digitální podobě - na CD)



## **1. Úvod**

### ***1.1. Cíl práce a lokalizace území***

Tématem této magisterské práce je geomorfologický výzkum reliéfu širšího okolí středního toku řeky Sázavy při soutoku s Želivkou. Hlavním cílem je podat charakteristiku geomorfologických poměrů a vývoje studovaného území. Důraz je kladen zejména na úseky opuštěného pleistocenního údolí Sázavy, které se v tomto území vyskytují. K tomuto výsledku lze dospět pomocí podrobné geomorfologické analýzy tvarů reliéfu a zhodnocením současných převažujících geomorfologických procesů, jež na daném území probíhají. Jedním z hlavních cílů je také sestavení podrobné geomorfologické mapy v měřítku 1:10 000.

Předložená práce do jisté míry navazuje na bakalářskou práci Kwasnické (1995), která se zabývala shrnutím dosavadních poznatků o vývoji fluvialních akumulací Sázavy v úseku mezi Světlou nad Sázavou a Kácovem.

Zájmové území o rozloze 31,7 km<sup>2</sup> se nachází na středním toku Sázavy mezi Vlastějovicemi a Posadovským Mlýnem. Obcí Vlastějovice je vedena východní hranice území tak, aby vlastějovický meandr zůstal celý jeho součástí. Západní hranice byla vymezena přibližně spojnicí obcí Střechov a Zliv tak, že úroveň střechovské terasy byla zahrnuta do zájmového území. Ze severu a z jihu je hranice zájmového území vedena po plošinách reliktních denudačních zarovnaných povrchů. Na jihu jsou tyto povrchy součástí sázavsko-želivského rozvodí, na severu tvoří rozvodí mezi pravostrannými přítoky Sázavy. Dominantním tvarem reliéfu tohoto území je bezesporu údolí Sázavy, jehož svahy jsou prořezány údolními četnými přítoky.

Tato magisterská práce je rozdělena do šesti hlavních kapitol, které jsou dále členěny dle potřeby do různého počtu podkapitol. První dvě kapitoly mají úvodní charakter, přičemž první obsahuje především cíle a metodiku práce, druhá pak fyzickogeografickou charakteristiku zájmového území. Třetí kapitola se zabývá vlastní geomorfologickou analýzou a výzkumem oblasti a je tedy nejdůležitější a zároveň nejobsáhlejší částí této práce. Čtvrtá kapitola pojednává o geomorfologickém vývoji zájmového území s pohledem na paleogeografický vývoj celého sázavského údolí a zároveň hodnotí převažující geomorfologické procesy, jež se v současné době nejvíce podílejí na formování reliéfu zájmového území. V páté kapitole jsou shrnuty všechny důležité poznatky a výsledky, kterých

bylo dosaženo během zpracování této práce. Šestá kapitola obsahuje abecední seznam použité literatury a po ní už následují pouze přílohy.

## **1.2. Metodika**

Tato magisterská práce vznikla na základě literárních a mapových podkladů a terénních výzkumů, které probíhaly na jaře a na podzim roku 2007.

Postupy zpracování této práce byly rozděleny do několika dílčích skupin: přípravná etapa, hlavní etapa, interpretační etapa a konečně etapa závěrečná (Demek in Bezdovodová et al. 1985).

1) Přípravná etapa je založena především na shromáždění a studiu dostupné literatury, mapových zdrojů v analogové i digitální podobě a tematických map. Dále je důležité stanovení pracovních metod.

Použité literární podklady byly jednak publikované geologické a geomorfologické práce, jednak údaje z vrtných průzkumů zájmové oblasti, které jsou uloženy v archivu Geofondu v Praze.

Hlavními mapovými podklady jsou tyto mapové listy Základní mapy ČR 1:10 000: 13-34-16, 13-34-17, 13-34-18, 13-34-21, 13-34-22, 13-34-23. Tištěná forma těchto mapových listů byla použita jak během terénního mapování, tak i při zpracování morfostrukturní analýzy. Digitální podoba (polohopis a výškopis) výše jmenovaných mapových listů byla poskytnuta Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním v Praze (z databáze ZABAGED). Digitální data pak byla použita při analýzách zpracovávaných v prostředí ArcGIS a jako podklad při digitalizaci tvarů reliéfu, které byly zjištěny v terénu. Dalším mapovým podkladem použitým během zpracování byla geologická mapa ČR 1:50 000, list 13-34 Zruč nad Sázavou, která je volně dostupná na mapovém serveru České geologické služby. Dále byl použit také mapový portál společnosti Cenia pro získání mapových vrstev ortofotomap a pro úplnost také map z II. vojenského mapování.

Základní pracovní metodou této práce byla zvolena geomorfologická analýza reliéfu zájmové oblasti.

Během přípravné fáze byla také provedena analýza reliéfu pomocí metody podélných a příčných profilů. Podélný profil Sázavy byl sestaven podle výškových údajů hladiny řeky zveřejněných Vodohospodářským rozvojovým střediskem ministerstva stavebního průmyslu v Praze v roce 1953. Podélné profily vybraných přítoků Sázavy a příčné profily sázavským

údolím byly sestaveny pomocí vrstevnic Základní mapy ČR v měřítku 1:10 000. Vybrané příčné profily byly dále doplněny o informace z geologických vrtů, čímž bylo sestaveno několik schémat zachycujících průběh geologického podloží lokalit výskytu pleistocenních akumulací. Použití nástrojů programu ArcGIS k sestrojení těchto profilů se ukázalo pro svou nadměrnou generalizaci jako nevhodné, proto byly podélné i příčné profily sestrojeny pomocí programu MS Excel.

Dále byla pomocí digitální vrstvy vrstevnic ze ZABAGEDu vytvořena barevná hypsometrie zájmového území a mapa sklonitosti, která je součástí obsahu výsledné geomorfologické mapy. Sklonitostní kategorie byly sestaveny dle Štěpančíkové (2001). Obě jmenované mapy byly vypracovány v prostředí ArcGIS.

V této fázi byl také sestaven klíč k legendě geomorfologické mapy, a to podle vzoru několika geomorfologických prací s podobnou tematikou. Především bylo čerpáno z výzkumných zpráv zpracovaných Balatkou a Příbylem (1996) a magisterské práce Pilecké (1999). Povrchové tvary mapy jsou v legendě rozděleny dle jejich geneze do těchto skupin: denudační, fluvialní, polygenetické, nivační a kryogenní, eolické a antropogenní tvary. Tvary reliéfu, jež nebyly zařazeny do žádné ze jmenovaných skupin, jsou označeny jako „ostatní použité značky“.

2) Hlavní etapu představují především vlastní terénní práce, při kterých probíhá tzv. inventarizace (lokalizace, ohraničení, geneze, stáří) povrchových forem reliéfu a jejich zakreslení do topografického mapového podkladu 1:10 000 dle předem stanoveného klíče (Demek in Bezvodová et al. 1985).

Dále probíhá měření morfologicky nápadných puklinových ploch a úklonu vrstev pomocí geologického kompasu.

3) Úkolem interpretační etapy je zpracování veškerých nashromážděných materiálů a výsledků geomorfologického mapování. Během této etapy byly z dat naměřených v terénu sestrojeny zbývající grafy (především puklinové diagramy) a vytvořeny tabulky. Dále byla v prostředí ArcGIS zdigitalizována geomorfologická mapa včetně vyplnění údajů, týkajících se jednotlivých tvarů reliéfu, do příslušných atributových tabulek.

Z výsledků morfostrukturní analýzy (analýzy puklinových směrů, podélných a příčných profilů a analýzy údolní sítě) a terénního mapování byly získány dílčí poznatky pro identifikaci hlavních rysů geomorfologického vývoje oblasti.

4) V závěrečné etapě byly objasněny jednotlivé fáze geomorfologického vývoje a hlavní klimatomorfogenetické procesy, jež se podílely na vzniku tvarů zájmového území. Pomocí výsledků interpretační etapy pak byly charakterizovány hlavní typy současných geomorfologických procesů a jejich intenzita. Výsledky podrobného geomorfologického výzkumu území byly porovnány s dosavadními poznatky paleogeografického vývoje širší oblasti.

## **2. Fyzickogeografická charakteristika**

### **2.1. Vybrané složky přírodního prostředí**

Zájmové území má tvar nepravidelného mnohoúhelníku o rozloze 31,7 km<sup>2</sup>. Nachází se v nadmořské výšce 315 – 470 m. Nejvyšší nadmořské výšky se vyskytují severovýchodně od obce Vlastějovice, kde se okrajová část mého území nachází na vrstevnici 470 m n. m. Tato lokalita leží v jihozápadním svahu kopce Fialník (526 m n. m.). Nejnižším místem je údolí Sázavy západně od Posadovského Mlýna, kde řeka opouští zájmové území v nadmořské výšce 315 m n. m. Barevná hypsometrie širšího okolí zájmové oblasti je znázorněna na obr. 1.

Území patří do povodí středního toku Sázavy, která tvoří jeho hydrografickou osu. Sázava pramení jako Stržský potok ve Žďárských vrších Hornosvratecké vrchoviny jihovýchodně od Vojnova Městce, v nadmořské výšce 720 m n. m. (podle SVP in Balatka, Sládek 1962). Na základních mapách je však za pramenný tok označen výtok z rybníka Velké Dářko. Většina jejího toku se nachází v oblasti krystalinika a hlubinných vyvěřelin Českomoravské vrchoviny a Středočeské pahorkatiny. Pouze na krátkém úseku před ústím do Vltavy protéká Sázava proterozoikem a vyvěřelinami jílovského pásma (Balatka, Sládek 1962). V nadmořské výšce 201 m (vzdutí vodní nádrže Vrané) se po 225,5 km délky svého toku vlévá v Davli do Vltavy. Pro období 1931-1980 byl průměrný roční průtok při ústí 24,25 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a specifický odtok k uvedenému profilu byl 5,58 l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> (Základní hydrologické charakteristiky pro období 1977 - 2006, 2007).

Sázava odvodňuje území o ploše 4351 km<sup>2</sup> (Hydrologické poměry - I. díl 1965). Sázavské povodí je výrazně asymetrické, levá část je až třikrát větší než pravá. Největší přítoky, až na Sázavku a Propast, přicházejí právě z levé strany. Rozvodí Sázavy vůči sousedním povodím jiných toků probíhá zpravidla po plochých hřbetech, místy sestupuje na mělká sedla. Sázava má značně nevyrovnané sklonové poměry, což je důsledkem jejího vývoje v relativně nedávné geologické minulosti. Průměrný sklon hladiny od pramene k ústí činí 2,3 ‰ (podle SVP in Balatka, Sládek 1962).

Údolí řeky Sázavy od Žďáru nad Sázavou až k ústí je poměrně úzké a místy hluboce zaříznuté. Výškový rozdíl mezi dnem údolí a jeho svrchní hranou je na většině území větší než 100 m (pod Smrčnou až 200 m). Svahy spadají k řece většinou pod úhlem 10-20°, místy však až 30-40° (pod Ledčí nad Sázavou, nad Chocerady a na nejdolejším toku). Na

nárazových svazích meandrů a zákrutů, které se vyskytují mezi Ledčí nad Sázavou a ústím potoka Propast poblíž Stříbrné Skalice, mohou být svahy ještě strmější (Novák 1932).

Celé zkoumané území spadá podle Quitta (1971) do mírně teplé klimatické oblasti MT 10. Charakteristickým rysem této oblasti jsou dlouhá, teplá, mírně suchá léta a krátké, mírně teplé, velmi suché zimy. Přechodná období bývají krátká s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem. V nejteplejším měsíci v roce (červenci) se teplota vzduchu pohybuje v rozmezí 17 až 18 °C a naopak v nejchladnějším (lednu) mezi -2 a -3 °C. Roční úhrn srážek dosahuje přibližně 600 až 650 mm. Doba trvání sněhové pokrývky v této oblasti není příliš dlouhá, pohybuje se v průměru okolo 50 až 60 dnů v roce. Základní charakteristiky klimatické oblasti MT 10 jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1: Základní charakteristiky klimatické oblasti MT 10 (podle: Quitt 1971)

|   | MT 10   |
|---|---------|
| Počet letních dnů                       | 40-50   |
| Počet dnů s prům. teplotou nad 10°C     | 140-160 |
| Počet mrazových dnů                     | 110-130 |
| Počet ledových dnů                      | 30-40   |
| Průměrná teplota v lednu [°C]           | -2 - -3 |
| Průměrná teplota v červenci [°C]        | 17 - 18 |
| Průměrná teplota v dubnu [°C]           | 7-8     |
| Průměrná teplota v říjnu [°C]           | 7-8     |
| Prům. počet dnů se srážkami nad 1 mm    | 100-120 |
| Srážkový úhrn ve vegetačním období [mm] | 400-450 |
| Srážkový úhrn v zimním období [mm]      | 200-250 |
| Počet dnů se sněhovou pokrývkou         | 50-60   |
| Počet zamračených dnů                   | 120-150 |
| Počet jasných dnů                       | 40-50   |

# Obr.1: Barevná hypsometrie zájmového území

(viz. soubor Přílohy 2.pdf)

Sázava ve sledovaném úseku protéká územím, na kterém se vyskytují převážně hnědé půdy, neboli kambizemě. Blíže u toku se uplatňují hnědé půdy s půdami surovými (tam, kde skalní podloží vystupuje blízko k povrchu), dále od koryta řeky pak hnědé půdy kyselé. Na malém území západně od Střechova se vyskytují pseudogleje s hnědými půdami oglejenými (s projevy oglejení) a na malých lokalitách neogenních sedimentů na rozvodí Sázavy a Želivky se místy setkáváme také s podzoly (Tomášek 2003). Podél vodního toku Sázavy jsou vyvinuty půdy nivní a v nejbližším okolí toku se nachází čerstvá niva, která bývá neustále obnovována opakovaným zaplavováním při povodních.

Hnědé půdy jsou nejrozšířenějším půdním typem na našem území. Vyskytují se nejčastěji v nadmořských výškách od 400 do 800 m a jsou vázány na členitý reliéf s humidnějším, mírně teplým klimatem. Poměrně často se však s těmito půdami setkáváme také na terasových štěrcích a písčích, které se naopak vyskytují na nízko položeném rovinném terénu. Matečným substrátem hnědých půd mohou být téměř všechny horniny skalního podkladu, jako ruly, žuly, svory, a další. Jsou to většinou půdy mělké a skeletovité a jejich zrnitostní složení závisí na charakteru matečné horniny. Na rulovém podloží zjímavého území převažují půdy středně těžké, tedy písčitohlinité až hlinité s 20 – 45% podílem jílovitých částic. Místy se zde objevují i lehké, hlinitopísčité půdy s 10 - 20% podílem jílu v jemnozemi. Díky nízkému obsahu jílu jsou tyto půdy dobře propustné a provzdušněné. Obsahují však zpravidla méně kvalitní humus a půdní reakce bývají obvykle středně kyselé až kyselé. Fyzikální vlastnosti hnědých půd jsou také velmi rozmanité, příznivější jsou u půd středně těžkých (Tomášek 2003).

Vzhledem k malé mocnosti půdního profilu, časté skeletovitosti a výskytu hnědých půd v členitém reliéfu, je kvalita těchto půd poměrně nízká. Využívají se k pěstování brambor (vhodné jsou hlavně hnědé půdy na rulách a žulách), méně náročných obilovin (žito či oves) a v minulosti se na nich pěstoval také len. V nižších polohách lze na hnědých půdách pěstovat také ječmen a pšenici.

Potenciální eroze půdy v oblasti středního toku Sázavy není vysoká. Na sledovaném území se pohybuje v rozmezí 0,1 – 1,0 mm/ rok (Stehlík 1975). Relativně nízká intenzita eroze souvisí s poměrně značnou lesnatostí oblasti a také dobrou propustností půd. Pouze severně od Vlastějovic dosahuje průměrná intenzita potenciální eroze hodnot až 5 mm/ rok (Stehlík 1975).



Území Českého masivu náleží podle Horníka et al. (1986) do severní mimotropické floristické oblasti – Holarktis. Zájmové území je součástí Hercynica, obvodu květeny hercynských pahorkatin a vysočin – Hercynicum submontanum. Vegetačními stupni, vyskytujícími se na sledovaném území, se zabývá kap. 2.3. v rámci podrobné charakteristiky geomorfologických okrsků. Podle faunistického členění světa patří Český masiv do oblasti Arktogea, která zabírá veškerou souši severní polokoule. Zájmové území spadá do zoogeografické provincie středoevropských pohoří, podprovincie variských pohoří, úseku Český masiv.

Z hlediska nerostných surovin je zájmové území poměrně významné. Z rud jsou nejdůležitější ložiska skarnů v okolí Vlastějovic. Oblast se vyznačuje také výskytem stavebních hmot a nerudných surovin, které jsou však v dnešní době z velké části vytěženy. Jedná se především o mocné vrstvy usazených pleistocenních písků a štěrkopísků, kterých se v minulosti využívalo ve stavebnictví. V lokalitě Horka – Buda probíhala dříve těžba amfibolitů, jež se používaly ke stavbě některých druhů vozovek, např. dálnice D1 (Kwasnická 1995).

## **2.2. Geologické poměry**

Zájmové území je součástí české větve moldanubika. Převažují zde horniny prekambriického stáří. České moldanubikum je na východě omezeno centrálním masivem moldanubického plutonu, na severu zasahuje ke kutnohorskému krystaliniku, na západě sousedí s plutonem středočeským a na jihozápadě je odděleno okrajovými zlomy třeboňské pánve od šumavského moldanubika (Mísař et al. 1983, Svoboda et al. 1964). Několika malými žilami sem zasahují mladopaleozoické horniny moldanubického plutonu. Moldanubikum je kryto přímo uloženinami kvartéru. Pouze na několika lokalitách, nejvýše výškově ležících, se zachovaly zbytky neogenních štěrků a písků, které jsou znázorněny na listech geologické mapy 1:50 000 Zruč nad Sázavou a Ledec nad Sázavou. Geologické poměry studovaného území a širšího okolí jsou zachyceny na obr. 2.

### **PREKAMBRIUM**

Zájmové území je z největší části tvořeno moldanubikem, tj. hlubinně metamorfovaným krystalinikem, prekambriického stáří. Oblast moldanubika představuje nejstarší a nejpevnější část Českého masivu, která nebyla od proterozoika překryta již žádnou

mořskou transgresí. Moldanubické horniny jsou jednak původu sedimentárního, jednak magmatického. Předmetamorfní sedimentární základ odpovídá stratigraficky nejstaršímu proterozoiku a podle starší literatury (Svoboda et al. 1964) dokonce až nejmladšímu archaiku. Rozlišujeme v něm dvě základní litologicky rozdílné série – pestrá a jednotvárnou. Pestrá série je charakterizovaná vložkami karbonátových, grafitických, kvarcitických a vulkanických (metabazitů – amfibolitů) hornin, které prostupují pararulami vzniklými z pelitických až peliticko-psamitických sedimentů, ukládaných v mělkých pánvích. Jednotvárná série byla vytvořena z pelitických sedimentů téměř bez vložek, ukládaných v období relativního tektonického klidu v hlubokém moři. Pro jednotvárnou sérii jsou typické vápenato-silikátové horniny (erlany) bochníkovitého tvaru a malých rozměrů, které vznikly zřejmě při sedimentačních až diagenetických procesech v sedimentech moldanubické geosynklinály jako karbonátem obohacené konkrece (Svoboda et al. 1964).

Během geologického vývoje v prekambriu prošlo moldanubikum dvěma cykly vrásnění. První z nich označujeme jako *cyklus moldanubický* (staroproterozoický), během kterého došlo nejprve k rozsáhlé sedimentaci v moldanubické geosynklinále a následně pak k mohutnému vrásnění spojenému s intenzivní metamorfózou a patrně i migmatizací (Beneš et al. 1963). Poté nastoupilo dlouhé období klidu spojené s hlubokou denudací. Ukončením nejstaršího cyklu byla geosynklinála posunuta na okraj moldanubického jádra a začal nový, *mladoproterozoický cyklus*. Během proterozoika byla většina území, kromě moldanubického jádra, zaplavena mořem (Svoboda et al. 1964). Docházelo tedy k intenzivní sedimentaci, která byla ukončena mohutným vrásněním, tzv. železnohorskou fází. Toto vrásnění bylo spojeno s rozsáhlou migmatizací a intruzí syntektonických ortorul a zasáhlo nejen sedimenty proterozoické, ale i téměř celé moldanubikum (Beneš et al. 1963). V závěru vrásnění se uplatnily vlivy tříštivé tektoniky. Následovalo období eokambrické sedimentace s typickým flyšovým vývojem. Tyto uloženiny se na zájmovém území nenacházejí, nalezneme je hlavně v úseku jihovýchodního křídla Barrandienu a severozápadního výběžku Železných hor.

Na zkoumaném území převažují sillimaniticko-biotitické pararuly, které jsou nejrozšířenější horninou moldanubika. Tyto pararuly jsou středně až hrubě zrnité, s výraznou paralelní texturou. Občas bývají migmatitizované, místy i silně (např. na území severně od Vlastějovic). V minerálním složení převládá plagioklas nad křemenem a biotitem (Beneš et al. 1963). Přibýváním křemene přecházejí do poloh kvarcitických pararul až kvarcitů (Kůta et al. 1956), které se vyskytují na nevelkých lokalitách východně od zkoumané oblasti (Kounice,

Budčice, Hamry, Chřenovice). V úseku Vlastějovice – Březina – Horka – Buda – Zruč nad Sázavou je údolí Sázavy lemováno tmavě zelenými až černozeleými amfibolity, místy páskovanými nebo skvrnitými s jemnozrnou i hrubozrnou strukturou (Kwasnická 1995). Amfibolity jsou nejběžnějším členem pestré skupiny. Jde původně o podmořské výlevy doprovázené tufy a tufity bazaltového, převážně tholeiitického složení. Jsou svědectvím tektonického členění sedimentačního prostoru a živé vulkanické činnosti (Mísař et al. 1983).

Napravo od koryta Sázavy se na několika lokalitách vyskytují muskoviticko-biotitické ortoruly. Jedná se především o pás severně od Holšic, probíhající v západovýchodním směru a o území severně od Vlastějovic. Ortorula je zpravidla dvojslídňá, zastoupení biotitu a muskovitu bývá rovnoměrné, případně mírně převažuje biotit. Zrnitost silně kolísá (Kwasnická 1995). Lokalita v okolí Vlastějovic je také významným ložiskem skarnových minerálů. Menší naleziště skarnů nalezneme i severně od obce Měchonice či Holšice.

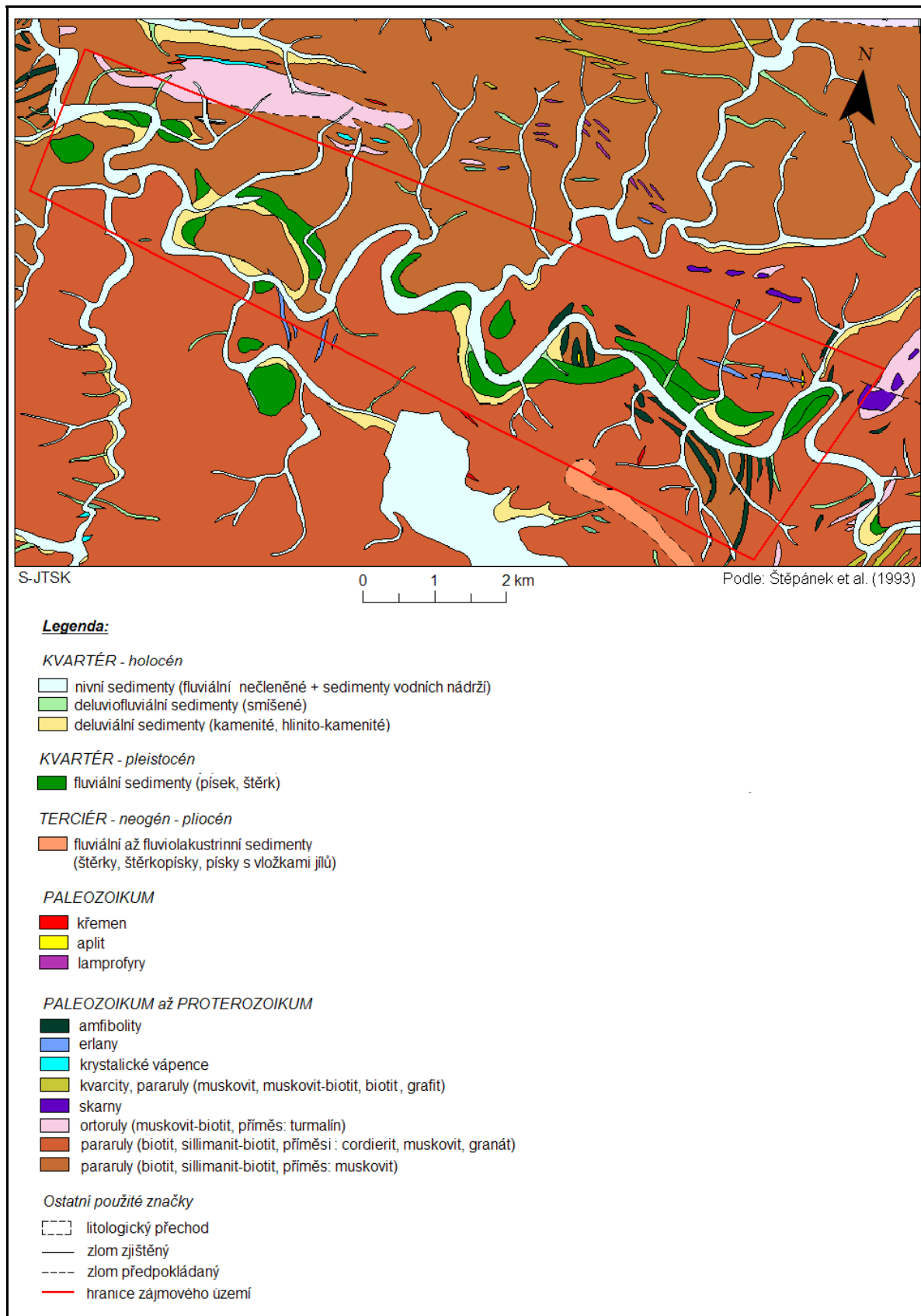
Podél Měchonického potoka, který je jedním z pravostranných přítoků Sázavy, se nacházejí erlany. Jejich rozsah i mocnosti jsou však velice malé.

## *PALEOZOIKUM*

Sedimentací v ordoviku začíná *paleozoický cyklus*. Nepřerušovaná sedimentace probíhala až do konce siluru. Kaledonský tektogenní proces zkoumané území nezasáhl. Definitivní stavbu velké části moldanubika vytvořilo hlavní hercynské (variské) vrásnění v mladším paleozoiku. Hojné jsou pozdně orogenní granitoidy (např. moldanubický pluton), jejichž výstup byl spojen s rozsáhlou granitizací. Po ukončení tohoto cyklu docházelo už jen k soustavnému vyzdvihování a denudaci terénu (Beneš et al. 1963). Hercynské (variské) vrásnění bylo tedy poslední vrásnění v Českém masivu.

Horniny paleozoického stáří jsou na zájmovém území zastoupeny pouze nepatrně, a to horninami moldanubického plutonu, který však do tohoto území zasahuje jen několika drobnými žilami. Moldanubický pluton buduje nejvyšší části Českomoravské vrchoviny a je tělesem velice nejednotným. Kromě dvou hlavních částí se skládá ještě z mnoha drobných masivků a apofýz, které prorážejí plášť pararul a migmatitů. Značná petrografická jednotnost těchto navzájem oddělených těles svědčí o tom, že všechna tělesa jsou spolu v určité hloubce spojena a jsou tedy součástí jednotného masivu (Beneš et al. 1963).

Obr.2: Geologické poměry zájmového území



Křemenné žíly moldanubického plutonu vystupují v malé oblasti jihozápadně od Domahoře a jižně od obce Horka.

### *TERCIÉR - Neogén*

Terciér je na zájmovém území zastoupen pouze malými, přesto neopomenutelnými lokalitami. Jsou zde zachovány pokryvné útvary, které řadíme hlavně pro jejich polohu do neogénu (Beneš et al. 1963). Jedná se o drobné, zcela izolovaně se vyskytující relikt tercierních sedimentů (Mísař et al. 1983). Tyto limnické sedimenty na rozvodí Sázavy a Želivky, které jsou tvořeny štěrky, písky a slepenci s limonitickým tmelem, jsou podle Budaye et al. (1961) denudačními zbytky z předhlubně vybíhajícího mořského terciéru na Českomoravské vrchovině.

Tercierní písky a štěrky s polohami jílu, často rezavě zbarvené, se na rozvodí Sázavy a Želivky vyskytují v nadmořské výšce 430 – 460 m, v podobě izolovaných ostrůvků různé velikosti a tvaru (Rybařík 1968). Balvany a valouny na povrchu těchto plošin představují zřejmě pouze relikt původních sedimentů, zatímco jemnější částice byly odneseny do nižších poloh. Podle Koutka (1949 in Rybařík 1968) se mezi Sázavou a Želivkou nachází asi 20 ostrůvků s tercierními sedimenty (např. u Kounic, u Hněvkovic, u Zahájí, u Kožlí, atd.).

Plošiny s neogenními sedimenty se na zájmovém území vyskytují při jeho jižní hranici, poblíž sídla Onšovec, podle kterého jsou označovány jako sedimenty tzv. onšovecké úrovně (Novák 1932). Na této lokalitě, ve výšce 430 – 440 m n. m., je mnoho valounů o velikosti do 15 cm, které jsou částečně obroušeny činností větru. Povrch plošiny je částečně snížen denudací a navětralé skalní podloží se nachází blízko povrchu.

### *KVARTÉR*

V průběhu pleistocénu docházelo k intenzivnímu mrazovému zvětrávání a odnosu materiálu převážně soliflukcí do potoků a řek (Mísař et al. 1983). Během celého kvartéru docházelo k zahlubování údolí dnešní říční soustavy.

Geologické mapování kvartéru se na tomto území opírá zejména o zprávy z inženýrskogeologických průzkumů ložisek soustředěných podél toku Sázavy a Želivky. Kvartérní sedimenty se zachovaly jen na některých svazích a v údolích vodních toků. Písečné nebo kamenité svahové hlíny pokrývají nižší části některých svahů (Hrubeš 1992).

Pleistocenní fluviální sedimenty vytvořily na některých místech terasové akumulace. Nejstarší sázavskou terasou je svrchní terasa (pravděpodobně gūnz), jejíž zbytky se nacházejí na jediné lokalitě, kterou je levý svah údolí Sázavy v okolí Střechova. Relativní výška báze akumulace nad dnešní hladinou Sázavy je 55 m (Hrubeš 1992). Výskyt střední terasy (mindel-riss) je oproti předchozí terase značně rozšířenější. Podle geologické mapy 1:50 000 list Zruč nad Sázavou jsou zbytkem střední terasy např. sedimenty tvořící vnitřní část meandru na levém svahu Sázavy západně od Vlastějovic, sedimenty na pravém svahu v úseku Březina – Buda a na levém svahu v úseku Buda – Domahoř. Podobným materiálem je vyplněn i rozsáhlý úsek bývalého sázavského údolí mezi obcemi Chabeřice – Čížov – Holšice, kterým je dnes vedena železniční trať Zruč nad Sázavou - Čerčany. Báze fluviálních akumulací se nachází v různých výškách od 4 do 20 m nad dnešní hladinou Sázavy, přičemž úrovně jejich povrchů se liší minimálně (Hrubeš 1992, Záruba, Rybář 1961). Spodní terasa (würm) je vyvinuta pouze výjimečně. Na několika místech se vyskytuje společně s terasou střední – např. v meandru západně od Vlastějovic či na pravém údolním svahu v úseku Březina – Buda. Další lokality spodní terasy jsou např. nad pravým břehem Sázavy u Domahoře, nad pravým břehem ve Zručí nad Sázavou či nad levým břehem Sázavy těsně nad soutokem s Želivkou. Mladopleistocenní materiál bývá překryt holocenními náplavovými sedimenty přímo v nivě současných toků (Hrubeš 1992). O sázavských terasách bude podrobněji pojednáno v kap. 3.3.2.

V bezprostředním okolí toků se nacházejí holocenní fluviální sedimenty, které tvoří nivní lem současného koryta. Jsou to písčité či štěrkovité hlíny nebo hlinité písky. Vyskytují se tu také holocenní deluviofluviální sedimenty tvořené písčito-jílovitými hlínami. Holocenní materiály vyplňují převážnou část současných údolí.

### **2.3. Geomorfologické poměry a členění reliéfu**

Sázavské údolí je v zájmovém území hluboce zařiznuto do okolního reliéfu, který má charakter členité pahorkatiny až ploché vrchoviny. Svahy rozčleněného erozně denudačního povrchu jsou rozřezány údolními četných přítoků Sázavy. Na celém území převládají středně ukloněné svahy do 10°, větší sklonitost je pouze na malých lokalitách, převážně na nárazových svazích meandrů. Intenzita současné eroze v údolích se projevuje erozními rýhami a roklemi, které se tvoří ve zvětralině těchto údolí. V celém úseku od Vlastějovic k Posadovskému Mlýnu jsou časté zaklesnuté meandry a zákruty s příkrými nárazovými

svahy, na kterých obvykle vystupuje k povrchu skalní podloží. Východně od Zruče nad Sázavou má údolí starobný charakter úvalovitého tvaru s nevýraznými svahy. Západně od téhož města je sázavské údolí více sevřené, s větším počtem zákrutů. Hranice zkoumaného území je tvořena většinou zbytky zarovnaných povrchů, přičemž jižní hranice leží z velké části na sázavsko-želivském rozvodí, kde se místy vyskytují neogenní štěrky a písky (na jihovýchodním okraji zkoumaného území).

Novák (1942) charakterizuje toto území jako součást „rozsáhlých ploch modelovaných říčním výmolem po penepenizaci“. Podle jeho členění je zájmové území součástí Kutnohorské plošiny a Želivské vysočiny. Kutnohorskou plošinu dále dělí na tři části, přičemž na zkoumané území zasahují plošiny Janovická a Třebětínská, které jsou vzájemně odděleny Ostrovským potokem. Želivskou vysočinu člení také na tři části, kdy zájmové území spadá pouze do jedné z nich, a to do Lukavecké vysočiny.

Podle geomorfologického členění reliéfu Čech (Balatka, Kalvoda 2006), které je použito v této práci, patří zájmové území ke dvěma geomorfologickým oblastem Českomoravské subprovincie, kterými jsou Středočeská pahorkatina a Českomoravská vrchovina. Větší část zaujímá Českomoravská vrchovina, která na toto území zasahuje dvěma okrsky – Zručskou vrchovinou (podokrskem Onšovecká vrchovina) a Čestínskou pahorkatinou (podokrskem Řendějovská vrchovina). Největší podíl na rozloze zájmového území má podokrsek Onšovecká vrchovina. Středočeská pahorkatina, která zabírá menší část území v jeho západní polovině, je zastoupena okrskem Kácovská pahorkatina, resp. jeho třemi podokrsky – Ratajskou vrchovinou, Libežskou vrchovinou a Sedmpánskou pahorkatinou. Příslušnost uvedených okrsků a podokrsků k jednotkám vyššího řádu (podcelek, celek, oblast, subprovincie, provincie) je uvedena v tab. 2.

#### *KÁCOVSKÁ PAHORKATINA (IIA - 2A - 4)*

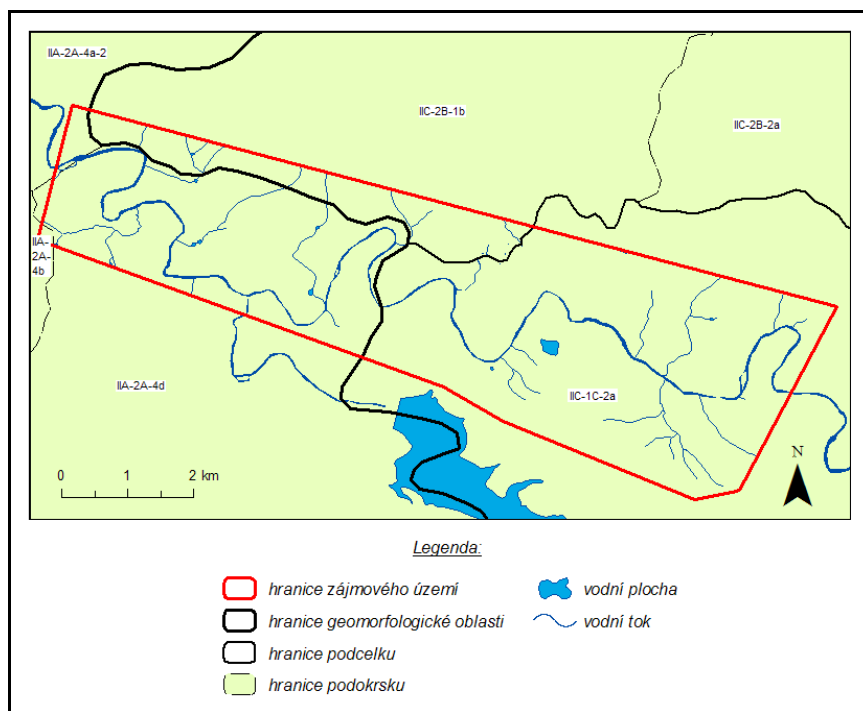
Kácovská pahorkatina je severní částí podcelku Mladovožická pahorkatina, která je součástí celku Vlašimská pahorkatina. Mladovožická pahorkatina je členitou pahorkatinou se středním sklonem  $4^{\circ} 22'$  a střední výškou 459 m. Na zájmové území zasahuje Kácovská pahorkatina ze západu svými třemi podokrsky (viz. tab. 2). Podokrsek Ratajská vrchovina zaujímá svou zbizubskou částí pouze malé území u Posadovského Mlýna. Podobně i Libežská vrchovina se týká mého území jen okrajově, a to v okolí Střechova. Největší částí se podílí podokrsek Sedmpánská pahorkatina, který leží v okolí toku Sázavy mezi Zručí nad Sázavou

a Posadovským Mlýnem a pokračuje dále na jih mimo zájmové území. V tomto úseku se dochovaly zbytky pleistocenních fluvialních akumulací.

**Tab.2:** Geomorfologické členění zájmového území (podle: Balatka, Kalvoda 2006)

| Provincie         | Subprovincie                         | Oblast                            | Celek                                   | Podcelek                                | Okrsek                                   | Podokrsek   |
|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|---|--|---|
| Česká<br>vysočina | II<br>Česko-moravská<br>subprovincie | IIA<br>Středočeská<br>pahorkatina | IIA - 2<br>Vlašimská<br>pahorkatina     | IIA - 2A<br>Mladovožická<br>pahorkatina | IIA - 2A - 4<br>Kácovská<br>pahorkatina  | IIA - 2A - 4a<br>Ratajská<br>vrchovina<br>(IIA-2A-4a-2<br>zbizubská část) |
|                   |                                      |                                   |   |   |  | IIA - 2A - 4b<br>Libežská<br>vrchovina                                    |
|                   |                                      |                                   |   |   |  | IIA - 2A - 4d<br>Sedmpánská<br>pahorkatina                                |
|                   |                                      | IIC<br>Českomoravská<br>vrchovina | IIC - 1<br>Křemešnická<br>vrchovina     | IIC - 1C<br>Želivská<br>pahorkatina     | IIC - 1C - 2<br>Zručská<br>vrchovina     | IIC - 1C - 2a<br>Onšovecká<br>vrchovina                                   |
|                   |                                      |                                   | IIC - 2<br>Hornosázavská<br>pahorkatina | IIC - 2B<br>Světelská<br>pahorkatina    | IIC - 2B - 1<br>Čestínská<br>pahorkatina | IIC - 2B - 1b<br>Řendějovská<br>vrchovina                                 |

**Obr. 3:** Geomorfologické členění zájmového území (podle: Balatka, Kalvoda 2006)





Kácovská pahorkatina je členitou pahorkatinou v povodí Sázavy, sázavské Blanice a Želivky. Rozkládá se na moldanubických pararulách s vložkami amfibolitů. Je tvořena silně rozčleněným, erozně denudačním reliéfem, s výraznými strukturními hřbety, suky a odlehlíky. Hluboce zaříznutá údolí Sázavy a jejích přítoků zde vytvářejí četné zaklesnuté meandry. Nejvyšším bodem je vrch Na dílech 535 m n. m. (mimo zájmové území). Významnými body jsou také: Kostelík (534 m n. m.), Spálená hora (496 m n. m.) a Vrcha (533 m n. m.). Všechny však leží mimo zkoumané území. Pahorkatina je charakterizována 4. – 5. vegetačním stupněm, je středně zalesněna smrkovými a smíšenými listnatými porosty s příměsí borovice a modřínu (Demek et al. 1987). Na hranici Kácovské pahorkatiny a Zručské vrchoviny se nachází vodní nádrž Švihov na Želivce, která je důležitým vodním zdrojem pro Prahu a část středních Čech.

#### *ZRUČSKÁ VRCHOVINA (IIC - 1C – 2)*

Tento okrsek tvoří severovýchodní část podcelku Želivská pahorkatina, který je součástí celku Křemešnická vrchovina. Želivská pahorkatina má charakter členité pahorkatiny se středním sklonem 4° 11' a střední výškou 481,1 m. Na zkoumané území zasahuje Zručská vrchovina podokrskem Onšovecká vrchovina.

Zručská vrchovina je tvořena rulami s pruhy krystalických vápenců. Údolí Sázavy, Želivky a jejich přítoků jsou zde hluboce zaříznuta. V plochých sníženinách na rozvodí Sázavy a Želivky v okolí obcí Bojiště, Kožlí, Zahájí a Kounice jsou malé ostrůvky neogenních sedimentů (Demek et al. 1965). Na svazích údolí Sázavy jsou v malém rozsahu vyvinuty pleistocenní fluviální terasy. Na některých lokalitách se v krystalických vápencích vyskytují krasové jevy (jeskyně Čertovy díry v Doupné skále nad pravým břehem Želivky u obce Kožlí a jeskyně na kopci Šeptouchov v Ledči nad Sázavou – obě mimo zájmové území). Nejvyšší místo se nachází na vrchu Fialník, v nadmořské výšce 526 m (mimo zájmové území, severovýchodně od Vlastějovic). Pro Zručskou vrchovinu je typický 4. – 5. vegetační stupeň. V krajině dominují pole a louky, lesíky jsou především smrkové s příměsí listnatých porostů a borovice (Demek et al. 1987).

#### *ČESTÍNSKÁ PAHORKATINA (IIC - 2B – 1)*

Čestínská pahorkatina je západní částí Světelské pahorkatiny, jejíž střední sklon je 4° 11' a střední výška 478,7 m. Podcelek Světelská pahorkatina je součástí celku

Hornosázavská pahorkatina. Na mé území vniká Čestínská pahorkatina ze severu podokrskem Řendějovská vrchovina, v němž jsou výrazné zarovnané povrchy, nacházející se přibližně na spojnici obcí Lipina – Zliv. Tyto povrchy jsou považovány za pozůstatek paleogenního zarovnaného povrchu (Král 1985) a tvoří severní hranici zájmového území.

Území Čestínské pahorkatiny je tvořeno převážně rulami a má charakter členité pahorkatiny s povrchem ukloněným k jihu. Plochý reliéf je rozřezán pravostrannými přítoky Sázavy. Nejvyšším bodem je Březina ve výšce 555 m n. m. (mimo zájmové území). Území je charakterizováno vegetačním stupněm 4. – 5., povrch je středně zalesněn smíšenými listnatými a smrkovými porosty s příměsí borovice a modřínu (Demek et al. 1987).

#### **2.4. Hydrogeografické a hydrogeologické poměry**

Hlavním vodním tokem sledovaného území je řeka Sázava (po ústí Želivky povodí č. 1-09-01, od ústí Želivky povodí č. 1-09-03). Sázava přitéká na zkoumané území na svém 114,5 říčním km a opouští ho pod Posadovským Mlýnem na 92,5 říčním km. Na sledovaném úseku Sázavy jsou čtyři jezy (v Březině, Horce, Chabeřicích a u Posadovského Mlýna) a průměrný sklon údolního dna je 0,84 ‰. Sázava je v tomto úseku napájena několika přítoky, z nichž největší je Želivka (povodí č. 1-09-02) s plochou povodí 1188,6 km<sup>2</sup>, která však na toto území zasahuje pouze svým nejspodnějším úsekem. Dalšími většími přítoky jsou: Ostrovský potok s plochou povodí 78,7 km<sup>2</sup> a Štěpánovský potok odvodňující území o rozloze 67,6 km<sup>2</sup> (Hydrologické poměry - I. díl 1965).

V tabulkách 3 a 4 jsou uvedeny hodnoty průměrných měsíčních a ročních průtoků a denní maxima a minima ze stanice Zruč nad Sázavou, za třicetileté období 1977 – 2006. Tyto údaje byly poskytnuty Českým hydrometeorologickým ústavem v Praze. Pro hodnoty maximálních a minimálních denních průtoků v tomto období však nebyla uvedena přesná data jejich výskytu, ale pouze příslušné roky tak, jak jsou uvedeny v tabulce.

Ve Zručích nad Sázavou odvodňuje Sázava povodí o ploše 1419,75 km<sup>2</sup>. Nejvodnějším měsícem v roce je březen, kdy hodnoty průměrného měsíčního průtoky dosahují více než 20 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Naopak nejméně vody má řeka v říjnu. V tomto měsíci činí její průměrný průtok v daném profilu pouze necelých 5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (viz. tab. 4).

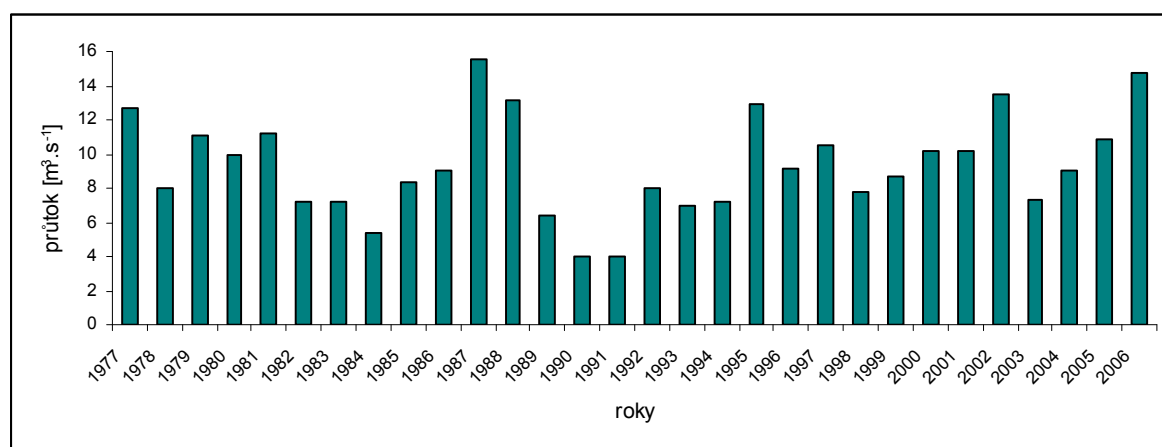
V posledních letech byly pro bezprostřední okolí toků povodí Sázavy podstatně zejména zvýšené průtoky v roce 2002 a 2006 (viz. obr. 4). V roce 2002 byla zvýšená hodnota průměrného ročního průtoky výsledkem srpnové povodně, kterou způsobily přívalové deště.

V roce 2006 se jednalo o zvýšení průtoků vlivem silného oteplení v jarních měsících (především na přelomu března a dubna), které způsobilo rychlé tání sněhu. Zvyšování hladiny toků bylo ještě umocněno dešťovými srážkami. Následky povodní na Sázavě byly podrobně monitorovány v rámci projektu „Mapování upravenosti toků a následků povodní v povodí Sázavy“ (Projekt VaV SM/2/57/05 Dlouhodobé změny poříčních ekosystémů v nivách toků postižených extrémními záplavami), na kterém se podíleli pracovníci a studenti Přírodovědecké fakulty UK.

Sázava je v tomto úseku vodohospodářsky významným tokem. Čistota vody se pohybuje na rozmezí II. a III. třídy, takže je charakterizována jako mimopstruhová. Podobné charakteristiky se týkají i Želivky, jejíž celé povodí se nachází ve vodárenském ochranném pásmu (Vlček et al. 1984).

Moldanubikum je z většiny tvořeno horninami nepříliš vhodnými pro tvorbu zásob podzemních vod. Horniny budující zkoumané území, tedy pararuly s vložkami petrograficky odlišných hornin a ortoruly, se samy o sobě vyznačují pouze puklinovou propustností. Větší nahromadění a cirkulace vod je vázána jen na otevřené pukliny ve svrchních partiích a zejména na dislokace. Podstatně lepší propustností se vyznačuje eluviální zvětralinový plášť těchto hornin, zejména má-li nízký podíl prachovitých a jílovitých částic (Rybařík 1968). Obecně se v horninách moldanubika sice vyskytují sestupné pukliny, často jsou však vyplněné nepropustnou jílovitou zvětralinou (Beneš et al. 1963), proto je vydatnost podzemních puklinových vod této oblasti dosti nízká a značně kolísavá.

Obr. 4: Průměrné roční průtoky Sázavy ve Zruči nad Sázavou pro období 1977 - 2006 (podle: Základní hydrologické charakteristiky pro období 1977 - 2006, 2007)



Tab. 3: Hodnoty průtoků Sázavy ve Zruči nad Sázavou pro období 1977 - 2006  
(podle: Základní hydrologické charakteristiky pro období 1977 - 2006, 2007)

| <i>prům. roční průtok<br/>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</i> | <i>max. denní průtok<br/>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</i> | <i>min. denní průtok<br/>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</i> |
|--|---|---|
| 9,331  | 268 (r. 2006)   | 0,866 (r. 1994)   |

Tab. 4: Průměrné měsíční průtoky Sázavy ve Zruči nad Sázavou pro období 1977 - 2006  
(podle: Základní hydrologické charakteristiky pro období 1977 - 2006, 2007)

|                 | <i>průměrný měsíční průtok [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</i> |
|-----------------|---|
| <i>leden</i>    | 10,273  |
| <i>únor</i>     | 12,746  |
| <i>březen</i>   | 20,359  |
| <i>duben</i>    | 15,162  |
| <i>květen</i>   | 8,746   |
| <i>červen</i>   | 6,232   |
| <i>červenec</i> | 7,007   |
| <i>srpen</i>    | 6,593   |
| <i>září</i>     | 5,536   |
| <i>říjen</i>    | 4,971   |
| <i>listopad</i> | 6,050   |
| <i>prosinec</i> | 8,583   |

Zásoby podzemních vod se ve sledované oblasti vyskytují zejména v písčitéch a štěrkopísčitéch uloženinách přehloubeného údolního dna Sázavy. Morfologický vývoj údolní nivy podmiňuje vznik akumulčních úseků a přispívá tak ke vzniku využitelného zvodnění náplavů. Propustný bývá v nivě bazální horizont říčních štěrků v údolním dně, který je zde mocný nejvýše 4 – 8 metrů (Beneš et al. 1963). Propustné písky a štěrkopísky jsou sběrnou oblastí svahové vody tekoucí po nepropustném podloží tvořeným převážně pararulami. Pod hladinou podzemní vody se nachází nejnižší část starého pleistocenního údolí (Rybář 1958). Holocenní povodňové hlíny, které kryjí vlastní náplavy údolního dna, do jisté míry zabraňují napájení podzemní vodou. Pouze lokálně bývají sedimenty v říčních nivách napájeny podzemní vodou ze skalního podkladu (Beneš et al. 1963). Zásoby vody jsou

doplňovány sezónně - nejvyšší stavy hladiny podzemní vody se vyskytují v květnu a červnu, nejnižší stavy v období od září do listopadu (Kwasnická 1995).

Vody písčitých a štěrkopísčitých akumulací údolního dna Sázavy fungují do jisté míry jako regulátory odtoku povrchové vody. V době nízkých vodních stavů v řece jsou doplňujícím zdrojem vody a naopak v období nadměrné vodnosti jsou samy obohacovány vsakem říční vody do náplavů. Tyto uloženiny tak mají tendenci vyrovnávat amplitudy průtoků Sázavy (Beneš et al. 1963).

## **2.5. Tektonika**

Český masiv je tvořen krami různé velikosti a stáří. Zlomová tektonika této oblasti je výsledkem dvou geotektonických cyklů – kadomského a hercynského (variského). Její současný obraz je značně ovlivněn poslední neotektonickou fází, při níž dochází převážně k oživení pohybů podél starých zlomů, výjimečně k vytvoření nových zlomových systémů. Oblast současného Českého masivu je tedy od začátku neoidního období, tj. od saxonu, formována především denudačními pochody (Balatka, Roth, Sládek, Zeman 1983).

Zájmové území je součástí českého moldanubika, které patří do moldanubické zóny evropských hercynid (Mísař et al. 1983). České moldanubikum je na západě odděleno od středočeské oblasti středočeským hlubinným zlomem, probíhajícím ve směru SV-JZ (Mahel', Kodym, Malkovský 1984). Podél tohoto zlomu pronikl během hercynské (variské) tektogeneze středočeský pluton. Významnou tektonickou linií je ratajská zóna, která je 1-3 km širokou, zcela neostře omezenou zónou, se směrem SZ-JV (Mahel', Kodym, Malkovský 1984), jež na severu odděluje české moldanubikum od kutnohorského krystalinika (Müller et al. 2002). Na severovýchodě sahá české moldanubikum podél severního okraje centrálního masivu až k přibyslavskému hlubinnému zlomu, který sleduje směr S-J (Mahel', Kodym, Malkovský 1984). V jihozápadní části přechází české moldanubikum plynule do moldanubika šumavského (Mísař et al. 1983), přičemž rozhraní mezi nimi je tvořeno okrajovými zlomy třeboňské pánve.

Podle základního mladossaxonského členění Českého masivu náleží zkoumané území do vltavsko-dyjského bloku. Tato oblast se nachází jižně od poruchových zón klatovsko-závistské a poděbradsko-železnohorské, jimiž je oddělena od bloku labsko-svrateckého. Na východě pak dosahuje až k okrajové poruše masivu karpatské předhlubně (Balatka, Roth, Sládek, Zeman 1983). Podle mapy mladších tektonických struktur Českého masivu (Kopecký

1989) neprobíhají územím žádné podstatné neotektonické linie, kromě synklinály kopírující v podstatě směr sázavského hlubinného zlomu.

Osu zkoumané oblasti, stejně jako celého středního Posázaví, vytváří sázavský hlubinný zlom se směrem SZ-JV, který byl vytvořen pravděpodobně již během kadomské tectogeneze. Stejně stáří se předpokládá i u dalších základních hlubinných zlomů, mezi které patří např. výše jmenované hlubinné zlomy středočeský a přibyslavský (Mísař et al. 1983). Některé z těchto zlomů sehrály důležitou roli také při hercynském (variském) geotektonickém cyklu, kdy podél nich došlo k výstupu granitoidních plutonů (např. středočeský pluton). Sázavský a středočeský hlubinný zlom byly indikovány geofyzikálními metodami. Kvůli nedostatku neoidního pokryvu platformy Českého masivu je bohužel v krystaliniku obtížné spolehlivě odlišit staré tektonické rysy od mladších (Balatka, Roth, Sládek, Zeman 1983).

Na geologické mapě ČR 1:50 000, list Zruč nad Sázavou, jsou ve zkoumané oblasti zakresleny dva zlomy – předpokládaný zlom jižně od Sv. Magdalény a zjištěný zlom západně od Laziště. Tyto zlomy jsou navzájem kolmé - první z nich sleduje směr ZSZ-VJV, druhý směr SSV-JJZ. Na geologické mapě je patrný posun vložek odolnějších hornin (skarnů a erlanů) podél těchto zlomů. V morfologii terénu se však ani jeden z nich nijak výrazně neprojevuje.

Horniny moldanubika jsou složité tektonity, které vznikly během dvou vrásnění, při kterých byly vytvořeny dva systémy drobně tektonických vrásových os a lineací. Tyto systémy se od sebe odlišují směrem svého průběhu. Starší vrásové systémy probíhají v moravské větvi moldanubika ve směru SV-JZ, v české větvi se pak stáčí do směru S-J až SSZ-JJV. Mladší systém vrás má v moravské větvi moldanubika směr SZ-JV, v české větvi se stáčí do směru V-Z až SV-JZ (Beneš et al. 1963).

Megastruktury mají díky svému vzniku z vrás několika směrů značně nepravidelný průběh (Svoboda et al. 1964). Zájmové území je součástí plochého synklinorního zručského pásma, které na východě přechází v mohutné brachyantiklinorní pásmo, jehož jádro tvoří moldanubický pluton. Zručské synklinorium pokračuje dále na sever do oblasti kutnohorského krystalinika. Díky dalším vrásám, probíhajícím zájmovým územím ve směru SV-JZ, mají horninové pruhy různé směry, přičemž převládá směr V-Z se sklony foliací zhruba 20° k severu (Beneš et al. 1963). Podle výsledků získaných během terénních měření dominují na zájmovém území sklony foliací okolo 40° k S až SZ.

Moldanubický pluton, který na zájmové území zasahuje pouze několika drobnými žilami, má díky svému pomalému tuhnutí jednoduchou a velmi pravidelnou vnitřní puklinovou stavbu. Nejdůležitější pukliny mají směr zhruba S-J a V-Z (Beneš et al. 1963). Ve vývoji zájmové oblasti sehrál důležitou roli melechovský masiv, jenž je součástí centrálního masivu moldanubického plutonu. Melechovské těleso se nachází východně od zájmového území, přibližně mezi Humpolcem, Ledčí nad Sázavou a Světlou nad Sázavou. V krátkém úseku mezi Světlou nad Sázavou a Ledčí nad Sázavou protéká melechovským masivem řeka Sázava (oblast smrčenského průlomu). V podélném profilu řeky je v tomto úseku patrné výrazné zvýšení sklonu koryta (melechovský stupeň), které je způsobeno odolností melechovské žuly.

### **3. Geomorfologická analýza zájmového území**

#### **3.1. Přehled dosavadních výzkumů**

Cílem této kapitoly je podat souhrnný přehled o dosavadních výzkumech probíhajících na zájmovém území. Je zde uvedena nejdůležitější literatura, která byla dosud publikována o zkoumaném území a byla velice nápomocna při zpracování této diplomové práce. Celkový seznam použité literatury je v kap. 6.

Základními pracemi popisujícími období geologického vývoje Českého masivu jsou práce autorů *Svobody et al.* (1964), *Misaře et al.* (1983) a *Chlupáče et al.* (2002), v nichž je v širších souvislostech podrobně popsán geologický vývoj českého moldanubika. Podrobně se geologickým vývojem v prekambriu a paleozoiku a horninovým složením moldanubika zabývají *Beneš et al.* (1963), kteří se zmiňují mimo jiné i o výskytu terciérních uloženin na zájmovém území.

Vývojem toků Českého masivu v terciéru se zabýval *Malkovský* (1975), který překvapil svým názorem na vývoj údolí Sázavy a původ fluviálního materiálu na rozvodí Sázavy a Labe. *Malkovský* (1976) se zabýval také tektonikou, podobně jako *Buday et al.* (1961) či *Roth* (1984).

Pro geomorfologii je nejdůležitější literatura týkající se kvartéru. Obsáhlou studii o tvarech reliéfu zpracoval *Novák* (1942). Autor zde používá vlastní regionální členění; zájmového území se týkají Kutnohorská plošina a Želivská vysočina. Významné geomorfologické práce napsali také *Demek et al.* (1965, 1987 a 2006). Kvartérodními sedimenty širšího okolí Zruče nad Sázavou se zabýval *Hrubeš* (1992).

Důležitými dokumenty jsou také zprávy z vrtných průzkumů z období padesátých a šedesátých let 20. století, které jsou k dispozici v archivu Geofondu. Zprávu o výzkumu v okolí Chabeřic zpracoval *Kůta* (1956), o průzkumu písků ve Zruči nad Sázavou napsal *Rybář* (1958). Vrtným průzkumem se zabýval také *Rybařík* (1968), který napsal geologické zprávy z důležitých lokalit zájmového území; kromě ložiska ve Zruči nad Sázavou zkoumal také lokality Buda, Horka a Chřenovice.

Velice přínosnou byla při zpracování této práce literatura o fluviálních terasách Sázavy. Mezi starší, ale velmi zásadní literaturu týkající se fluviálních sedimentů a vývoje sázavského údolí patří bezpochyby práce *Nováka* (1932), který detailně popisuje výsledky svých terénních průzkumů. Pleistocenními fluviálními akumulacemi studovaného území se



zabývali také *Záruba, Rybář* (1961). Souhrnnou práci o říčních terasách, jejich vzniku a výskytu publikovali *Balatka, Sládek* (1962). Z nejnovějších publikací o říčních terasách Sázavy lze zmínit článek autorů *Balatka, Štěpančíková* (2006), publikovaný v časopise *Geomorphologia Slovaca*.

Z mapových podkladů je důležitá zejména geologická mapa 1:50 000, list Zruč nad Sázavou, zpracovaná *Štěpánkem* (1993) a mapa předčtvrtohorních útvarů 1:200 000, list Jihlava (1996). Obě tyto mapy vznikly v rámci Českého geologického ústavu v Praze. Geomorfologická mapa zájmového území nebyla dosud publikována. Existuje pouze rukopisná geomorfologická mapa širšího území v měřítku 1:200 000 a morfotektonická mapa stejného měřítko. Dané mapy nebyly při zpracování této práce použity.

### **3.2. Morfostrukturní analýza**

Je všeobecně známo, že reliéf je výsledkem neustálého působení endogenních a exogenních sil, jež působí proti sobě. Výsledné tvary reliéfu bývají často závislé na svém geologickém podloží, např. na výskytu odolnějších či naopak méně odolných hornin, tektonických poruch, apod. V mnoha případech však tvary reliéfu neodpovídají vlastnostem hornin tak, jak bychom předpokládali. Hlavním úkolem morfostrukturní analýzy je vymezení struktur zemské kůry a stanovení etap jejich vývoje. Morfostrukturní analýza, jako velmi důležitá část geomorfologického výzkumu, je prováděna na základě studia současných, ale i pohřbených tvarů reliéfu. Velmi důležité je také rozšíření mladých usazenin, především neogenního a kvartérního stáří. Podstatou morfostrukturní metody je analýza vztahů mezi geologickou stavbou území a tvary reliéfu zemského povrchu. Jinými slovy, jde nejen o vymezení tvarů přímo závislých na geologickém podloží (na jejich uložení, rozpukání, apod.), ale i tvarů bez přímé závislosti na geologické stavbě území či tvarů inverzních. Také je možné určit tvary, které vznikly přímým působením endogenních sil (např. zlomové svahy) nebo byly naopak podmíněny účinky sil exogenních (Demek in Bezvodová et al. 1985). Důležitou úlohou morfostrukturní analýzy je také určení intenzity, směru, typu a časového období neotektonických pohybů. To je v zájmovém území tvořeném horninami krystalinika dosti problematické (Demek 2004).

### 3.2.1. Puklinová analýza

Statistické vyhodnocení puklinových měření provedených na zájmovém území a vyhodnocení vztahu směrů těchto k puklin k příslušným tvarům reliéfu by mělo přispět k poznání geomorfologického vývoje oblasti.

Pro potřeby puklinové analýzy byly sestaveny intervaly (ve stupních), podle kterých byly určeny orientace jednotlivých puklin a údolních úseků vůči světovým stranám. Podle směrové růžice náleží každému světovému směru interval o velikosti  $22,5^\circ$ . Jelikož by první rozhraní, tj. mezi směrem S-J a SSV-JJZ, bylo rovno těžko měřitelnému úhlu  $11,25^\circ$ , byla tato hodnota zaokrouhlena na hodnotu  $11^\circ$  a od ní dále vypočítány hranice mezi ostatními směry za použití výše zmíněného intervalu  $22,5^\circ$  (viz. tab. 5).

Na zájmovém území bylo provedeno puklinové měření na čtyřech lokalitách vyznačených v geomorfologické mapě (viz. volná příloha). Původně bylo předpokládáno měření i na dalších lokalitách, což by značně přispělo k objasnění vztahu puklin k údolnímu systému sledovaného území. Tento záměr byl však bohužel znemožněn špatným přístupem do těchto míst (jedná se o lokality nad pravým břehem Sázavy: nárazový svah zákrutu pod Horkou nad Sázavou, nárazový svah meandru pod Zručí nad Sázavou, nárazový svah zákrutu pod Holšicemi).

Celkem byly naměřeny směry 155 puklin, které se nacházejí převážně v pararulách. Směry puklin byly porovnávány s orientací přilehlých údolí. Jelikož byla puklinová měření prováděna převážně na skalních výchozech nárazových svahů zaklesnutých meandrů a zákrutů, jedná se o směr údolí daného toku v daném místě. Dále bude provedena podrobná analýza jednotlivých lokalit puklinových měření.

Tab. 5: Přehled možné orientace vůči světovým stranám s odpovídajícími úhly

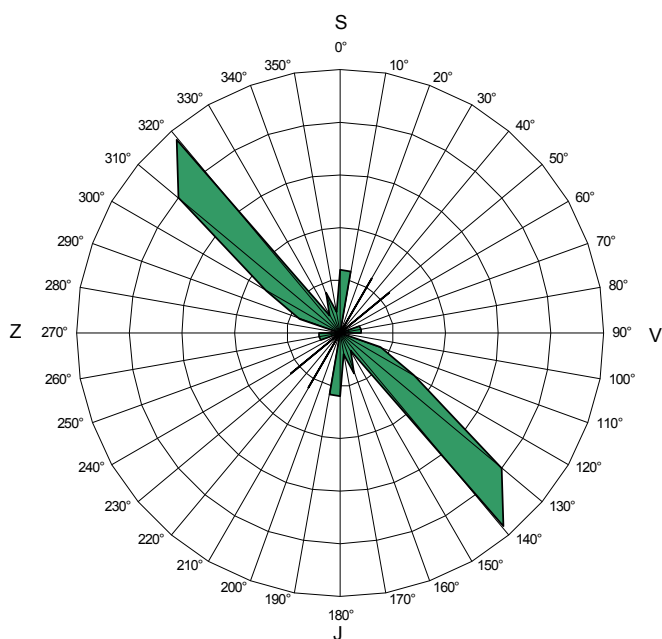
| směr    | odpovídající úhel [°] |
|---------|-----------------------|
| S-J     | -11,5 – 11            |
| SSV-JJZ | 11,1 - 33,5           |
| SV-JZ   | 33,51 – 56            |
| VSV-ZJZ | 56,1 - 78,5           |
| V-Z     | 78,51 – 101           |
| VJV-ZSZ | 101,1 - 123,5         |
| JV-SZ   | 123,51 – 146          |
| JJV-SSZ | 146,1 - 168,5         |

### *VLASTĚJOVICKÝ MEANDR (nárazový svah nad ústím Pertoltického potoka)*

První lokalita měření směru puklin se nachází na pravém svahu Sázavy pod Vlastějovicemi. Jedná se o skalní výchozy nad skalní stěnou nárazového svahu vlastějovického meandru nad ústím Pertoltického potoka. V podloží převažuje pararula, vyskytují se vložky odolnějších hornin (amfibolity, skarny).

Na této lokalitě bylo uskutečněno celkem 47 měření, kterými byl zjištěn převažující směr puklin JV-SZ (viz. obr. 5). Byla tedy prokázána shoda mezi zjištěným převažujícím směrem puklin a směrem údolí přilehlého úseku Sázavy, které v tomto místě sleduje směr JV-SZ až VJV-ZSZ. Úklon vrstev skalních výchozů této lokality odpovídá přibližně 45° k S až SZ.

**Obr. 5:** Puklinový diagram z nárazového svahu vlastějovického meandru nad ústím Pertoltického potoka



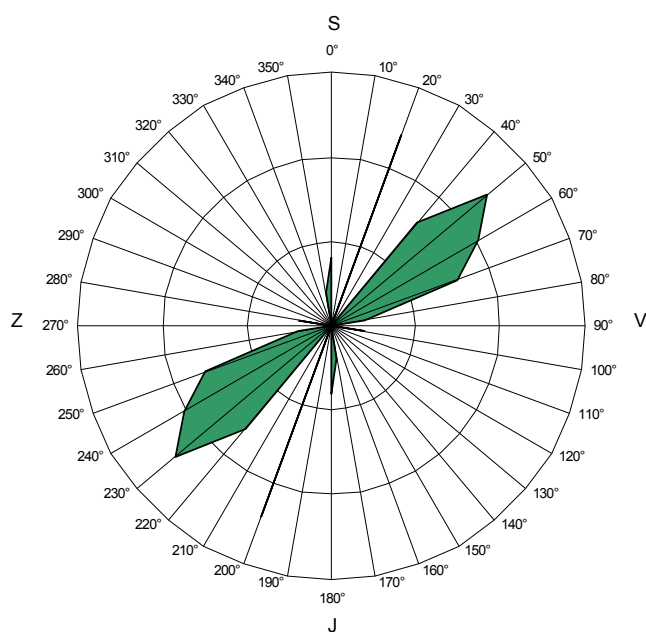
### *VLASTĚJOVICKÝ MEANDR (nárazový svah pod ústím Pertoltického potoka)*

S předchozím puklinovým měřením přímo souvisí další lokalita, kterou je pravý svah údolí Sázavy pod ústím Pertoltického potoka, tedy druhá polovina vlastějovického meandru. Zde bylo provedeno celkem 30 měření na skalních výchozech tvořených převážně pararulou, místy zpevněnou erlany a křemenem.

V této části začíná tok Sázavy uzavírat meandr, přičemž nejprve kopíruje směr VSV-ZJZ až SV-JZ, následně se pak stáčí až do směru SSV-JJZ. Podle puklinového diagramu na obr. 6 vidíme jasnou převahu puklin ve směru 40-70°, což naprosto odpovídá průběhu údolí přilehlého úseku Sázavy. Shoda puklinového směru s údolním byla tedy v tomto případě opět potvrzena. Dominující sklony foliací této lokality jsou 30-45° k SSV až S.

V obou případech měření puklin na nárazových svazích vlastějovického meandru (viz. obr. 5 a 6) si můžeme všimnout podřadného, přesto zřetelného směru S-J. Souvislost bychom mohli najít se směrem údolí Pertoltického potoka, který mezi těmito dvěma lokalitami přitéká zprava do Sázavy a má na svém spodním úseku téměř čistý směr S-J.

Obr. 6: Puklinový diagram z nárazového svahu vlastějovického meandru pod ústím Pertoltického potoka



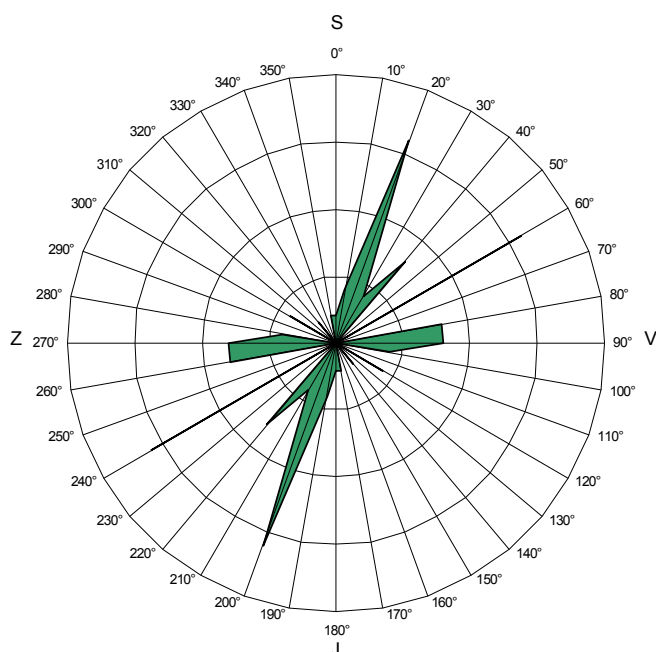
*OSTROVSKÝ POTOK (nárazový svah posledního zákrutu)*

Další puklinová měření probíhala v nárazovém svahu posledního zákrutu Ostrovského potoka, kde bylo změřeno celkem 39 puklin na výchozech mrazového srubu tvořeného pararulou s vložkami křemene.

Z daných měření byl sestrojen puklinový diagram (viz. obr. 7), který ukazuje převažující směr SSV-JJZ. Důležitý je v tomto případě ale také směr V-Z, tedy téměř kolmý na směr dominantní a dále směr SV-JZ. I v tomto případě lze usuzovat na jistou podmíněnost

údolních směrů systému puklin. Převažujícím směru puklin odpovídá na této lokalitě směr údolí malého pravostranného přítoku Ostrovského potoka, který vznikl pravděpodobně právě díky menší soudržnosti hornin ve směru SSV-JJZ. Zbývajícím dvěma směrům by mohl odpovídat úsek Ostrovského potoka, který se zde stáčí ze směru JV-SZ přes V-Z až do směru SV-JZ. Vznik tohoto zákrutu byl tedy nejspíše podmíněn opět sníženou soudržností hornin v uvedených směrech. Sklony foliací odpovídají v tomto případě 30-45° k SSZ až SZ.

Obr. 7: Puklinový diagram z nárazového svahu posledního zákrutu Ostrovského potoka



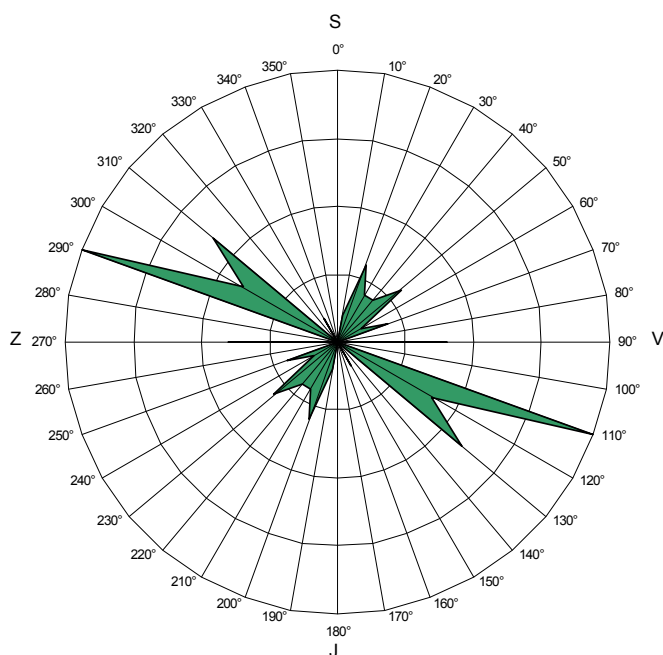
### *CHABEŘICKO – ČÍŽOVSKÝ HŘBET*

Poslední lokalitou, na které byla provedena puklinová analýza, je chabeřicko-čížovský hřbet, nacházející se na pravém svahu Sázavy přímo naproti jejímu soutoku s Želivkou. Tento hřbet je tvořen opět pararolou. Pukliny byly měřeny na skalních výchozech v horní části hřbetu, kde byl identifikován mrazový srub, který se udržel ve svahu díky zpevnění křemenem.

Z 39 měření byl sestaven puklinový diagram (viz. obr. 8), který ukazuje jasnou převahu směru VJV-ZSZ až JV-SZ. Při porovnání se směry údolní sítě přilehlých lokalit bylo zjištěno, že danému směru puklin odpovídá jak současný směr přilehlého toku Sázavy, tak

i směr bývalého sázavského údolí, nacházejícího se severně od hřbetu. S druhým výrazným směrem puklin, SV-JZ, by mohlo souviset údolí Chabeřického potoka severně od železniční tratě. Na určení přímého vztahu by však bylo třeba dalších puklinových měření blíže tohoto toku, kde však nebyly nalezeny vhodné horninové výchozy. Vrstevnatost hornin této lokality odpovídá sklonu 40-45° k SSZ.

Obr. 8: Puklinový diagram z chabeřicko – čížovského hřbetu

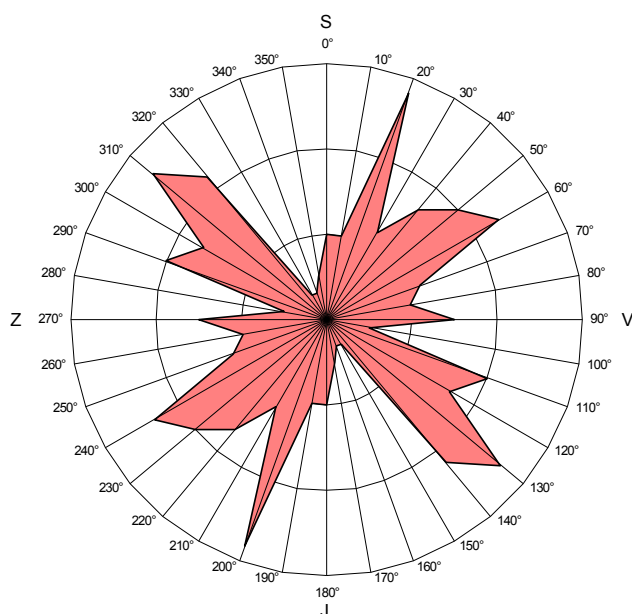


#### *SOUHRNNÝ PUKLINOVÝ DIAGRAM PRO CELÉ ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ*

Souhrnný puklinový diagram ukazuje převažující směr puklin JV-SZ. Výrazné zastoupení mají dále směry SSV-JJZ a SV-JZ, které jsou téměř kolmé na směr první. Podle tab. 6 je patrná určitá souvislost mezi zastoupením jednotlivých směrů puklin a směrů údolních úseků. Pozoruhodná je zejména naprostá shoda v procentuálním zastoupení směrů údolí a puklin v dominujícím směru JV-SZ (18,7 %). Vztah mezi puklinami a údolními směry nám potvrzuje také minimální zastoupení, které má (jak v případě puklin, tak i v případě údolí) směr JJV-SSZ.

Obecně lze říci, že zastoupení jednotlivých směrů puklin a údolí si do značné míry odpovídají zejména ve směrech JV-SZ a S-J, méně pak ve směrech VJV-ZSZ, VSV-ZJZ a V-Z, tedy ve směrech blízkých rovnoběžkovému.

Obr. 9: Souhrnný puklinový diagram celého zájmového území



Tab. 6: Přehled směrů údolí a puklin na zájmovém území

| Směr          | údolí            |  | pukliny                  |                                    |
|---------------|------------------|--|--------------------------|------------------------------------|
|               | délka údolí [km] | podíl na celkové délce všech údolí [%] | počet puklinových měření | podíl na celkovém počtu měření [%] |
| S-J           | 62,9             | 11,5                                   | 15                       | 9,7                                |
| SSV-JJZ       | 66,6             | 12,2                                   | 24                       | 15,5                               |
| SV-JZ         | 99,6             | 18,3                                   | 22                       | 14,2                               |
| VSV-ZJZ       | 46,4             | 8,5                                    | 21                       | 13,5                               |
| V-Z           | 89,6             | 16,4                                   | 18                       | 11,6                               |
| VJV-ZSZ       | 41,2             | 7,6                                    | 22                       | 14,2                               |
| JV-SZ         | 101,8            | 18,7                                   | 29                       | 18,7                               |
| JJV-SSZ       | 37,2             | 6,8                                    | 4                        | 2,6                                |
| <b>Celkem</b> | <b>545,3</b>     | <b>100</b>                             | <b>155</b>               | <b>100</b>                         |

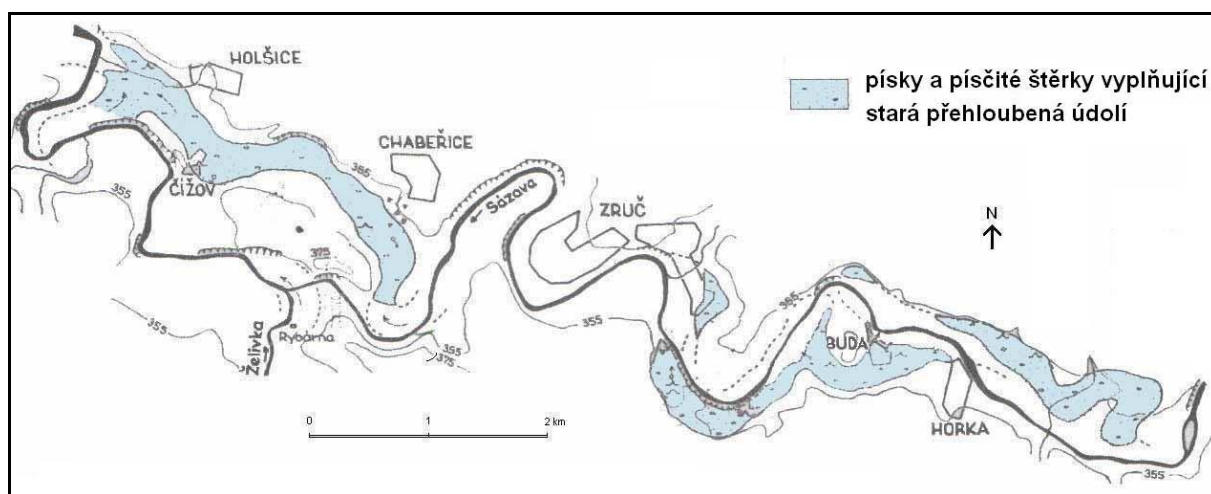
### 3.2.2. Analýza údolní soustavy

Nejvýraznějším tvarem reliéfu jsou údolí vodních toků. Osu zájmového území tvoří údolí Sázavy, která se sem dostává z východu na 114km a opouští ho na západě na 92,5km délky svého toku. Sázavské údolí je v horní části daného úseku (tj. nad Zručí nad Sázavou) hluboce zaříznuté a široce otevřené, má tedy úvalovitý tvar starobného charakteru

s nevýraznými svahy. V dolní části sledovaného úseku je údolí více sevřené, s výraznějšími svahy a větším počtem zákrutů. Meandrům a zákrutům je věnována samostatná kapitola 3.2.3.

Strmé svahy nad  $25^\circ$  se nacházejí především na nárazových svazích meandrů a zákrutů, kde se často vyskytují skalní výchozy. Skalní stěny dosahují výšky až 50 m. Jeden z nejvýraznějších svahů se skalní stěnou je v úseku vlastějovického meandru (rel. výška nad hladinou Sázavy je 40 m). Zde je zjevné výrazné antropogenní přemodelování skalní stěny, hlavně pak v její spodní části nad vozovkou. Další výrazný svah s viditelnými stopami antropogenní činnosti se nachází nad železniční tratí severně od amfibolitového kámyku Skalka u Budy (rel. výška nad hladinou Sázavy je 25 m). Dále po proudu je zřetelný nárazový svah rulového hřbetu u Domahoře (rel. výška nad hladinou Sázavy je 30 m). Tento hřbet odděluje současné sázavské údolí od opuštěného pleistocenního údolí, kterým ho řeka obtékala z jižní strany. Ve Zruči nad Sázavou vytváří Sázava dva zákruty a třetí hned pod Zručí (resp. pod ústím Pardidubu). Na nárazových svazích těchto zákrutů, vysokých až 80 m, jsou také zjevné zásahy člověka (zejména při železniční trati). Velmi strmé svahy se sklony nad  $25^\circ$  a relativní výškou terénní hrany až 45 m nad hladinou Sázavy jsou dále v úseku Chabeřice – Čížov - Holšice, kde řeka protéká třemi zákruty a jedním meandrem. Další zákrut tvoří mezi Holšicemi a Posadovským Mlýnem. Prudké svahy nad pravým břehem Sázavy v úseku Chabeřice – Čížov - Holšice tvoří jižní okraj rulového hřbetu, který zřejmě ještě ve starém pleistocénu tvořil sázavsko-želivské rozvodí. Dnes je tento hřbet proříznut Čížovským potokem a sama Sázava jej obtéká z jihu.

**Obr. 10:** Opuštěné pleistocenní údolní úseky Sázavy mezi Horkou, Zručí nad Sázavou a Holšicemi (podle: Záruba, Rybář 1961)





Opuštěná pleistocenní údolí hrajou důležitou roli v údolním systému zájmového území. Tato údolí se nacházejí na třech lokalitách: Buda, Domahoř (levý svah Sázavy jižně od Zruče nad Sázavou) a v úseku Chabeřice – Čížov – Holšice (viz. obr. 10). Opuštěné údolí u Budy má směr přibližně V-Z. Tudy Sázava obtékala z jihu amfibolitový suk Skalka, který dnes lemuje ze severu. Pleistocenní materiál tohoto úseku byl již prakticky vytěžen a jako připomínka lidské činnosti je tu dnes zatopená pískovna. Svahy tohoto údolí mají sklon do 10°, v horní části svahu na jihu pískovny je sklon vyšší.

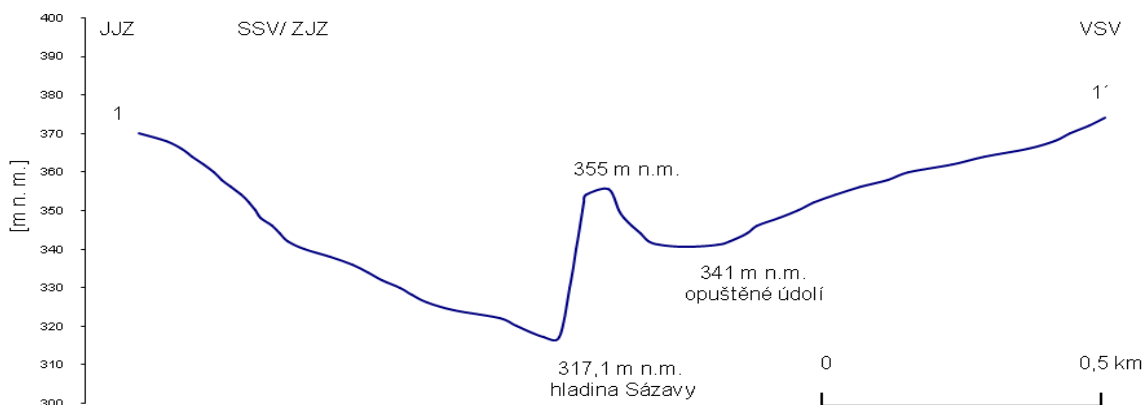
Domahořské údolí probíhá nejprve ve směru V-Z, po 200 m se pak stáčí k SZ až S. Také v této lokalitě byly štěrky a písky pleistocenní akumulace vytěženy. Dnes je tu zdánlivě přírodně vytvořené údolí bez zjevných známek antropogenního zásahu do reliéfu. Nárazové svahy jsou zalesněny, relativní výška terénní hrany je 50 m nad dnem opuštěného údolí. Na jeseptním svahu je nová výsadba mladých stromků. Asymetrie tohoto údolí odpovídá téměř ukázkově příčnému profilu říčního zákrutu – levý (nárazový) svah je příkrý se sklony až 20°, zatímco pravý (vnitřní) svah bývalého zákrutu je mírný se sklonem okolo 5°.

Opuštěné údolí mezi Chabeřicemi, Čížovem a Holšicemi sleduje směr JV-SZ. Jeho svahy jsou mírné bez vyvinuté terénní hrany, pouze výjimečně dosahují sklonu 10°. Dnes je tudy vedena železniční trať Světla nad Sázavou – Čerčany.

Na sledovaném úseku (říční km 114,5 - 92,5) má Sázava vyrovnaný sklon 0,84 ‰. Tok je po celé délce tohoto úseku klidný, bez peřejí a nacházejí se zde čtyři jezy (v Březině, Horce, Chabeřicích a u Posadovského Mlýna).

**Obr. 11:** Přehledné příčné profily 1-1', 2-2', 3-3', 4-4' údolím Sázavy – převýšeno 7x

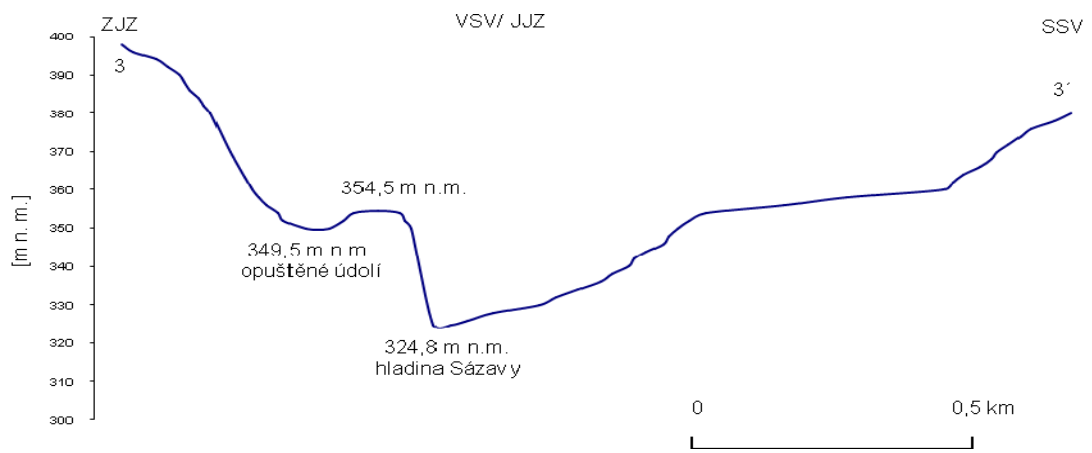
*Profil 1-1': Čížovský zákrut (říční km 96,8)*



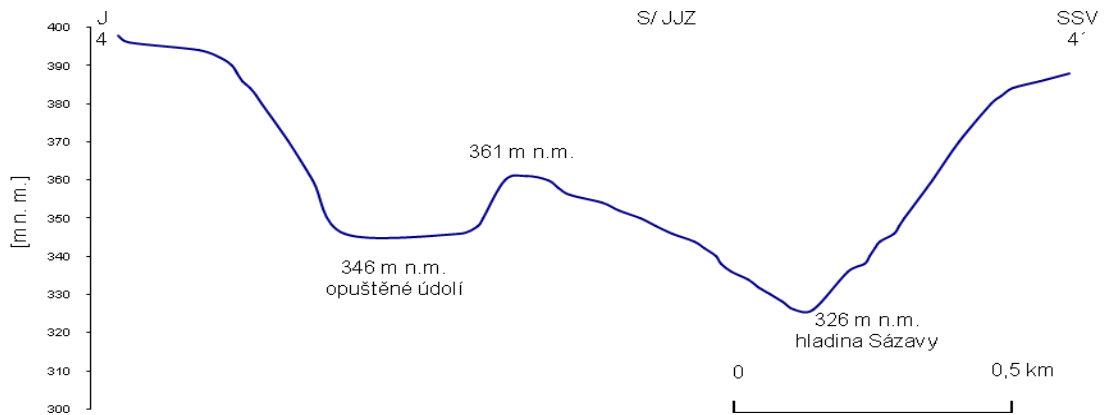
Profil 2-2': Okoli ústí Želivky (říční km 99,1)



Profil 3-3': Domahoř (říční km 106,1)



Profil 4-4': Buda (říční km 107,7)



Sázava má na tomto úseku několik významných přítoků. Největším pravostranným přítokem je Ostrovský potok, levostranným pak Želivka a Štěpánovský potok se svým přítokem Dálkovickým potokem. Ostatní větší přítoky tekoucí ze severu jsou (jmenováno podle pořadí v jakém ústí do Sázavy): Pertoltický potok, Měchonický potok, Pardidubský potok, Chabeřický potok, Čížovský potok a Holšický potok. Z jihu přitékají do Sázavy ještě potoky: Kounický a Milošovický. Kromě jmenovaných přítoků obohacuje vody Sázavy ještě několik malých potůčků a občasných toků, které nemají buď žádné jméno, nebo mají pouze místní název, proto jsou v atributové tabulce mapy označeny velkými písmeny „A“ až „P“. Některé z nich (považované za málo podstatné) jsou ponechány beze jména, pouze s uvedením jména toku, do něhož se vlévají. Tento výčet pravostranných a levostranných přítoků Sázavy v uvedeném úseku zdánlivě popírá asymetrický tvar sázavského povodí, tedy skutečnost, že jeho levá část je téměř třikrát větší než pravá. Zde je však nutné podotknout, že ačkoliv na zájmovém území ústí do Sázavy 10 přítoků zprava a „pouze“ 6 zleva (z toho navíc 2 bezjmené, tzn. velmi malé), plochou povodí a objemem vody, jež přivádějí, jsou levostranné přítoky mnohem významnější než početnější pravostranné (hlavně díky Želivce).

Výše uvedené přítoky jsou různého stáří. Koryta některých pravostranných přítoků jsou na dolních úsecích svého toku zaříznuta v terasových akumulacích Sázavy, a jsou tedy zčásti pleistocenního stáří. Levostranné přítoky jsou starší, založené v předkvartérním zarovnaném reliéfu. Nejmenší přítoky a občasně toky, které se nacházejí zpravidla v hlubokých erozních rýhách, jsou pravděpodobně holocenního stáří, tedy relativně mladé. Vývoj údolní sítě byl značně ovlivněn geologickými poměry území, zejména různou tvrdostí hornin. Přítomnost pruhů méně odolných a odolnějších hornin (úseky náhlého zvýšení sklonu v podélném profilu) v povodí Sázavy způsobila vznik nevyrovnaného sklonu údolního dna toků. Podélné profily vybraných přítoků Sázavy, jež budou dále blíže charakterizovány, jsou na obr. 13.

*Pertoltický potok* protéká zájmovým územím pouze ve své spodní části. Těchto posledních 700 m svého toku má téměř poledníkový průběh s nevýraznými ohyby a do Sázavy se vlévá na říčním km 112,7 ve výšce 331,9 m n. m. Údolí Pertoltického potoka je úzké a poměrně hluboce zaříznuté do okolního reliéfu. Relativní výšky údolních hran nad hladinou potoka dosahují až 70 m. Boční svahy o sklonu do 20° jsou rozřezány několika drobnými erozními rýhami, jež jsou stabilizovány vzrostlou vegetací (několikaleté jehličnany, hlavně smrky). Max. šířka koryta je 3 m, hloubka 1 m. Asi 150 m nad ústím do Sázavy se

údolí potoka výrazně zužuje a do řeky ústí z vnější strany vlastějovického meandru těsně poté, co prořezává jeho pararulový nárazový svah. Vývoj Pertoltického potoka byl zřejmě částečně podmíněn směrem puklin v této lokalitě (viz. předchozí kap.). Podélný profil Pertoltického potoka nezobrazuje tok v celé jeho délce, ale pouze od jeho 2,8 říčního km, na kterém vtéká na mapový list 13-34-18 Základní mapy ČR 1:10 000, po ústí do Sázavy. Průměrný sklon údolního dna potoka na zájmovém území (potoční km 0,7 – 0) je 32,8 ‰. Z podélného profilu je vidět, že zhruba 0,3 km nad ústím do Sázavy je v korytě toku asi 1 m vysoký stupeň, který je podmíněn zřejmě přítomností odolnější horniny (amfibolit či erlan). Další úseky zvýšeného sklonu údolního dna se vyskytují i v horní části údolí (mimo zájmové území).

*Měchonický potok* je druhým větším pravostranným přítokem Sázavy na sledovaném území. Pramení ve výšce 442 m n. m. ssv. od Měchonic a do Sázavy ústí na jejím 110,2 říčním km, ve výšce 329,5 m n. m. Zprava do něho ústí 400 m dlouhá, 3 m široká a 10 m hluboká rokle, která byla v době terénních prací protékána velmi malým potůčkem (v sušších obdobích vysychá). Dále po proudu pak přibírá Měchonický potok zleva vody potůčku pramenícího v Lazišti. Pod ústím tohoto potůčku vytváří Měchonický potok levotočivý zákrut, kterým obtéká zprava erlanový suk. V tomto místě, zhruba na potočním km 0,8, je v podélném profilu toku zjevné náhlé zvýšení sklonu údolního dna (na 200 ‰), způsobené asi 1 m vysokým stupněm v korytě, který je známkou zpomalení zpětné eroze vlivem pruhu odolnější horniny (erlanu), táhnoucí se přes údolí toku ve směru V-Z. Na horní polovině toku se nacházejí další, méně výrazné stupně v podélném profilu, jež mohou být rovněž známkou přítomnosti odolnější horniny (zvláště časté jsou vložky křemene). Průměrný sklon údolního dna Měchonického potoka od pramene k ústí (tzn. na vzdálenosti 2,5 km) je 44,8 ‰. Údolí toku má nevýrazné svahy s několika drobnými známkami staré eroze. Sklony se pohybují max. do 10°, výjimkou je pouze úsek, kde potok obtéká výše zmíněný suk. Tam dosahují svahy na levé straně až 20°. Relativní výška údolní hrany nad hladinou potoka je 30 m. Niva Měchonického potoka je značně vyvinuta, pod ústím „Lazišťského“ potoka má šířku až 50 m. Vyskytuje se v ní vzrostlá, několik desítek let stará vegetace (převažuje lípa). Nad ústím je pak vytvořen výrazný náplavový kužel (max. vyklenutí až 3 m), na kterém se nachází malý smrkový lesík. Šířka koryta toku nepřesahuje 2 m, hloubka 1 m. Po celé délce svého toku vytváří Měchonický potok několik zákrutů, převažující směr údolí je SSV-JJZ.

# Obr.12: Podélný profil Sázavy

(viz. soubor Přílohy 2.pdf)

Těsně pod Zručí nad Sázavou vtéká do Sázavy zprava potok *Pardidub*. Pardidubský potok pramení mimo zájmové území - vytéká z rybníka v Řendějově. Na zájmové území se dostává až na spodní polovině svého toku, ve výšce 361 m n. m. Odtud se po 1,2 km vlévá do Sázavy na jejím 102,5 říčním km, ve výšce 322,6 m n. m. V tomto úseku ústí do údolí Pardidubu dvě erozní rýhy - jedna zprava, druhá zleva. Obě jsou protékány občasným tokem a jejich hloubka se pohybuje okolo 5 m. Dále po toku pak zleva přitéká malý potůček, který nad svým ústím vytváří poměrně výrazný náplavový kužel s max. vyklenutím až 2 m. Na zájmovém území směřuje tok Pardidubu od SZ k JV, asi 400 m nad ústím se pak stáčí k JZ až Z. Podélný profil toku je na sledovaném úseku vyrovnaný, bez zjevných změn sklonu údolního dna. Průměrný sklon údolního dna v tomto úseku je 32 ‰ (potoční km 1,2 – 0). Svahy údolí jsou poměrně příkré, se sklony až 20° a jsou na nich značné známky eroze, které jsou často podmíněny antropogenní činností. Údolní hrana dosahuje relativní výšky max. 40 m nad hladinou potoka. Zásahy člověka jsou značné také přímo v nivě Pardidubu. Ta je široká asi 50 m, s velmi mladou, pouze několik let starou vegetací. Na posledních asi 500 m toku je přímo korytem potoka vedena cesta pro lesní stroje. Koryto tedy úplně ztratilo svůj původní tvar a voda teče hlubokými kolejiemi, jež tu zůstávají po těžké mechanice. Důsledky této devastace jsou zřetelné na snímku v příloze 8. Oblast kolem ústí do Sázavy je pak přemodelována výstavbou garáží pro obyvatele města.

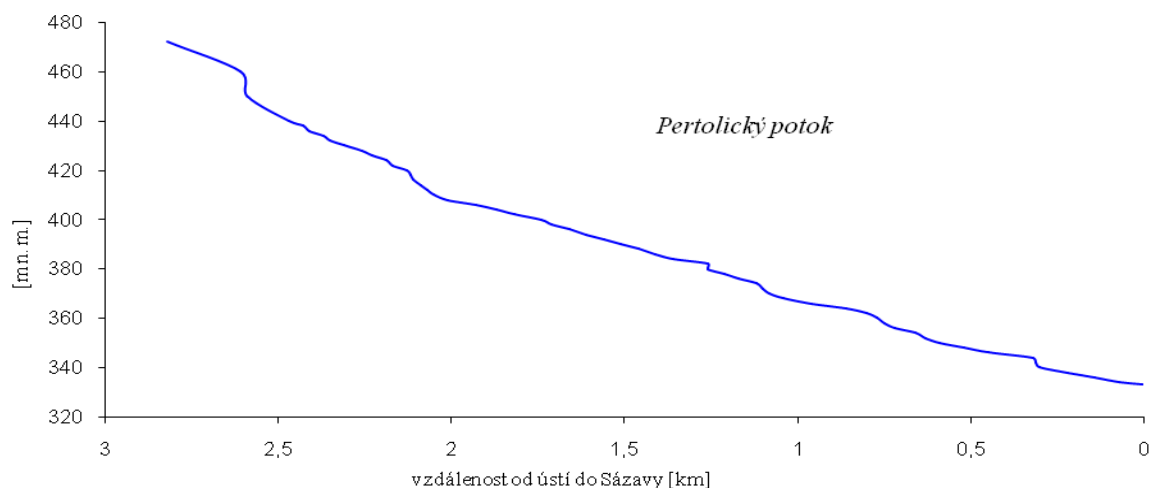
*Chabeřický potok* je pro vývoj zájmové oblasti a hlavně pro objasnění vývoje údolí Sázavy velmi zajímavý. Pramení mimo sledované území ve výšce 361 m n. m. sz. od pahorku Jordán (487 m n. m.). Asi po 600 m svého toku vtéká na zájmové území. Původní sj. směr se těsně nad Chabeřicemi stáčí k JZ a po dalších 800 m se mění na směr SZ-JV. Zde potok sleduje směr opuštěného pleistocenního údolí Sázavy (v opačném směru než původně tekla Sázava). Do Sázavy ústí Chabeřický potok na jejím 100,6 říčním km, ve výšce 320,5 m n. m. Zde je vyvinut rozsáhlý náplavový kužel, vyklenutý až 2 m nad úroveň okolní nivy. Pravoúhlý ohyb pod Chabeřicemi, kde potok náhle mění svůj směr, je zřejmě místem, na kterém se Chabeřický potok vléval do Sázavy před tím, než došlo k přemístění jejího toku více na jih. Tento „náčepný loket“ pak přivedl Chabeřický potok do Sázavy od SZ, jak je tomu dnes. Na sledovaném úseku nepřijímá Chabeřický potok žádné přítoky. Jeho údolí je poměrně málo zahluobené s nevýraznými svahy do 5°, na levé straně ojediněle do 10°. Údolní hrana není na zájmovém území vyvinuta a známky erozní činnosti na svazích údolí nebyly nalezeny. Níva Chabeřického potoka nad Chabeřicemi je asi 10 m široká, pod obcí se

rozšiřuje až na 20 m. Nad Chabeřicemi je niva toku oplocena z důvodu ochrany vodního zdroje pro obec. V obci pak potok protéká soukromými zahradami, takže přístup k němu je rovněž znemožněn. Průměrný sklon údolního dna na zájmovém území (potoční km 2,5 – 0) je 36 ‰. Podélný profil toku vykazuje pouze jediné zvýšení sklonu údolního dna, a to v úseku mezi potočním km 2,09 a 1,98, kde se sklon zvyšuje na 90,9 ‰. V podélném profilu je dále patrný výrazně nižší sklon údolního dna (21,6 ‰) na posledních 900 m toku. Toto snížení vysvětlují přítomností mohutných pleistocenních akumulací Sázavy, kterými potok protéká na svém nejspodnějším úseku. V období akumulace tohoto materiálu byla zvýšena místní erozní základna Chabeřického potoka, což zapříčinilo snížení jeho unášecí schopnosti a následné zmenšení sklonu koryta. Tok je na zájmové území přehrazen dvěma rybníky, prvním na návsi Chabeřic, druhým pak 300 m nad ústím.

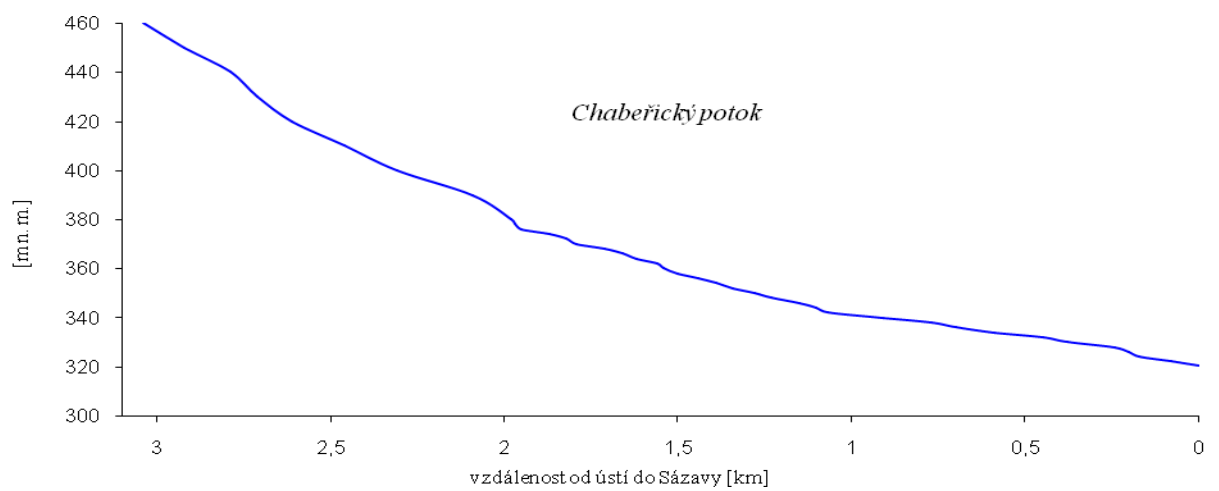
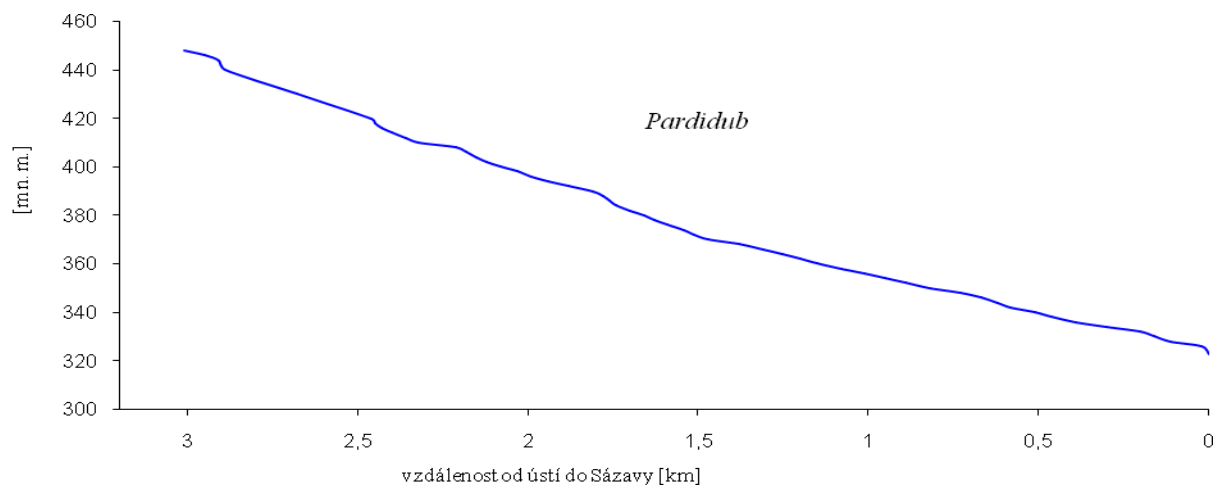
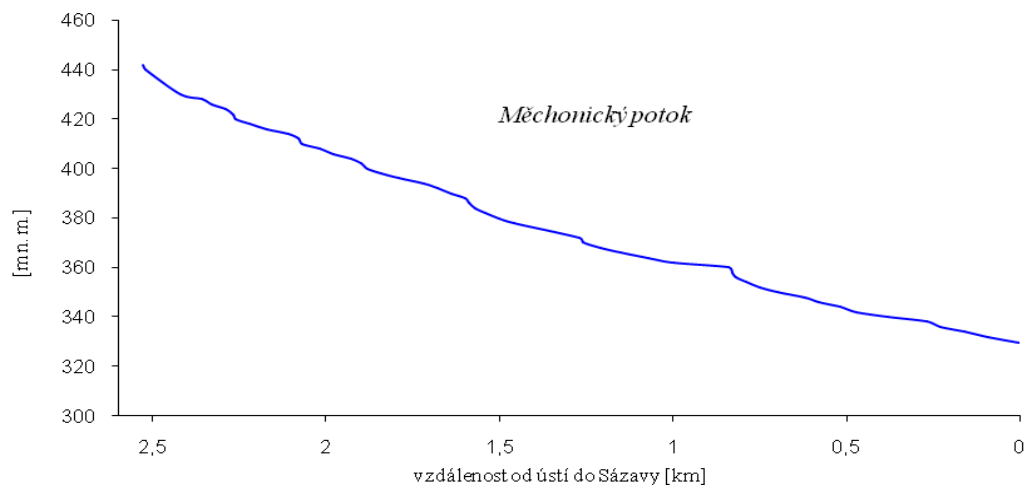
*Čížovský potok* je dalším tokem úzce souvisejícím s bývalým sázavským korytem probíhajícím od Chabeřic k Holšicím. Tento potok pramení asi 100 m severně od hranice zájmového území, ve výšce 420 m n. m. Jeho údolí je s výjimkou několika nevýrazných záhybů rovné, převažuje směr SV-JZ. Do Sázavy ústí na jejím 97,13 km, ve výšce 317,7 m n. m., kde je vytvořen mohutný náplavový kužel vyklenutý až 3 m nad okolní nivu. Čížovský potok má na sledovaném úseku jediný přítok. Tento potůček přitéká zleva a je pouze 150 m dlouhý. Na jejich soutoku je vytvořena rozsáhlá bažina s hustou vlhkomilnou vegetací. Údolí Čížovského potoka není příliš hluboké (rel. výška terénní hrany nad dnem údolí je max. 8 m), svahy jsou mírné, okolo 5°, jen v úseku u Čížova se jejich sklon zvyšuje až k 20°. V tomto úseku se tok (původně zřejmě Sázava) prořezal pararulovým hřbetem, jehož dokladem je chabeřicko-čížovský hřbet a hřbet na SZ od Čížova, který byl zřejmě jeho pokračováním. Po přeložení toku Sázavy do údolí jižně od chabeřicko-čížovského hřbetu pak staré údolí použil Čížovský potok. Údolní niva Čížovského potoka je vyvinuta pouze ve spodní třetině toku. Na horní části toku má potok erodované, 2 m hluboké a až 3 m široké koryto. V tomto úseku jsou na mnoha místech strženy břehy. Uvedené charakteristice koryta toku nasvědčují také sklon údolního dna (viz. obr. 13), který je v horní polovině viditelně větší než v dolní. Asi 100 m nad ústím do Sázavy jsou navíc na Čížovském potoce dva rybníky, které sklon spodního úseku ještě snižují (podmiňují akumulaci v korytě). Průměrný sklon údolního dna od pramene k ústí (tzn. na vzdálenosti 2,6 km) je 39,2 ‰. Výrazné zvýšení sklonu na hodnotu 63,2 ‰, způsobené zřejmě polohami odolnější ortoruly v údolí potoka, je patrné mezi potočním km 1,51 a 1,32.

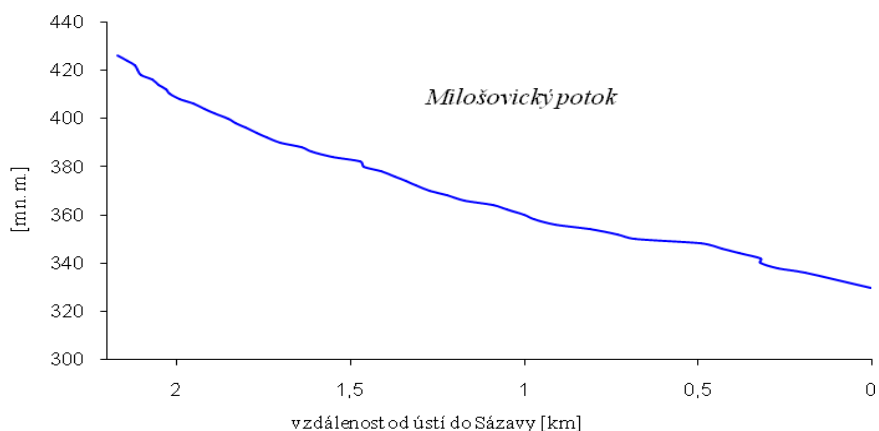
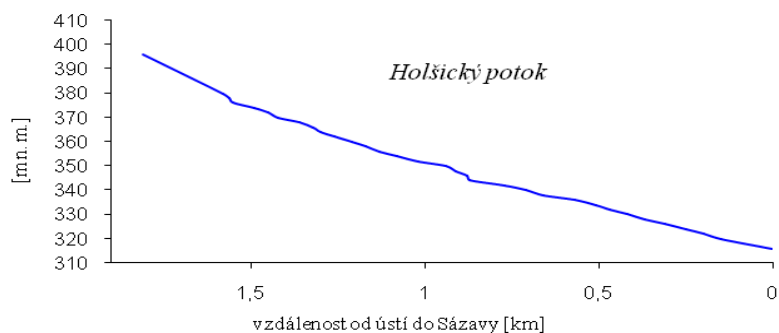
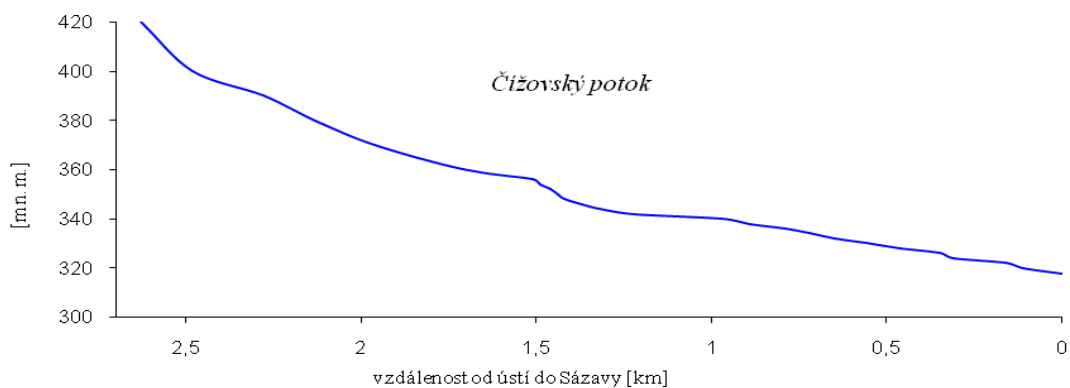
*Holšický potok* je třetím a zároveň posledním tokem jmenovaným v souvislosti s opuštěným údolím Sázavy v úseku Chabeřice – Čížov – Holšice. Je nejkratší ze všech zde charakterizovaných toků. Začíná na hranici zájmového území ve výšce 396 m n. m. a po necelých 2 km se vlévá do Sázavy na jejím říčním km 94,12, ve výšce 315,7 m n. m. Na své horní polovině teče od SV k JZ. Spodní část, kde teče Holšický potok nejzápadnějším úsekem bývalého sázavského údolí, má téměř rovnoběžkový průběh od V k Z. Jeho jediným přítokem je pravostranný přítok, který do něho ústí v Holšicích. Svahy údolí jsou nevýrazné, bez známek eroze a bez zřetelné terénní hrany, jen ojediněle přesahují sklon 10° (nad pravým břehem toku nad Holšicemi ve svahu skarnového suku). Údolní niva je vyvinuta až v úseku pod Holšicemi. Nad ústím je pak vytvořen náplavový kužel, vyklenutý až 2 m nad úroveň okolního reliéfu. Průměrný sklon dna údolí Holšického potoka od pramene k ústí do Sázavy (tzn. na vzdálenosti 1,8 km) je 43,6 ‰. Několik mírných zvýšení sklonu údolního dna, patrných z podélného profilu, je důsledkem výskytu pruhů odolnějších hornin (skarnů) severně od Holšic. Jedná se zejména o úsek mezi potočným km 1,58 a 1,56, kde je sklon dna zvýšen na hodnotu 100 ‰. Další stupeň patrný v podélném profilu zhruba na 0,85 km odpovídá hrázi rybníka pod Holšicemi.

**Obr. 13:** Podélné profily vybraných přítoků Sázavy na zájmovém území –  
převýšeno 7x





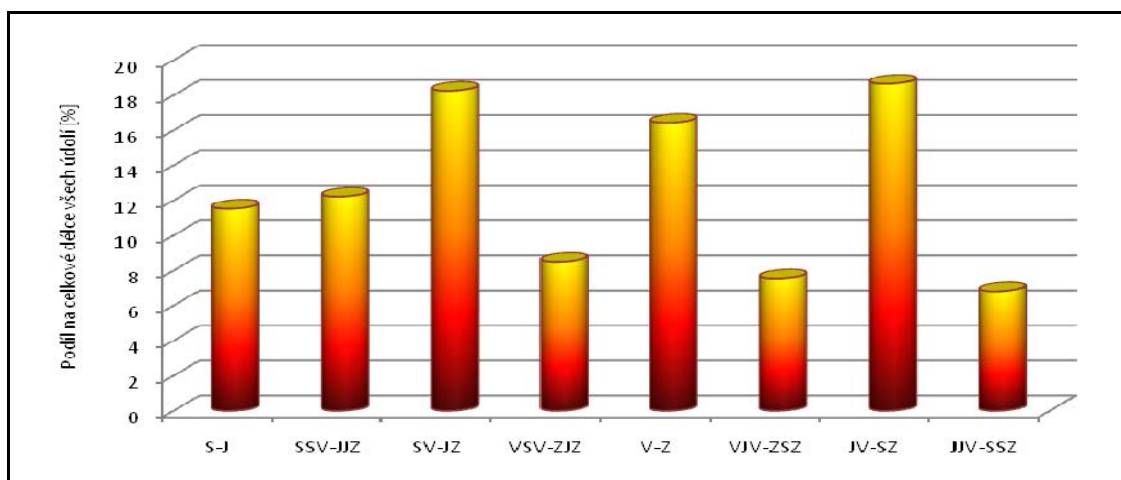




*Milošovický potok* je jediným levostranným přítokem Sázavy, o němž je v této práci blíže pojednáno. Pramení v obci Milošovice na jv. okraji zájmového území v nadm. výšce 426 m. Převažující směr průběhu jeho údolí je JV-SZ a do Sázavy se vlévá na jejím 111 km, ve výšce 329,5 m n. m. Milošovický potok má tři přítoky, všechny jsou levostranné. Rozvodí mezi nimi tvoří úzké ukloněné hřbety se strmými svahy (okolo 20°). Kromě těchto přítoků jsou svahy hluboce zaříznutého údolí Milošovického potoka rozřezány také četnými erozními rýhami, z nichž některé jsou (dle vegetace) poměrně mladé. Relativní výška údolní hrany nad

hladinou potoka dosahuje místy až 50 m. Údolní niva není vyvinuta, koryto je max. 2 m široké a 1 m hluboké. Průměrný sklon údolního dna od pramene k ústí (tzn. na vzdálenosti 2,17 km) je 43,6 ‰. Podle podélného profilu se v korytě potoka vyskytují dva asi 1,5 m vysoké stupně (přibližně na km 1,5 a 0,3 od ústí do Sázavy), které jsou způsobeny přítomností amfibolitu v geologickém podloží toku.

Obr. 14: Podíl jednotlivých směrů údolí na celkové délce všech údolí na zájmovém území



Podle analýzy údolních směrů převažují na zájmovém území dva navzájem kolmé směry JV-SZ (18,7 %) a SV-JZ (18,3 %). Prvnímu z uvedených směrů odpovídá přímočarý úsek Sázavy mezi Březinou a Horkou (říční km 111,5 - 108,6), dále pak opuštěné pleistocenní údolí Sázavy v úseku Chabeřice – Čížov – Holšice (včetně úseku Chabeřického potoka pod jeho „náčepným loktem“) a také řada levostranných přítoků (Kounický a Milošovický potok, a další). Tento směr odpovídá podle strukturní skicy Holubce (1975 in Mísař 1983, s. 69) směru tzv. vrás první generace na zájmovém území. Druhý směr (SV-JZ) je shodný s mladším systémem vrás českého moldanubika (tzv. vrásy druhé generace) a sleduje ho řada přítoků, především pravostranných (Čížovský potok v celé délce svého toku, Holšický potok nad Holšicemi, Chabeřický potok v úseku mezi Chabeřicemi a železniční tratí, a další). Stejný směr má však také řada krátkých úseků Sázavy (ve Zruči nad Sázavou – říční km 104,7 až 103,7 a 103 až 102,5, nad chabeřickým jezem – říční km 102,1 až 101,3, a další). Převažující směr dvou navzájem kolmých údolních směrů vysvětlují četným výskytem meandrů a

zákrutů, v nichž toky mění svůj směr a obrací se (v případě meandrů) až do protisměru. Oba dominující směry jsou také v souladu s teorií Moschelesové (1930) o tvaru reliéfu povodí Vltavy. Podle jejího názoru je povodí Vltavy od Vyššího Brodu k Praze rozčleněno „vlnitými prohyby o velké amplitudě“, probíhajícími v těchto dvou směrech. Hlavní osu povodí pak tvoří údolí Vltavy směřující k severu. Údolí vltavských přítoků probíhají ve směru SV-JZ (levostranné přítoky) a SZ-JV (pravostranné přítoky). Značné zastoupení má na zájmovém území také údolní směr V-Z (16,4 %), nejmenší pak JJV-SSZ (6,8 %).

### **3.2.3. Sázavské meandry a zákruty**

Velice nápadným tvarem reliéfu na území sledovaném v této práci jsou zaklesnuté meandry a zákruty (dále jen meandry a zákruty) nejen sázavské, ale i jejich přítoků. Tyto tvary údolního dna vznikají působením boční eroze (vymíláním břehů na jedné straně a usazováním na straně druhé). Rozdíl mezi údolním zákrutem a meandrem je obvykle stanoven hodnotou jejich středových úhlů, která je u zákrutů menší než  $180^\circ$  a u meandrů větší než  $180^\circ$  (Demek 1987). Rozlišují se dva typy meandrů: meandry volné, které se vytvářejí v náplavových rovinách středních a dolních toků řek tam, kde se zpomaluje rychlost vodního toku a dochází k usazování unášeného materiálu a meandry zaklesnuté, jež vznikají v místech, kde řeka vytváří hluboké údolí v tvrdých horninách. Na zájmovém území se vyskytují meandry druhého typu. Voda v zákrutu naráží na nárazový břeh a podemíla jej. Za vrcholem jednoho zákrutu voda proudí napříč korytem a opětovně naráží na protilehlý břeh. Střídavým narážením do protilehlých břehů se nárazové svahy posunují vně původního řečiště a nánosové dovnitř. Takto se zákruty zvětšují, až se z nich mohou vyvinout meandry, jejichž protilehlá ramena se k sobě boční erozí přibližují, přičemž může dojít až k protržení meandrové šíje.

Nejvýraznějším meandrem je vlastějovický meandr, nacházející se na východě území. Uvnitř něho se dochovaly zbytky pleistocenních teras. Dále po směru toku Sázavy je nápadný zákrut u Budy, zručské zákruty, chabeřický a čížovský zákrut, holšický zákrut a na závěr zákrut u Posadovského Mlýna. Problematikou meandrů a zákrutů na středním toku Sázavy se zabýval již Novák (1932). V pozdějších letech na Novákovu práci navázali Záruba a Rybář (1961). Vývoj meandrů a zákrutů této oblasti je také stručně shrnut v bakalářské práci Kwasnické (1995).

Meandrování řeky je úzce spojeno se vznikem terasových akumulací. Meandrující řeka mění boční erozi směr svého toku, ale současně se také zahlubuje hloubkovou erozí. V dnešním klimatu řeky současně u nárazových svahů erodují a v jeseptních úsecích akumulují (Žebera 1953).

Údolí Sázavy se na středním toku vyznačuje výraznými zákruty a meandry, jež se začínají objevovat nad Ledčí nad Sázavou pod úsekem zvýšeného sklonu údolního dna smrčenského neboli melechovského průlomu (Stvořidla), odkud následují jeden za druhým až k ústí potoka Propast u Stříbrné Skalice. V tomto úseku řeka vytvořila zhruba 25 zákrutů a meandrů. Údolní meandry vznikají často nad překážkou způsobující zdržení hloubkové eroze a vzdouvání, např. nad zúženým profilem tvořeným odolnějšími horninami, při příčném směru vrstev nebo v důsledku tektonických pohybů (Záruba 1943b in Pilecká 1999). Zákruty a meandry střední Sázavy vznikly zřejmě v důsledku přítomnosti odolnějších hornin pod tímto úsekem. Střední tok Sázavy se nachází nad úsekem zvýšeného sklonu údolního dna (úsek Týnec nad Sázavou – Pikovice v říčním km 18 – 5 s průměrným sklonem 3,9 ‰), který zde vznikl díky přítomnosti tvrdých hornin jílovského pásma a amfibolického granodioritu, tzv. požárské žuly (Záruba, Rybář 1961). Energie zpětné eroze, jež postupovala z vltavského údolí do údolí sázavského, nebyla dost veliká na to, aby prohloubila koryto napříč těmito horninami. Tvrdý práh tedy vytvořil místní erozní bázi pro střední tok Sázavy až k Ledčí nad Sázavou, proto má Sázava v tomto úseku vyrovnaný sklon hladiny (viz. podélný profil Sázavy na obr. 12) s příznivými podmínkami pro vývoj meandrů.

Četné zákruty a meandry s mohutnými pleistocenními akumulacemi se vyskytují především mezi Ledčí nad Sázavou a Kácovem, kde se nachází právě území zkoumané v této práci. Údolní meandry se zvětšují, když řeka prohlubuje svoje údolí, přičemž největší rychlost proudění je v jejich konkávních částech, kde voda naráží na břeh a podemílá ho (Novák 1932). Stejná síla působí také po obou stranách šíje meandru, čímž může dojít až k jejímu proražení a odškrcení jádra meandru. Údolní zákruty a meandry zájmové oblasti byly zřejmě založeny jako „volné zákruty na dně pliocenního úvalovitého údolí s malým sklonem koryta“ (Balatka, Štěpančíková 2006). Dnešní podobu získaly během etapovitého zahlubování údolí v kvartérním období. Nárazové svahy zákrutů a meandrů jsou zpravidla strmé, často tvořené skalními stěnami. Jeseptní svahy bývají naopak mírné, s ojedinělými relikty terasových stupňů.

Prvním sázavským meandrem na sledovaném území je levotočivý meandr vlastějovický, vyklenutý k severu. Jeho nárazový svah je tvořen vysokou skalní stěnou tvořenou pararulami s vložkami amfibolitů, arlanů a aplitů, která je ze severu prořezána Pertoltickým potokem. V jádru meandru se nacházejí dvě urovně zbytků pleistocenních teras a jeho šíje je 300 m široká. Vlastějovický meandr přechází dále po proudu přímo do otevřeného pravotočivého zákrutu, na jehož pravém břehu leží obec Březina.

Další výrazný zákrut se nachází u Budy, kde Sázava obtéká se severu amfibolitový kámyk Skalka (363 m n. m.). Ten dnes tvoří rozvodí mezi bývalým (jižním) a současným (severním) sázavským údolím. Nárazový svah zákrutu je tvořen strmým pararulovým svahem, místy zpevněným amfibolitem. Jesep je mírný, směrem od toku se pozvolna zvedá k amfibolitovému suku. Podle Nováka (1932) tvořila Sázava u Budy původně meandr, jehož jádro tvořil tento amfibolitový suk. Později došlo na severu k prolomení šíje meandru a řeka zaujala svůj dnešní směr. Bývalé údolní dno bylo zaneseno pleistocenními štěrky a písky, které byly v druhé polovině 20. století z velké části vytěženy.

Dále po toku následuje k jihu vyklenutý zákrut u Domahoře a za ním tři na sebe navazující zákruty ve Zručí nad Sázavou. I nárazové svahy těchto zákrutů jsou strmé, skalní podloží vystupuje na mnoha místech k povrchu. Nárazový svah domahořského zákrutu je tvořen severní stranou pararulového hřbetu, který odděluje současné údolí Sázavy od bývalého, které probíhalo jižněji. Tento údolní úsek byl v období maximální akumulace Sázavy vyplněn fluviálním materiálem, který byly v druhé polovině 20. let vytěženy, podobně jako budský. Vnitřní svahy domahořského zákrutu jsou tvořeny zbytky terasových sedimentů.

Dalším výrazným meandrem je meandr pod Zručí nad Sázavou, ve kterém ústí do Sázavy zprava Pardidubský potok. Jesepní svah je mírný, pokrytý lesním porostem. Pod nárazovým svahem je vedena železniční trať, nad kterou se týčí asi 40 m vysoká skalní stěna.

Jižně od Chabeřic tvořilo staré údolí Sázavy ostrý meandr, ve kterém se z jižního směru prudce stáčelo k S a následně pak k SZ směrem k Holšicím. Sázava byla v tomto místě zřejmě načepována erozní brázdou některého z pravostranných přítoků Želivky a následně pak využila želivského údolí, do kterého přemístila svůj tok. Staré údolí zůstalo vyplněno pleistocenními písky a štěrky a dochovalo se dodnes. Z bývalého chabeřického meandru se zachovala pouze skalní ostruha mezi dnešním údolím Sázavy a začátkem přehloubeného údolí

(Záruba, Rybář, 1961). Dnes je východní část bývalého chabeřického meandru protékána Sázavou a západní část nejspodnějším úsekem Chabeřického potoka.

Dnešní údolí Sázavy v úseku Chabeřice – Čížov – Holšice tvoří několik zákrutů, z nichž nejvýraznější je chabeřický (pod ústím Chabeřického potoka) a dále dva zákruty u Čížova. Následují poslední dva sázavské meandry na zájmovém území - jeden jihozápadně od Holšic a druhý západně od tohoto sídla.

Mnohé zákruty a meandry jsou vytvořeny také v údolí sázavských přítoků. Nejlépe jsou vyvinuty v údolí Ostrovského a Štěpánovského potoka.

### **3.3. *Analýza vybraných povrchových tvarů reliéfu***

Následující kapitola obsahuje charakteristiky geomorfologických tvarů, které jsou vyznačeny v podrobné geomorfologické mapě (viz. volná příloha). K některým z těchto tvarů byla pořízena také fotografická dokumentace.

Na celém zkoumaném území se nevyskytují tvary endogenního původu ani tvary, u nichž by bylo možno podmíněnost endogenními procesy alespoň předpokládat. Všechny tvary jsou tedy exogenního původu a lze je rozdělit do následujících genetických skupin:

- *Denudační tvary*
- *Fluviální tvary*
- *Polygenetické tvary*
- *Nivační a kryogenní tvary*
- *Eolické tvary*
- *Antropogenní tvary*

Jednotlivé skupiny jsou dále děleny na erozní a akumulární tvary nebo destrukční, akumulární a smíšené destrukčně-akumulární, apod. Následující stránky jsou věnovány bližší charakteristice jednotlivých tvarů reliéfu.

#### **3.3.1. *Denudační tvary***

Zbytky destrukčních zarovnaných povrchů byly identifikovány na nejvýše položených lokalitách při okrajích zájmového území. Jsou to horizontální plochy, které jsou při okrajích nepatrně ukloněné (sklon do 2°). Představují patrně relikty denudační snížené úrovně paleogenního zarovnaného povrchu typu etchplénu, vyvinutého na moldanubických

pararulách s vložkami odolnějších hornin (amfibolitů, erlanu, skarnu a křemene). Nadmořská výška těchto povrchů se pohybuje v rozmezí 370 – 430 m n. m. Nejrozsáhlejší zbytky zarovnaných povrchů se nacházejí na jižní a severní hranici zkoumaného území v relativní výšce 70 – 80 m nad hladinou Sázavy. Na jihu jsou to plošiny sázavsko-želivského rozvodí (např. lokalita U osíku, Maloniny, atd.), na severu tvoří tyto povrchy většinou rozvodí mezi sázavskými přítoky (např. plošina na S od Zruče nad Sázavou, na S od Dolní Pohledi, atd.).

*Široké a zaoblené strukturně denudační hřbety* vznikají většinou přiblížením sousedních údolních svahů. Vybíhají od různě rozsáhlých elevací a vrcholových plošin do okolních nižších svahů. Mezi nejvýraznější hřbety zkoumaného území patří chabeřicko-čížovský hřbet tvořený pararulou s vložkami křemene. Tento hřbet tvoří rozvodí mezi starým a současným sázavským údolím. Skalní podloží vystupuje na mnoha místech k povrchu a v jeho východní části (naproti soutoku Sázavy s Želivkou) je nad jižním svahem hřbetu vytvořen stupňovitý mrazový srub. Chabeřicko-čížovský hřbet měl v minulosti pravděpodobně své pokračování na SZ směrem k Čížovu a dále až k Holšicím, kde jsou dnes výrazné elevace protáhlé v tomto směru. Později byl pravděpodobně prořezán během přemístování sázavského toku, takže vznikly tři oddělené úseky. První elevací zjevně navazující na zmíněný hřbet je pararulový suk jihovýchodně od Čížova (373 m n. m.), oddělený od chabeřicko-čížovského hřbetu širokým plochým sedlem, druhou je čížovský hřbet v nárazovém svahu čížovského zákrutu. O vzájemné souvislosti těchto tří tvarů svědčí do jisté míry i hodnoty jejich absolutních a relativních výšek – absolutní 360 – 375 m n. m., relativní 45 – 50 m nad hladinou Sázavy.

Dalším denudačním tvarem na zájmovém území jsou *suky*. Jejich vznik byl podmíněn vložkami odolnějších hornin, na zájmovém území zejména amfibolitů a erlanů, popř. křemenných vložek. V širším okolí středního toku Sázavy, jež bylo předmětem zkoumání této práce, byly zjištěny pouze čtyři výraznější suky, z nichž nejnápadnější je jednoznačně amfibolitový suk Skalka u Budy. Jak už bylo několikrát zmíněno, tento suk odděluje bývalé sázavské údolí od současného, tekoucího severněji. Jeho nadmořská výška je 363 m n. m., převýšení nad dnem bývalého údolí 20 m a nad současnou hladinou Sázavy téměř 40 m.

*Sedla* jsou tvary, které vznikají snížením určitého úseku rozvodí, ležícího mezi dvěma sousedními elevacemi. Vznik je nejčastěji podmíněn zpětnou erozí dvou protilehlých údolních nebo svahových úpadů (Balatka, Příbyl 1996). Tak je tomu i v případě vzniku sedel



na zájmovém území. Tato sedla jsou plochá, vůči sousedním elevacím snižena max. o 20 m. Nejvýše položené je sedlo jihozápadně od Domahoře ve výšce 397 m n. m. Další sedlo se nachází u jižní hranice území jihozápadně od Zruče nad Sázavou, v nadmořské výšce 379 m a poslední jihovýchodně od Čížova ve výšce 367 m n. m.

### 3.3.2. *Fluviální tvary*

#### *EROZNÍ TVARY*

*Výrazné terénní hrany* se vyskytují zpravidla nad strmými skalními stěnami. V jiných případech jsou těmito hranami ukončeny strmé erozní svahy, které jsou tak odděleny od výše položeného, méně ukloněného reliéfu polygenetického původu. Výrazné terénní hrany se vyskytují zejména nad nárazovými svahy zákrutů a meandrů (např. vlastějovický meandr, zákrut u Budy, zručské zákruty, čížovský zákrut, zákruty Ostrovského potoka, atd.). Objevují se ale také po stranách některých stukturně-denudačních hřbetů (např. chabeřicko-čížovský hřbet) nebo nad bočními svahy erozních údolí některých sázavských přítoků.

*Erozní svahy* se na zájmovém území vyskytují převážně v nárazových svazích zákrutů a meandrů. V mapě nejsou erozní svahy vyznačeny vlastní značkou, protože by byla zcela překryta značkami výrazných terénních hran a skalních stěn. Vzhledem k velkému sklonu (přes 20°) těchto svahů není možné zakreslit ani erozní rýhy, které se na nich vyskytují (značky by byly příliš krátké).

*Erozní rýhy* jsou velmi častým tvarem vyskytujícím se na zájmovém území. Údolí většiny sázavských přítoků mají erozní charakter s četnými projevy eroze nejen na údolním dně, ale i na bočních svazích. Erozní rýhy dosahují různých hloubek, nejčastěji 2 - 4 m, max. 10 m (např. hluboká erozní rýha v levém svahu údolí Kounického potoka či v levém svahu údolí Ostrovského potoka těsně po jeho vstupu na zájmové území). Vzrostlá vegetace těchto zářezů svědčí o tom, že jsou to tvary sice mladé, ale většinou již stabilizované. Hloubková i boční eroze se projevuje zpravidla jen během intenzivních dešťů.

Dalším erozním tvarem fluviálního původu jsou *strže*. Strže vznikají intenzivní lineární půdní erozí ve zvětralinách a deluviálních sedimentech (Balatka, Příbyl 1996). V mapě jsou zachyceny pouze dvě strže. Výraznější z nich se nachází ve strmém nárazovém svahu vlastějovického meandru, je 5 m široká a 3 m hluboká. Tato strž je zjevně dosti mladá a značně nestabilní. Silně zvětralé pararulové podloží vystupuje na povrch a při jakémkoliv

větším srážkovém úhrnu jsou úlomky pararuly transportovány do nižších poloh svahu. Méně výrazná strž s šířkou 3 m a hloubkou 2 m je ve svahu nad pravým břehem Sázavy, několik metrů nad ústím Holšického potoka.

### AKUMULAČNÍ TVARY

Nejmladším akumulacním tvarem fluviálního původu jsou *holocenní údolní nivy*. Údolní niva je chápána jako fluviální akumulacní rovina přilehlá k vodnímu toku, která je při vyšších průtocích periodicky zaplavována. V příčném profilu se niva velmi mírně sklání směrem ke korytu toku. Šířka údolní nivy na zájmovém území je značně proměnlivá. Nejširší je samozřejmě niva Sázavy, která dosahuje místy až 150 m (např. v rovném úseku mezi Březinou a Horkou). Podle dokumentace z vrtného průzkumu středního toku Sázavy (u Budy, u Domahoře, ve Zručí nad Sázavou a v úseku Chabeřice – Čížov – Holšice) dosahuje mocnost holocenních materiálů Sázavy ve sledovaném úseku 0,8 – 2 m (výjimečně až 2,5 m). Údolní niva sázavských přítoků je většinou velice úzká nebo není vyvinuta. Výjimkou jsou větší přítoky, jako Ostrovský a Štěpánovský potok. Niva Ostrovského potoka nad Zručí nad Sázavou dosahuje místy šířky až 130 m. Dostí široká je také údolní niva spodního úseku Měchonického potoka (až 50 m).

*Náplavové kužely* mají zpravidla vějířovitý půdorys a tvoří se v důsledku snížení sklonu údolního dna nad jeho ústím do hlavního údolí, tedy vlivem snížením unášecí schopnosti toku. Nacházejí se v místech vyústění bočních údolí menších vodních toků do údolí hlavního. Jejich povrch bývá vyklenut a na okrajích přechází plynule do povrchu údolní nivy. Jsou tvořeny jílovitopísčitohlinitými sedimenty s různým podílem klastického materiálu (Balatka, Příbyl 1996). Největší náplavový kužel s max. vyklenutím až 3 m vytvořil před svým ústím do Sázavy Měchonický potok. Délka základny jeho trojúhelníkového půdorysu je téměř 300 m.

Mezi fluviální akumulacní tvary jsem zařadila také *povrchy na neogenních sedimentech*, které jsou zčásti polygenetického původu. Neogenní fluviální sedimenty tzv. onšovecké úrovně (Novák 1932) se nacházejí na jižní hranici zájmového území na sázavsko-želivském rozvodí. Jedná se o fluviální až fluviálně-limnické uloženiny (Balatka, Štěpančíková 2006), vyskytující se v nadmořské výšce 430 – 440 m, tedy přibližně 100 – 110 m nad úrovní dnešní hladiny Sázavy. Směrem k údolí Sázavy přecházejí plošiny s neogenními sedimenty plynule do reliktních zarovnaných povrchů. O fluviálním

původu těchto sedimentů svědčí přítomnost valounů o průměru do 15 cm, výjimečně až 20 cm, částečně přemodelovaných eolickou činností. Podle červenohnědých úlomků ruly, které se dostávají na povrch, lze předpokládat, že se skalní podloží těchto plošin nachází blízko povrchu. Zvětraliny skalního podloží se dostávají na povrch nejen vytěšňováním v důsledku promrzávání půdy, ale také např. snižováním povrchu denudací. Lokality výskytu neogenních sedimentů se vyskytují také poblíž Ledče nad Sázavou (např. u Kožlí, u Hněvkovic).

*Rozptýlené říční šterky (valouny)* se vyskytují na povrchu akumulčních výplní opuštěných údolí Sázavy a jako řekou přemístěný materiál. Většina lokalit výskytu valounů, pocházejících z terasových akumulací, je popsána spolu s ostatními výskyty valounů u jednotlivých terasových stupňů zájmového území. Na tomto místě se zmíním o poněkud zvláštní lokalitě, na které jsem našla rozptýlené říční šterky, které svědčí o možné přítomnosti řeky v této úrovni. Jedná se o sníženinu mezi chabeřicko-čížovským hřbetem a sukem východně od Čížova. Toto sedlo se nachází ve výšce 367 m n. m., tedy více než 20 m nad úrovní dna bývalého chabeřicko-holšického údolí. Místní říční šterky jsou tedy nesporně starší než materiál opuštěného údolí.

Velký podíl na utváření charakteru reliéfu zájmového území mají *říční terasy*. Balatka, Štěpančíková (2006) dělí terasový systém Sázavy do 7 hlavních úrovní terasových akumulací, odpovídajících podobným terasovým úrovním Vltavy (viz. tab. 7). Toto dělení jsem použila při zpracování terasových akumulací zájmového území. Vznik, vývoj a stavbu sázavských teras a sázavského údolí značně ovlivnily dva výrazné sklonové stupně v podélném profilu řeky - prvním je práh melechovského masivu (říční km 139,5 – 135,5), druhým je úsek zvýšeného sklonu mezi Týncem nad Sázavou a Pikovicemi (říční km 18 – 5). Na zájmovém území, ležícím mezi těmito dvěma stupni, vznikla mohutná akumulace sedimentů III. terasy, která vyrovnávala stupeň melechovského masivu. Tato terasová skupina je svým geomorfologickým projevem, výskytem i mocností hlavním fluviálním tvarem terasového systému Sázavy. Erozní fáze před počátkem této akumulace dosáhla téměř úrovně dnešní údolní nivy (Balatka, Štěpančíková 2006). Terasové akumulace se na zájmovém území většinou výrazně geomorfologicky neprojevují. V úseku mezi Vlastějovicemi a Posadovským Mlýnem se terasové uloženiny dochovaly zejména v jesebních částech zákrutů a meandrů. Fluviální akumulace III. terasové skupiny se vykytují v největších mocnostech na dnech opuštěných údolních úseků Sázavy, kde však nemají charakter teras

v geomorfologickém slova smyslu (jedná se o plochá údolní dna). Tyto úseky hrajou dnes velmi podstatnou roli při objasňování vývoje sázavského údolí a terasových stupňů. V mapě jsou vyznačeny značkou příslušné terasy, ke které náleží. Podélný profil s terasami Sázavy je znázorněn v příloze 1.

**Tab. 7:** Terasový systém Sázavy v porovnání s vltavským a labským terasovým systémem (podle: Balatka, Štěpančíková 2006)

| <b>Sázava</b><br>(Balatka, Štěpančíková 2006) | <b>Vltava</b><br>(Záruba et. al. 1977<br>in Balatka,<br>Štěpančíková 2006) | <b>Vltava - Labe</b><br>(soutok) (Balatka,<br>Sládek 1962) | <b>stáří</b><br>(Záruba et. al. 1977,<br>Tyráček et al. 2004<br>in Balatka,<br>Štěpančíková 2006) |
|---|--|--|---|
| úroveň A – bojišťská                          | klínecké stádium   |  | miocén  |
| úroveň B – radvanická                         | zdibské stádium  | rovenská terasa  | (pliocén)<br>eburon, waal, dorst  |
| střečovská terasa – Ia                        | lysolajská terasa –<br>IA  | krabčická terasa - I                                       | cromer A (brüggen)  |
| hvězdonická terasa – Ib                       | suchdolská terasa –<br>IB  |  | cromer B (eburon)   |
| českošternberská terasa – II                  | pankrácká terasa - II  | ledčická terasa - II                                       | cromer C (menap)  |
| chabeřická terasa – IIIa                      | kralupská terasa –<br>IIIA   | straškovská terasa -<br>IIIa                               | cromer C (helme)  |
| budská terasa – IIIb                          | vinohradská terasa –<br>IIIB   | IIIb   | elster  |
| týnecká terasa - IV                           | letenská terasa - IV   | terasa Hněvického<br>vrchu - IV                            | fuhne   |
| městečská terasa – V                          | dejvická terasa - V  | cítovská terasa -<br>Va, Vb                                | drenthe (saale)   |
| poříčská terasa – VI                          | veltruská terasa - VI  | mlčechvostská<br>terasa - VIa, b, c                        | warthe  |
| pikovická terasa – VII                        | maninská terasa –<br>VII   | hostínská terasa -<br>VIIa, b, c, d                        | weichsel  |

Vyšší terasové stupně mají v nadloží svahové a písčité hlíny a silně hlinité písky. V místech, kde nejsou terasové sedimenty vyvinuty, je těmito nejmladšími materiály kryto přímo navětralé skalní podloží pararul. Mladopleistocenní terasové písky a šterkopísky jsou v údolní nivě kryty holocenními jemnými hlinitopísčitymi sedimenty.



Obr. 15: Pohled na severní část střečovské terasy (foto - Banýrová 2007)

Nejstarší, resp. nejvýše položenou terasou na zájmovém území, je terasa Ia – střečovská. Zbytek této terasy se na zájmovém území nachází pouze při jeho západní hranici, poblíž obce Střečov nad Sázavou. Vlivem antropogenní činnosti je její povrch značně přemodelován (probíhá tudy dálnice D1), v původní podobě se zachovala pouze její severní část, která je dnes zemědělsky využívána. Tato terasa se nachází 62 m nad současným dnem sázavského údolí, tedy v nadmořské výšce 378 m. Ukazuje přibližný rozsah kvartérní eroze Sázavy na jejím středním toku (Balatka, Štěpančíková 2006). Během terénního výzkumu byly na střečovské terase nalezeny valounky lehce ohlazené větrem a drobné úlomky pararuly. Původní materiál terasy je však silně pozměněn orbou. Pararulové podloží terasy je nepropustné, silně jílovité.

Terasa IIIa – chabeřická dosahuje místy mimořádných mocností. Podle údajů zpráv z vrtného průzkumu uložených v Geofondu se podloží místy nachází až v hloubce 25 m (viz. příčný profil D-D', E-E' obr. 18). Chabeřická terasa byla nejlépe zachována v úseku Chabeřice – Čížov – Holšice, kde byly sedimenty uloženy v období maximální agradace Sázavy. V tomto úseku se jedná o výplň starého sázavského údolí, ne o terasu v geomorfologickém pojetí. V okolí vlakové zastávky Chabeřice byly náplavy zachovány téměř v celé mocnosti, a to díky přemístění toku Sázavy do nového údolí, které se dnes

nachází jižněji. V ostatních úsecích opuštěného chabeřicko-holšického údolí byla akumulace zachována pouze z části, protože některé materiály byly odneseny potoky Chabeřickým, Čížovským a Holšickým. Údolí je úvalovité, povrch akumulace leží asi 30 m nad dnešní hladinou Sázavy, v nadmořské výšce 345 - 351 m (Balatka, Štěpančíková 2006) a po stranách volně přechází do mírných svahů.

Podloží chabeřicko-holšické akumulace terasy IIIa je tvořeno biotitickými, převážně dvojslídnyými, většinou zřetelně břidličnatými pararulami. Často se v něm vyskytuje křemen v podobě čoček a křemenných žil. Na silně zvětralé ruly spočívají pleistocenní písky a šterky s kolísavým podílem jílovité a hlinitoželezité příměsi, díky které sediment získává žlutohnědé až rezivé zbarvení. Hlavním materiálem jsou hrubozrnné křemenné písky s výskytem muskovitu a biotitu. Šterkopískové vrstvy jsou tvořeny pískem a šterčikem přecházejícím do typických šterkových valounů o velikosti kolem 10 cm, tvořených většinou křemenem, pararulou či žulorulou. Výjimečně se vyskytuje také aplit či amfibolit (Kůta 1956). Hloubka skalního podloží opuštěného údolí jihozápadně od Chabeřic je znázorněna v příloze 4b.

Během geomorfologického mapování byly v opuštěném chabeřicko-holšickém údolí nalezeny valouny o velikosti do 10 cm, občas mírně eolicky přemodelované. Na dně údolí se nacházely důkazy o přítomnosti glejového horizontu v půdním profilu. Glejový proces probíhá v důsledku trvale zvýšené hladiny podzemní vody na údolním dně a čerstvou orbou byly z větších hloubek přemístěny na povrch půdní agregáty šedé a rezavé barvy, pocházející z glejového horizontu.

Ve vztahu k vltavskému terasovému systému je návaznost chabeřické terasy nejasná. Její povrch navazuje na Vltavě na povrch terasy Ib, resp. IIIA, tj. terasy kralupské, zatímco báze odpovídá spíše úrovni terasy Karlova náměstí (Balatka, Štěpančíková 2006). Podle charakteru sedimentů (úrovně zvětrání) je však chabeřická terasa podle Balatky, Štěpančíkové (2006) nesporně starší než spodní terasy Vltavy.

Nejvýchodněji položený relikt terasy IIIa na zájmovém území můžeme najít na plošině ve výšce 363 m n. m. sz. od Březiny, napravo od téměř přímočarého úseku sázavského toku. Zde jsem našla opracované valouny o velikosti kolem 5 cm. Materiálem byla většinou rula a křemen, místy také žula transportovaná řekou z melechovského masivu. Západní část této akumulace byla z velké části vytěžena. Na severní stěně bývalé pískovny se vyskytuje řada zasutěných a zčásti zarostlých odkryvů se středně hrubým až hrubým pískem s ostrohranými zrny ruly, křemene a živce a šterky o velikosti do 10 cm. V hnědých až rezivých píscích, které

mají horizontální, místy chaotické uložení, se vyskytují čočky šedého nestmeleného písku. Silně slídnatý materiál odkryvů je doplněn rozptýlenými suťovými úlomky ruly o velikosti kolem 20 cm.



Obr. 16: Odkryv na západním konci pískovny u Domahoře (foto - Banýrová 2007)

Pokračujeme-li dále po proudu řeky směrem na západ, najdeme další fluviální akumulaci odpovídající svou výškou kolem 355 m n. m. úrovni terasy IIIa. Tato akumulace se nachází v opuštěném sázavském údolí u Domahoře, jižně od Zruče nad Sázavou. Dosahovala značné mocnosti (místy až přes 20 m). Skalní podloží vyplněného domahořského údolí je tvořeno biotitickými pararulami, na kterých spočívají terasové uloženiny tvořené písky a písčítými štěrky s ojedinělými vložkami jílu. Terasové písky této lokality jsou slídnaté, místy slabě hlinité, jemně až středně zrnité, s nepravidelnými vrstvičkami hrubého písku. Objevují se v nich valouny o průměru do 1 cm. Přítomny jsou také tmavošedé, černé, žlutohnědé až rezavohnědé polohy zbarvené sloučeninami železa a manganu. Nadloží je tvořeno převážně hlínami s různým obsahem písků. Ve svrchních partiích jsou hlíny pravděpodobně deluviálního původu (Rybařík 1968). Hloubka skalního podloží opuštěného domahořského údolí je znázorněna v příloze 4a.

Lokalita Domahoř je vzácný případ, kdy se dochovalo staré údolí i s akumulacemi písků a štěrků na nárazovém svahu říčního meandru. Podle Záruby a Rybáře (1961) byla

Sázava zřejmě „odsunuta více na sever deluviálními sedimenty, které splývaly ze strmého svahu nad levým břehem v úrovni nejvyšší akumulace“. Díky těmto svahovým pokrývkám a rulovému hřbetu na severu se staré údolí i se svou výplní dochovalo do současnosti. Terasová akumulace u Domahoře nasedala z jihu na rulový hřbet a dosahovala téměř jeho úrovně (360 m n. m.). Dnes je tato akumulace z velké části vytěžena, takže veškeré bližší údaje o jejím charakteru jsem čerpala především ze zpráv z vrtného průzkumu uložených v archivu Geofondu. Geologické profily domahořského údolí, sestavené pomocí údajů z těchto zpráv, jsou znázorněny na obr. 18 (příčný profil A-A', B-B'). V západní části starého domahořského údolí byl popsán malý odkryv (viz obr. 16) se sypkým, výrazně křížově zvrstveným materiálem. Hrubozrný až středně zrnitý písek byl šedohnědé až šedé barvy, při povrchu zahliněný. Místy se vyskytoval drobný štěrk, úlomky křemene, rul a živce (transportované z melechovské žuly) a rozptýlené valouny do velikosti 5 cm. V úrovni asi 1,7 m pod povrchem se nacházela poloha rezavě hnědého až tmavě hnědého jemnozrného materiálu stmelěného hydroxidem železa, na jejíž bázi byla zřetelná poloha železivce o mocnosti 2 - 3 cm. Téměř neopracovaná zrna rezavě hnědého písku v dolní části profilu svědčí o krátkém transportu.

Zbytek této terasy je patrný také v jesepeu zákrutu severně od Domahoře, u východního okraje města Zruč nad Sázavou, ve výšce 355 m n. m.

Podobnou stavbu jako chabeřická terasa IIIa má také soutická terasa na Želivce, která se však vyskytuje mimo zájmové území. Vznik soutické terasy byl rovněž podmíněn přítomností stupně odolných hornin v korytě řeky, který se nachází asi 50 km nad Souticemi. S chabeřickou terasou se soutická terasa shoduje také svou relativní výškou a polohou v opuštěném údolním úseku. Podobně jako byla v chabeřické terase vyvinuta terasa budská (viz. níže), i v soutické terase vznikla nižší erozní úroveň (Balatka, Štěpančíková 2006).

Terasa IIIb – budská vznikla podle Balatky, Štěpančíkové (2006) jako tzv. vložená nebo nižší erozní terasa v náplavech chabeřické terasy. Její povrch je 20 m nad úrovní dnešní Sázavy, tedy asi o 5 m níže než povrch chabeřické terasy.

Akumulace budské terasy o mocnosti až 20 m (viz. příčný profil C-C' obr. 18) vyplňuje staré sázavské údolí jižně od amfibolitového suku Skalka (363 m n. m.). V tomto případě se opět nejedná o terasu, nýbrž o údolní dno, podobně jako u akumulace mezi Chabeřicemi a Holšicemi. U Budy Sázava zřejmě vytvářela k jihu vyklenutý meandr, jehož šíje byla řekou protržena a došlo k odškrcení. Vlastní výplň opuštěného údolí tvoří



šterkopísky s převahou písčité frakce a podílem jílu a prachu. Ve složení šterků převažuje křemen, ruly a žuly. Dále se vyskytují také živce, amfibolit, pískovec a kvarcit. Nadloží je tvořeno písčitými hlínami s různým obsahem úlomků navětralých hornin. Větší mocnost těchto hlín je při jižním okraji bývalého údolí, kam byly sneseny ze sousedního pararulového svahu. Pod svahem severního okraje údolí je mocnost hlín menší a hlíny zde obsahují různě velké úlomky amfibolitu. Materiál této terasy byl z velké části vytěžen, takže zbytky důkazů fluviální činnosti dnes můžeme najít pouze v její nejuvýchodnější a nejzápadnější části, kde se bývalé údolí setkává se současným. Na těchto místech byly nalezeny středně velké valouny o velikosti do 5 cm, výjimečně až 10 cm. V severovýchodním svahu pískovny, asi 1 m nad hladinou vody, kterou je dnes částečně vyplněna, byl zaznamenán malý, 0,75 m vysoký odkryv, kde byl identifikován horizontálně zvrstvený hrubozrný písek hnědé barvy, se šterkem o velikosti do 5 cm. Vzhledem k špatné technické kvalitě fotografie tohoto odkryvu nebyl jeho obrázek do práce zařazen. Zařazena byla pouze fotografie zachycující pohled na zatopenou pískovnu z jejího východního okraje (viz. obr. 17).

Zbytek terasy IIIb se nachází také v úseku mezi Březinou a ústím Měchonickeho potoka, pod úrovní terasy IIIa. Dále pak napravo od koryta Sázavy v jihovýchodní části Zruče nad Sázavou, ve výšce 350 m n. m., kde dosahuje mocnosti asi 15 m (podle vrtných průzkumů) a povrch má značně antropogenně přemodelován.

Posledním, značně sporným reliktem úrovně IIIb na zájmovém území, je plošina západně od Holšic, přes kterou dnes protéká spodní část Holšického potoka. Vzhledem k tvaru okolního reliéfu není v místě této uložení prostor pro vznik terasové akumulace. Je možné, že materiál tohoto povrchu byl nanesen Holšickým potokem a je tedy součástí jeho mohutného náplavového kužele. Další možností je, že tato akumulace vznikla v závěru akumulací fáze III. terasy. Za tohoto předpokladu by ale měla bez přerušení navazovat na chabeřicko-čížovskou akumulaci IIIa východně od Holšic tak, jak to uvádějí Záruba a Rybář (1961). Mezi těmito uloženími je však část údolí v úseku Čížov – Holšice bez výskytu fluviálních materiálů a skalní podloží se zde dostává blízko k povrchu, proto je tato hypotéza nepravděpodobná.

Terasa IV – týnecká je další úrovní sázavského terasového systému. Její povrch se nachází ve výškách kolem 17 m nad dnešní hladinou Sázavy. Nejuvýchodněji ležícím zbytkem terasy této úrovně je plošina uvnitř vlastějovického meandru s nadmořskou výškou povrchu 348 m. Vyskytují se tu valouny o velikosti do 10 cm.

Dále po proudu řeky se tato úroveň zachovala částečně nad pravým břehem Sázavy jižně od Čížova, s povrchem ve výšce 334 m n. m. Mezi relikty IV. terasy patří i plošina východně od Posadovského Mlýna, vlevo od koryta Sázavy. Posledním dochovaným zbytkem na studovaném území je pak povrch nacházející se nad pravým břehem Sázavy uvnitř střečovského zákrutu, ssz. od vlakové zastávky Střechov nad Sázavou.



Obr. 17: Pohled z východu na zatopenou pískovnu u Budy – v popředí horní hrana malého odkryvu, vpravo jižní svah amfibolitového suku Skalka (636 m n. m.)  
(foto - Banýrová 2007)

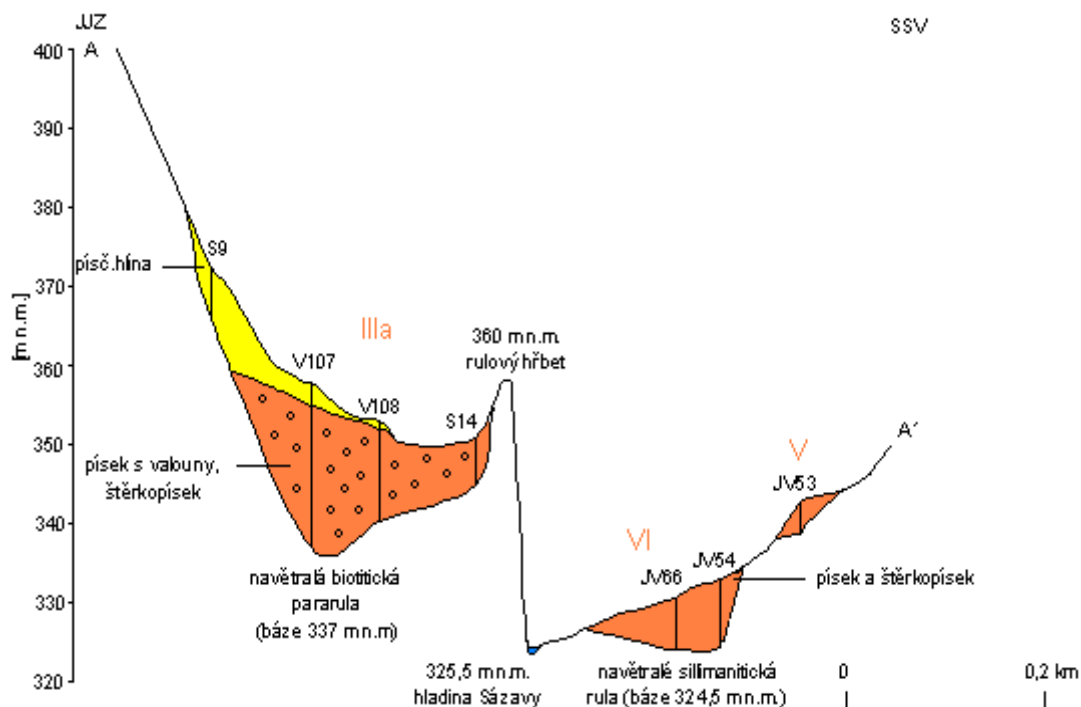
Terasa V – městečská, jejíž povrch se vyskytuje v relativní výšce okolo 8 m nad hladinou Sázavy, je nejlépe zachována nad pravým břehem řeky v úseku Březina – Horka, kde leží mezi relikty úrovní IIIa (resp. IIIb) a VI. Zde se nacházejí převážně rulové a křemenné valouny o velikosti okolo 5 cm a u ústí Měchonickeho potoka je území této lokality značně zamokřeno.

Zbytek V. úrovně se vyskytuje dále v jesebním úseku zákrutu severně od Domahoře a nad levým břehem sázavského zákrutu ve Zruči nad Sázavou (Zářečí). Druhá ze jmenovaných lokalit je značně ovlivněna lidskou činností (probíhá zde výstavba nového stadionu).

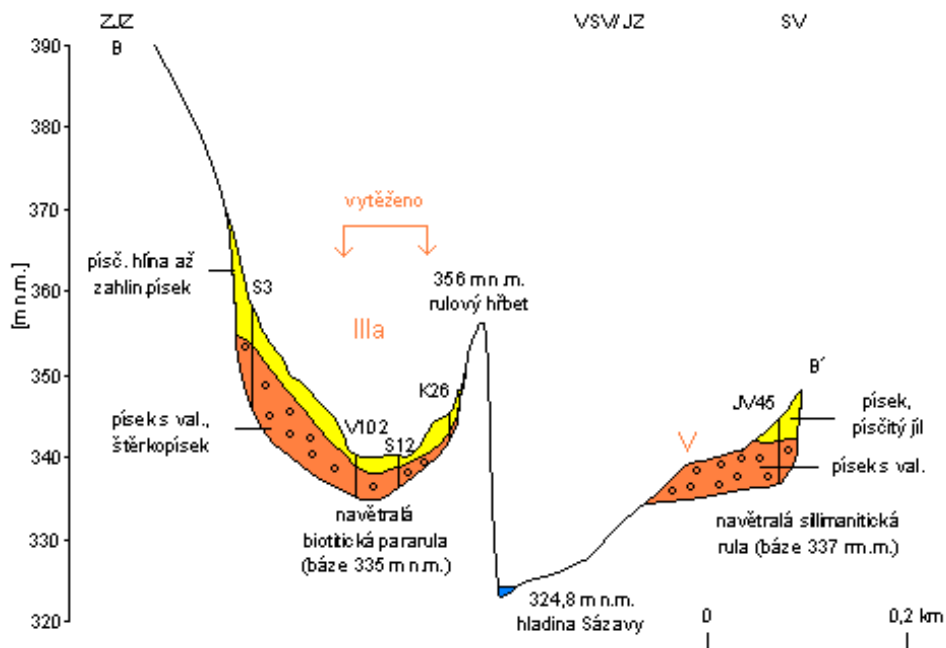
Dále po proudu řeky nacházíme terasu této úrovně vpravo od Sázavy tesně nad ústím Čížovského potoka. Posledním dochovaným zbytkem na zájmovém území je východní část plošinky uvnitř střečovského zákrutu.

Obr. 18: Příčné profily A-A', B-B', C-C', D-D', E-E' údolím Sázavy sestavené pomocí vrtné dokumentace z archivu Geofondu – převýšeno 8x

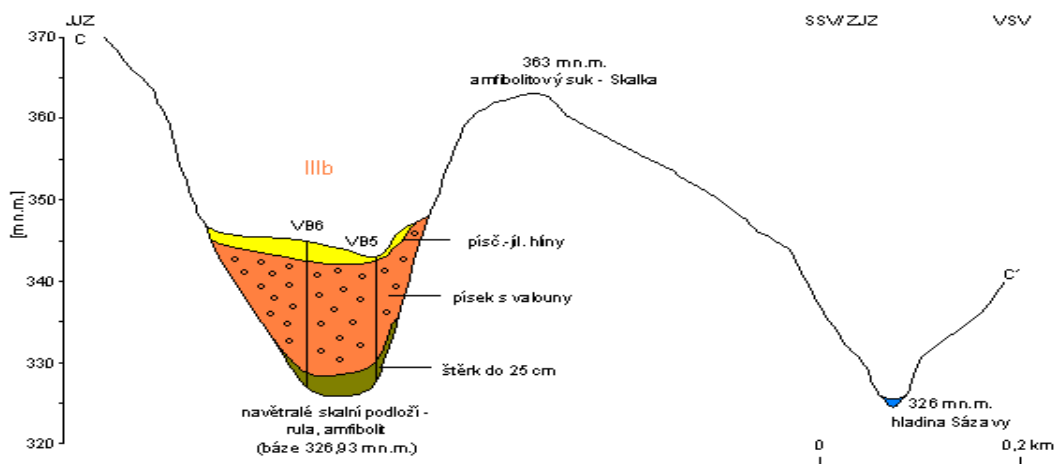
*Profil A-A': Domahoř (říční km 106,2)*



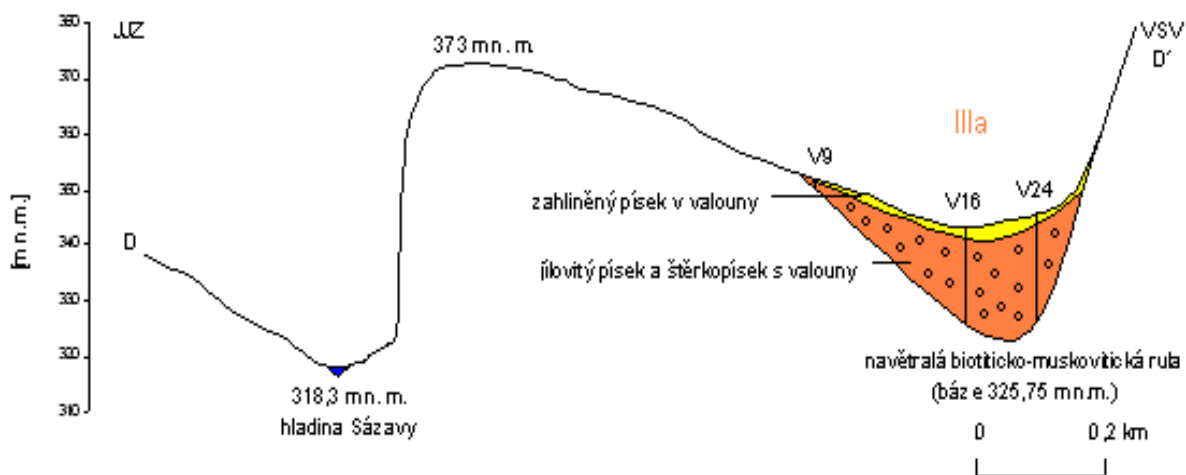
*Profil B-B': Domahoř (říční km 105,9)*



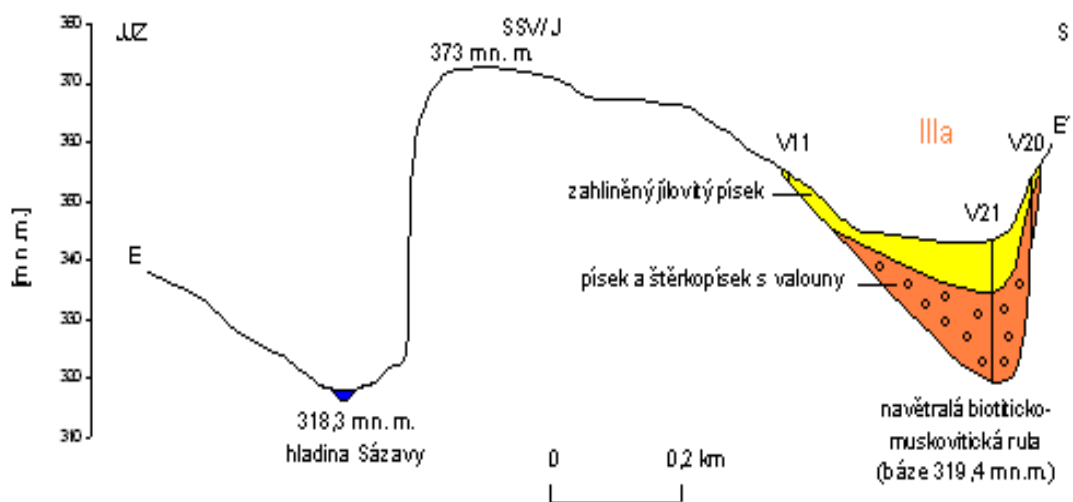
*Profil C-C': Buda (řiční km 108,2)*



*Profil D-D': Chabeřice - Čížov (řiční km 98,6)*



*Profil E-E': Chabeřice - Čížov (řiční km 98,6)*



Terasa VI – poříčská je nejnižší úrovní vyskytující se na studovaném území. Relativní výška jejího povrchu se pohybuje kolem 4 m nad dnešní hladinou Sázavy a na většině míst navazuje přímo na holocenní náplavy, proto je její vymezení dosti sporné. Nejvýchodněji položeným reliktem této terasy je její zbytek v jesepním svahu vlastějovického meandru s povrchem ve výšce 335 m n. m. Dále pak nad pravým břehem Sázavy u Březiny a v jesepní části zákrutu severně od Domahoře.

Antropogenně silně přemodelovány jsou reliкty terasy této úrovně, nacházející se vlevo od koryta Sázavy v zákrutu ve Zruči nad Sázavou (Zářečí) a na vnitřním svahu posledního zručského zákrutu (nad ústím Pardidubského potoka).

Dále po proudu je nápadná plošina těsně nad soutokem Sázavy s Želivkou, v místech chatové osady Rybárna a nad pravým břehem Sázavy v prvním zákrutu pod tímto soutokem.

Relikt terasy VI. úrovně se nachází také po obou stranách ústí Štěpánovského potoka u Mařanova Mlýna. Nezápadnějšími zbytky této terasy jsou plošiny uvnitř posledního sázavského zákrutu, naproti ústí Holšického potoka a část plošiny jesepu střechovského zákrutu, která zasahuje na sledované území svou nejvýchodnější částí.

### **3.3.3. Polygenetické tvary**

*Plošiny a svahy o sklonu 0 – 2°* se vyskytují především na reliкtech destrukčních zarovnaných povrchů (viz. kap. 3.3.1.) a v plochých sedlech. Jsou to horizontální, při okrajích mírně ukloněné části reliéfu polygenetického denudačního původu (Balatka, Příbyl 1996). Kromě rozvodních plošin můžeme svahy této kategorie, vesměs kvartérního stáří, pozorovat také v nižších polohách nebo na dně opuštěných pleistocenních údolí (u Budy nebo v úseku Chabeřice – Čížov - Holšice).

Druhou kategorií sklonitosti jsou mírně ukloněné *svahy o sklonu 2 – 5°*. Tyto svahy jsou převážně denudačního původu a vyskytují se jako přechody mezi zarovnanými povrchy a příkřejšími svahy zahloubených údolí přítoků Sázavy, především poblíž jižní a severní hranice zájmového území, v nadmořských výškách 390 - 420 m. Jižně od Sázavy se svahy této kategorie nacházejí např. jižně od Budy nebo jihozápadně od Zruče nad Sázavou (Na obůrku). Na sever od Sázavy jsou svahy o sklonu 2 – 5° zastoupeny např. na rozlehlé lokalitě mezi Dolní Pohledí a Měchonickým potokem, na území severně od Zruče nad Sázavou nebo na svazích opuštěného údolí Sázavy mezi Chabeřicemi a Holšicemi. Jejich vznik souvisí se svahovými procesy způsobujícími zahlubování údolí.

Třetí kategorií jsou středně ukloněné *svahy o sklonu 5 – 10°*. Jsou to svahy polygenetického denudačního původu a tvoří většinou okraje hřbetů a suků zájmového území, např. okraj suku u Budy, okraj suku jihovýchodně od Čížova, okraj strukturně - denudačního hřbetu severovýchodně od téhož sídla, apod. Vyskytují se ale také na několika dalších lokalitách, např. nad levým břehem Sázavy těsně pod ústím Želivky. Na příkřeji ukloněné svahy údolní sítě navazují zpravidla plynule konvexním profilem, bez výrazné terénní hrany.

Vznik příkře ukloněných *svahů o sklonu 10 – 20°* je podmíněn působením svahových procesů. Tyto svahy jsou polygenetického denudačně-erozního původu a půdy, které se na nich vyskytují, jsou velmi náchylné k erozi. Svahy těchto sklonů jsou důležitou morfografickou součástí údolí vodních toků (Balatka, Příbyl 1996). Na zkoumaném území tvoří svahy této kategorie většinu bočních svahů údolí sázavských přítoků. Velké zastoupení mají např. po obou svazích údolí Kounického, Milošovického a Pertoltického potoka, v levém svahu údolí Ostrovského potoka, v pravém svahu údolí Štěpánovského potoka nebo nad nárazovým svahem holšického meandru.

*Svahy o sklonu 20 – 25°* jsou převážně erozní polygenetické svahy, které vznikly v přímé souvislosti se zahlubováním údolí. Vyskytují se zejména v bezprostřední blízkosti hluboce zaříznutých vodních toků (např. na obou svazích Pertoltického potoka, na pravém svahu Milošovického potoka či na levém svahu Ostrovského potoka) a v nárazových svazích zákrutů a meandrů (např. vlastějovického meandru, zručských zákrutů, holšického zákrutu, atd.), kde však najdeme spíše svahy kategorie následující. Větší zastoupení má tato kategorie např. v západním svahu Sv. Magdalény (v blízkosti východní hranice zájmového území) nebo v jižním svahu chabeřicko-čížovského hřbetu. Na zájmovém území se nad svahy této kategorie vyskytují mrazové sruby a také většina významných horninových výchozů, na kterých byla provedena puklinová měření. Při úpatí těchto svahů se nacházejí kamenité a balvanité sutě nivačního a kryogenního původu. Výška terénních hran těchto svahů nad dnem přilehlého údolí dosahuje místy až 80 m.

*Svahy o sklonu přes 25°* jsou na zájmovém území zastoupeny pouze v nárazových svazích zákrutů a meandrů. Části těchto svahů jsou často tvořeny *skalními stěnami*. Vegetace na svazích této kategorie bývá velmi omezená a často jsou patrné antropogenní zásahy do jejich přirozeného vývoje. Mezi nejvýraznější svahy se sklonem nad 25° patří nárazový svah vlastějovického meandru (s rel. výškou nad hladinou Sázavy 40 m), svah nad železniční tratí severně od amfibolitového kámyku Skalka u Budy (s rel. výškou nad hladinou Sázavy

25 m), dále po proudu pak nárazový svah rulového hřbetu u Domahoře (s rel. výškou nad hladinou Sázavy 30 m), nárazové svahy zručských zákrutů (s rel. výškou nad hladinou Sázavy až 80 m) a nárazové svahy zákrutů v úseku Chabeřice - Posadovský Mlýn (s rel. výškou nad hladinou Sázavy až 45 m). Do této sklonitostní kategorie patří také strmé svahy erozních zářezů, které jsou vzhledem k malým rozměrům znázorněny v mapě lineární značkou skupiny fluvialních tvarů.

### 3.3.4. Nivační a kryogenní tvary

#### DESTRUKČNÍ TVARY

*Mrazové sruby* se na zkoumaném území vyskytují na několika místech. Většinou se jedná o mrazové sruby na mírnějších svazích, na kterých se udržely díky přítomnosti vložek odolnějších hornin. Mrazové sruby jsou skalní stupně tvořené strmou až svislou či převislou skalní stěnou a úpatní kryoplanační terasou, které vznikly mrazovým zvětráváním v období pleistocénu (Balatka, Příbyl 1996). Právě v těchto útvarech probíhala většina puklinových měření prováděných během terénních prací. Zpravidla se jednalo o stupňovité mrazové sruby s malými kryoplanačními teráskami a výškou stupňů 1 – 4 m. Nacházejí se např. v horní části nárazového svahu vlastějovického meandru, v horní části jižního svahu chabeřicko-čížovského hřbetu, v levém svahu údolí Sázavy nad ústím Kounického potoka, v nárazovém svahu posledního zákrutu Ostrovského potoka, atd.

*Úpady* jsou terénní deprese mísovitého až protáhlého půdorysu, které jsou příznačné zejména pro mírně až středně ukloněné svahy o sklonu do 10°. Jejich zahloubení do okolního reliéfu se zvětšuje směrem po sklonu nezřetelného dna, většinou však nepřesahuje hloubku 5 m (Balatka, Příbyl 1996). Úpady přecházejí bez výrazných terénních hran do denudačních svahů, kde na ně často navazují erozní rýhy nebo údolí malých či občasných toků. Na zájmovém území je tento tvar reliéfu velmi častý. Vyskytují se zde jak údolní (v závěrových částech údolí), tak i svahové úpady (na údolních svazích).

#### AKUMULAČNÍ TVARY

Mezi akumulační tvary nivačního a kryogenního původu, vyskytující se na zájmovém území, patří *balvany a sutě*. Tyto tvary se akumulují při úpatí příkrých svahů, kam jsou přemísťovány vlivem gravitace. Na zájmovém území se sutě a balvany pleistocenního stáří

nacházejí zejména v nadloží terasových sedimentů při úpatí svahu severního okraje bývalé pískovny u Horky. Dále se vyskytují při úpatí většiny skalních stěn a nárazových svahů meandrů a zákřutů. Pro svou malou plochu nebyly tyto akumulace v mapě znázorněny. Většinou mají tvar velmi úzkého pásu podél úpatí svahů.

### **3.3.5. Eolické tvary**

Eolické tvary se dále dělí na erozní a akumulační. Vzhledem k tomu, že na zájmovém území byly zjištěny pouze jediné tvary eolického původu, a to hrance, pojednává tato kapitola pouze nich.

*Hrance* patří mezi erozní tvary eolického původu. Jsou to valouny nebo horninové úlomky přemodelované větrem. Jinými slovy, tyto materiály byly původně z části transportované fluviálními procesy a později, po svém uložení, ohlazeny zrny písku unášenými větrem. Na povrchu hranců jsou korazí vybroušeny plošky oddělené hranami, které bývají často lehce zaoblené (známky fluviální činnosti). Na zájmovém území byly nalezeny hrance na plošině s neogenními sedimenty na rozvodí Sázavy a Želivky (lokalita Habřina). Zde se vyskytují křemenné hrance o velikosti do 15 cm. Záruba, Rybář (1961) se zmiňují také o hrancích v opuštěném sázavském údolí jihozápadně od Chabeřic, kde byl však jejich výskyt potvrzen jen velmi sporadicky. Nalezeny zde byly v podstatě pouze nedokonale ohlazené valouny. Náznaky eolického ohlazení jsou patrné také na valounech z ostatních lokalit výskytu fluviálních akumulací.

### **3.3.6. Antropogenní tvary**

Antropogenní tvary jsou tvary reliéfu podmíněné přímou či nepřímou činností člověka. Během geomorfologického mapování činí řada tvarů antropogenního původu značné problémy, protože některé z nich (např. stabilizované navážky, bývalé pískovny) jsou dokonalou kultivací zcela začleněny do morfologie okolního reliéfu a tím je znesnadněna správná identifikace jejich geneze. Antropogenní tvary dále dělíme na destrukční, akumulační a smíšené destrukčně-akumulační.

## **DESTRUKČNÍ TVARY**

Na zájmovém území je častý výskyt říčních teras a pleistocenních písků a štěrků, proto jsou zde plošně nejrozsáhlejším akumulačním tvarem antropogenního původu *pískovny*.



Všechny pískovny jsou v současné době mimo provoz. Těžba písků a štěrků v nich probíhala zejména v 50. - 70. letech minulého století. Dnes je většina jejich prostoru rekultivována a mnohdy téměř splývá s okolním reliéfem.

Asi nejlépe rekultivovaná je bývalá pískovna na dně opuštěného sázavského údolí u Domahoře. Nachází se jižně od rulového hřbetu (356 m n. m.), který ji odděluje od dnešního údolí Sázavy. Pleistocenní materiály vyplněného opuštěného údolí byly z největší části vytěženy a podle příčných profilů A-A', B-B' (viz. obr. 11), popř. 3-3' (viz. obr. 18), z tohoto území jsou patrné výškové poměry původního zákrutu, který zde řeka vytvářela. Strmý nárazový svah je dnes zalesněn vzrostlými smrky a vyskytují se na něm mladé, vegetací stabilizované erozní rýhy. Jesešní svah je mírně zvlňený, pozvolna se zvedá k pararulovému hřbetu na severu a je pokryt výsadbou mladých stromků. U úpatí západního boku pararulového hřbetu v místě, kde pískovna končila, vystupuje na povrch silně zvětralé skalní podloží pokryté tmavým, jemnozrným, rezavě hnědým, silně zahliněným pískem. Zbytky výplně starého údolí zůstaly částečně v jeho nejzápadnější části, kde jsou také patrné antropogenní valy, jež jsou dnes pokryty mladou vegetací. Větší relikt této výplně pak zůstal v nejvýchodnější části pískovny u osady Domahoř, kde je bývalý povrch snižen jen o několik metrů. Fluviální akumulace, která nasedala z jihu na rulový hřbet, dosahovala téměř jeho úrovně. Dnes je téměř zcela vytěžena a úroveň terénu místy odpovídá přibližně úrovni dna bývalého údolí Sázavy. Největší mocnosti dosahovala akumulace ve své jižní části pod nárazovým svahem zákrutu, kde se nacházely terasové štěrky. V době těžby bylo dno bývalého údolí uměle odvodněno, dnes je v západní části bývalého údolního dna místy bažina. V západní části pískovny byl v pravém (jesepním) svahu zjištěn 3 m vysoký a 5 m široký odkryv (viz. obr. 16), který slouží zřejmě na těžbu materiálu pro místní potřebu obyvatel.

Další bývalou pískovnou zkoumaného území je dnes zčásti zatopená pískovna u Budy. I zde se nachází opuštěné pleistocenní údolí Sázavy, jehož fluviální materiál, kterým bylo zaplněno, byl vytěžen. Dnes je tato pískovna téměř zcela rekultivována a je z velké části zatopena podzemní vodou, která zřejmě nemá žádnou souvislost s vodou v dnešním korytě Sázavy. Příčné profily 4-4' a C-C' z této lokality jsou na obr. 11 a 18. Bezprostřední okolí pískovny je pokryto hustou vegetací (břízy, křoviny, buky, duby), na části jižního svahu jsou vysázeny smrky. Za stromovým porostem se nachází intenzivně využívaná orná půda.

Poslední bývalou pískovnou na zájmovém území je pískovna u železniční zastávky Horka nad Sázavou, vpravo od Sázavy. Rekultivace této pískovny je ze všech zde zmíněných pískoven v nejnižším stádiu. Bývalá pískovna byla protažena ve směru Z-V od železniční stanice téměř k údolí prvního sázavského přítoku ústícího do Sázavy nad touto zastávkou. Podél jižní hranice pískovny je dnes vedena železniční trať Světlá nad Sázavou – Čerčany, kterou z jižní strany místy lemuje 2 – 3 m vysoká skrývka. Severní okraj pískovny je tvořen přes 15 m vysokým a velmi strmým svahem, ve kterém se nachází řada odkryvů (zejména ve střední části pískovny), v nichž místy vystupují na povrch terasové písky a šterky. Okraj severního svahu pískovny je částečně antropogenně zajištěn proti sesuvu (terasováním). Na některých místech je podle úklonu kmenů stromů patrné sunutí svahu směrem k okraji pískovny v důsledku gravitace. Dno pískovny je zvlněné, patrné jsou známky pokusu o rekultivaci (postupné zavážení odpadem ze staveb a pískem). Východní část pískovny je dnes zemědělsky využívána jako orná půda. V západní části se místy vyskytuje travní vegetace a několik desítek let staré břízy. Vývoj vegetace je zde prakticky ponechán přirozené sukcesi.

*Zářezy komunikací a odkopy, úvozy a příkopy* jsou dalším destruktivním antropogenním tvarem. Na zájmovém území jsou nejvýraznější zářezy železniční tratě Světlá nad Sázavou – Čerčany a zářez dálnice D1 při jihozápadním okraji území. Poměrně časté jsou také hluboké úvozy, které se hojně vyskytují nejen na polích, ale i v lesích.

Do této skupiny tvarů reliéfu patří také *antropogenní jeskyně*. Ta se na zájmovém území vyskytuje pouze jedna, a to při východní hranici území v jihozápadním svahu pahorku Sv. Magdalény. Zde místy vystupuje k povrchu ortorulové podloží, ve kterém je v blízkosti lesní cesty vysekána 1 m vysoká jeskyně o průměru asi 1,5 m.

Na sledovaném území se nacházejí celkem čtyři *antropogenní deprese*. Největší z nich, o průměru téměř 50 m a hloubce 2 m pod úrovní okolního terénu, se nachází severozápadně od Holšic v lese na okraji silnice. Na její antropogenní původ ukazuje nejen její pravidelný tvar, ale také značné antropogenní ovlivnění okolního reliéfu, především pak v souvislosti s výstavbou silnice z Holšic do Kácova v minulosti. Deprese zde vznikla zřejmě v důsledku drobné těžby materiálu (možná na násep této komunikace). Dnes tato deprese plynule přechází do reliéfu okolního lesa, se kterým splývá i charakterem vegetace. Další výrazná deprese s téměř pravidelným kruhovým půdorysem o průměru asi 30 m a hloubkou 4 m se nachází jihozápadně od obce Horka II v severním svahu o sklonu 5 – 10°, ve výšce

380 m n. m. Vyskytují se v ní několikaleté smrky, buky a břízy a místy vystupuje k povrchu navětralé skalní podloží.

### AKUMULAČNÍ TVARY

*Haldy a jiné navážky* patří k významným tvarům antropogenního původu. Na zájmovém území bylo zjištěno několik tvarů této skupiny, především v rámci bývalých pískoven, kde sloužily jako odkladiště nepotřebného materiálu. Zajímavý je případ navážky v údolní nivě Pardidubského potoka v bezprostřední blízkosti jeho koryta. Má protáhlý, téměř 60 m dlouhý tvar a nad úroveň okolní nivy vystupuje více než 2 m. Materiál akumulace je tvořen převážně zbytky ze staveb (úlomky stavebních materiálů, apod.).

*Uměle vyplněné deprese* jsou na zájmovém území zastoupeny pouze jediným tvarem. Jedná se o depresi nad pravým svahem Ostrovského potoka u zahrádkářské kolonie na severním okraji Zruče nad Sázavou. Deprese o průměru téměř 50 m je vyplněna především zbytky stavebního materiálu a odpadu ze zahrádek.

Dalším antropogenním tvarem této skupiny jsou *náspy komunikací*. V krajině zájmového území dominují především železniční náspy tratě Světlá nad Sázavou – Čerčany a náspy silnic spojujících sídla toho území.

Hladina je tu vzduta čtyřmi *jezy*, jejichž výšky odpovídají (dle výpočtů z podélného profilu řeky Sázavy zpracovaného Vodohospodářským rozvojovým střediskem ministerstva stavebního průmyslu v Praze v roce 1953) těmito hodnotám: březinský jez 1,93 m, jez v Horce 2,11 m, chabeřický betonový jez 1,33 m a jez u Posadovského Mlýna 0,55 m. V Březině, kde se sázavské koryto rozděluje, se nachází ještě malý antropogenní stupeň v korytě, kterým řeka obtéká vzniklý ostrůvek zprava. Tento stupeň bych však nepovažovala za jez v pravém slova smyslu, spíše za malou hráz, ručně vybudovanou pro potřeby místních obyvatel. *Jezy* jsou společně s *hrázemi rybníků* dalším tvarem skupiny akumulčních antropogenních tvarů vyskytujících se na zájmovém území. Nejvyšší hráz (4 m) má rybník na pravostranném přítoku Holšického potoka.

*Antropogenní stupně v krajině* jsou na zájmovém území velmi častým tvarem. Do této skupiny jsem zahrnula nejen agrární terasy a meze, ale i antropogenní stupně v lesích a na okrajích komunikací a cest (pokud se nejednalo o oboustranný nasep či zářez). V případě antropogenních stupňů na okraji komunikací a cest může být jejich zařazení mezi akumulční tvary sice poněkud sporné (může zde převažovat destrukční činnost), ale vzhledem k tomu, že

analýza antropogenních tvarů není výhradním tématem této práce, byly zahrnuty mezi ostatní antropogenně podmíněné stupně v krajině.

### *SMÍŠENÉ DESTRUKČNĚ-AKUMULAČNÍ TVARY*

*Povrchy silně přemodelované člověkem* se vyskytují především ve městech a větších obcích. Na zájmovém území je rozlohou jednoznačně největší území Zruče nad Sázavou. Následují obce Vlastějovice, Horka II, Buda, Chabeřice a další. Dále je silně přemodelováno také území chatových osad a táborů na břehu Sázavy (hřiště, apod.). Značně je upraven také povrch střeškové terasy, kde bylo vystavěno odpočívadlo dálnice D1 s čerpací stanicí a dalšími službami.

Dalším smíšeným destrukčně akumulacním tvarem jsou rozptýlená *sídla, chaty, osady a samoty*, v mapě označené jako „osamocené stavby“. Kromě výše jmenovaných staveb sem patří také vodárny, rybárny a vlakové zastávky.

Důležitým prvkem dopravní infrastruktury v krajině jsou *mosty a lávky*, které jsou posledními tvary této skupiny.

Mezi smíšené destrukčně-akumulační tvary patří také antropogenně přemodelované skalní stěny. Na mnoha místech jsou skály potaženy ochrannými sítěmi, které zachycují kamení padající na železnici či silnici pod ní. Větším zásahem do tvaru skalních stěn je pak odsekaní vrstvy silně zvětralých hornin.

#### **3.3.7. Ostatní prvky mapy**

Ostatními prvky mapy jsou značky pro hydrologické jevy, místa terénních měření, apod. Jedná se zpravidla o jevy, které nelze zařadit do žádné z předchozích kategorií.

*Zamokřených území* se v údolní nivě Sázavy a jejích přítoků vyskytuje několik. Plochou nejrozsáhlejší je mokřina v nivě Čížovského potoka východně od Čížova. Pro zamokřená území je typická přítomnost vlhkomilné vegetace.

*Vodní plochy* jsou značeny modrou barvou. Tato značka se týká především vodní nádrže Želivka, která sice nezasahuje na zájmové území, přesto však byla v mapě zakreslena, protože je v okolní krajině zájmového území díky své rozloze velmi dominantní. Dalšími vodními plochami jsou rybníky, kterých se na zájmovém území vyskytuje celkem devět. Největší vodní plochou na zájmovém území je zatopená pískovna u Budy. Mezi největší

rybníky patří Mlýnský rybník (na Chabeřickém potoce), dále rybník v Chabeřicích či v Holšicích.

*Vodní toky* jsou vyznačeny modrou linií, *občasné vodní toky* pak přerušovanou linií téže barvy.

*Hranice tvarů* jsou značeny černě, *předpokládané hranice tvarů* barvou šedou.

Dále jsou v mapě vyznačeny *linie příčných profilů*, které byly sestaveny pomocí Základní mapy ČR 1:10 000 a výzkumných zpráv uložených v Geofondu v Praze. Z těchto prací jsou převzaty také *geologické vrty*, podle nichž byly některé příčné profily konstruovány.

V mapě jsou vyznačeny také *místa měření směrů puklin, zlomy* převzaté z geologické mapy území v měřítku 1:50 000, významné *odkryvy* v akumulacích opuštěných údolí a rovněž *hranice zájmového území*.

#### **4. Geomorfologický vývoj zájmového území s pohledem na paleogeografický vývoj celého sázavského údolí**

Za nejstarší prvky dnešního reliéfu zájmového území lze pokládat nejvyšší úrovně reliktních zarovnaných povrchů typu etchplénu, patrně paleogenního (oligocenního) stáří, které se nacházejí podél severní a jižní hranice zájmového území. Dále pak nižší zarovnané povrchy s lokalitou neogenních fluviálních sedimentů tzv. onšovecké úrovně, vyskytující se na jihovýchodním okraji území, ve sníženinách sázavsko-želivského rozvodí. Tyto povrchy pak přecházejí do mladších svahů údolí sázavských přítoků a vlastního údolí Sázavy.

Vývoj paleogenního zarovnaného povrchu byl přerušen v období spodního a středního miocénu a v pliocénu, především v důsledku oživení pohybů podél starých zlomových linií během saxonské tektogeneze (Mísař et al. 1983). Došlo k porušení původně jednotné výškové úrovně a následně k obnažení bazální zvětrávací plochy odnosem zvětralin a k jejímu snížení v průběhu neogénu až kvartéru. Ve svrchním miocénu pak došlo k plošnému výzdvihu Českého masivu a nastala fáze dalšího zarovnávaní reliéfu, včetně přemodelování paleogenního zarovnaného povrchu (Balatka, Příbyl 1996). Dnes se nejen na zájmovém území, ale i na území celého povodí Sázavy, nacházejí pouze relikty těchto zarovnaných povrchů, které byly navíc v průběhu pleistocénu silně rozřezány zahlubujícími se údolními toků. Denudační svahy těchto údolí jsou různého sklonu a při jejich vzniku se značně uplatnily kryogenní pochody, které v nich zanechaly řadu mrazových srubů a dalších skalních výchozů.

Dnešní údolí Sázavy je tvořeno starými, mladotřetihorními úseky, spojenými mladšími údolními úseky s nevyrovnaným sklonem dna (Novák 1932). Bylo založeno patrně v pliocénu v důsledku tektonických pohybů antiklinálního a synklinálního rázu (Moschelesová 1930). Sázava a její přítoky prodělaly v minulosti řadu změn ve směru svého toku. Podle Nováka (1932) tekla v neogénu Sázava a většina jejích přítoků (Blanice, Želivka, Sázavka a pravděpodobně i horní tok dnešní Jihlavy) k severu do oblasti dnešního středního Polabí. Ve směru S-J jsou protažené i nápadné vyvýšeniny, např. Melechov. Důkazem severního směru těchto toků v neogénu má být výskyt říčních valounů na rozvodí mezi Sázavou a Doubravou. Tyto valouny pocházejí s největší pravděpodobností z krystalinika a musely být tedy transportovány z jihu.

K propojení těchto řek a vzniku dnešní Sázavy mělo dojít podle Nováka (1932) na konci terciéru až počátkem kvartéru. Celý proces měl probíhat postupně, a to v několika etapách. Nejprve došlo k propojení Blanice a Želivky (Želivka byla načepována Blanicí a obrácena k západu), dále pak přítok spojené Blanice - Želivky prořízнул zpětnou erozí melechovský masiv a podchytil Sázavku (patrně již na přelomu miocénu a pliocénu). Pravděpodobně již předtím byla odvrácena horní Jihlava, která dnes teče jihovýchodním směrem. O něco později došlo k pirátství na horní Oslavě, jež byla načepována nově vznikající Sázavou. V poslední fázi byl celý tento systém podchycen zpětnou erozí jednoho z přítoků Vltavy v oblasti dnešního města Sázava. Podobného názoru na pomiocenní vývoj sázavského údolí jsou také autoři Balatka a Sládek (1962).

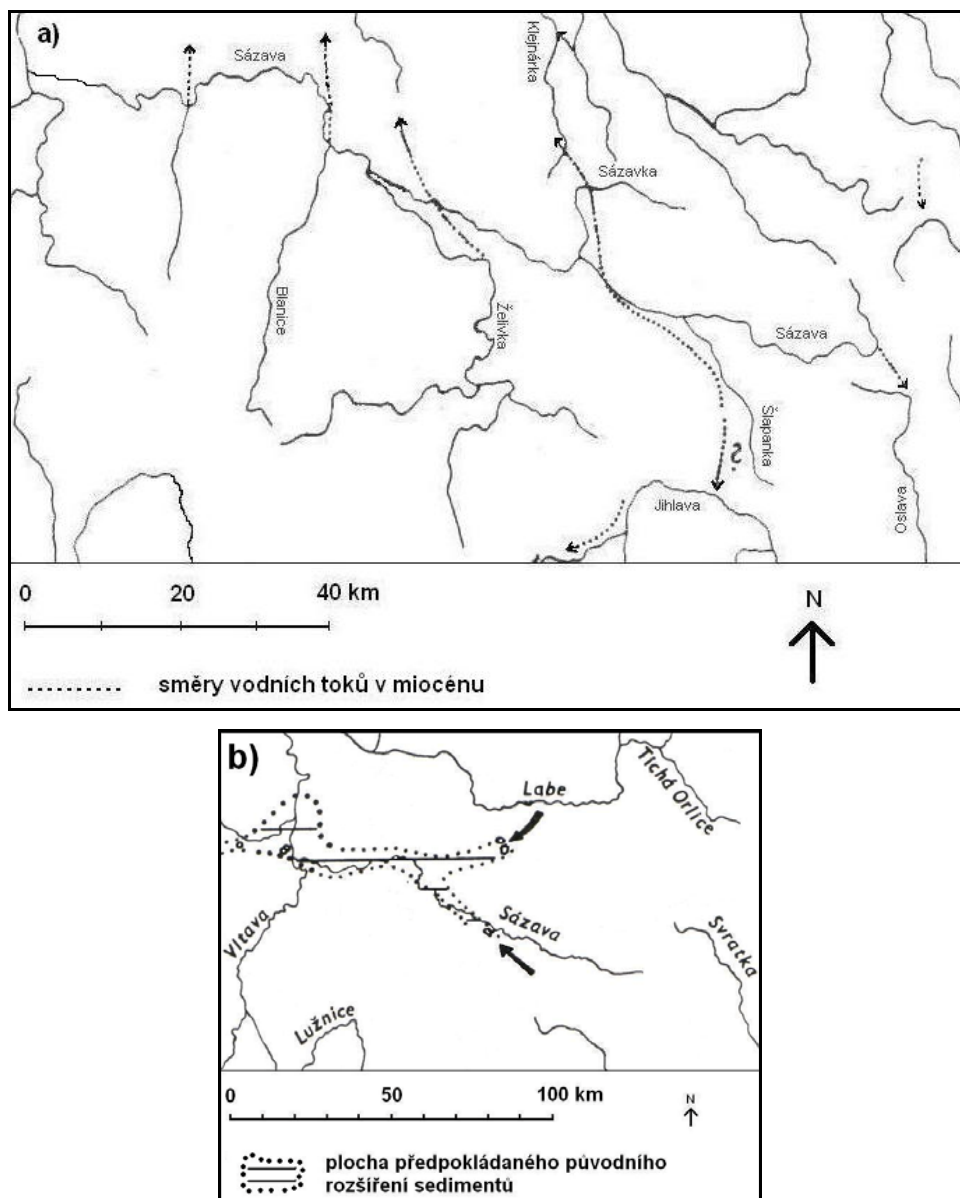
Naprosto jiný názor na směry toků povodí Sázavy v období miocénu zastává Malkovský (1975, 1979), podle něhož tekla Sázava v tomto období stejným směrem jako dnes a říční sedimenty, vyskytující se na rozvodí mezi Sázavou a dnešními přítoky Labe, byly přineseny řekou přitékající do Posázaví z Polabí. K teorii Malkovského se přiklání také Ložek et al. (2004). Porovnání rozdílných názorů Nováka (1932) a Malkovského (1979) je zachyceno na schématu na obr. 19.

Paleogeografický vývoj Sázavy byl úzce spojen s vývojem vltavského údolí. Vltava se v pliocénu a pleistocénu mohutně zahluvovala do skalního podkladu a s poklesem její hladiny, která tvořila místní erozní bázi pro Sázavu, se prohlubovala také údolí toků sázavského povodí, jež byla současně zpětnou erozí prodlužována. Jednotlivá období zahlubování Sázavy se v jejím podélném profilu projevila vznikem stupňů a změnami sklonu údolního dna. Hlavními úseky výrazné změny sklonu údolního dna jsou melechovský stupeň na středním toku Sázavy a týnecko-pikovický stupeň na toku dolním. Zájmové území se nachází mezi těmito dvěma stupni.

Na středním toku v úseku od Chřenovic k Holšicím se zachovaly úseky opuštěných pleistocenních údolí, která Sázava opustila v době maximální akumulace a vyhloubila si údolí nové (viz. obr. 10). Tato údolí byla vyplněna pleistocenními akumulacemi a dochována dodnes. Genezi a stavbu terasových akumulací zájmového území ovlivnila zejména přítomnost melechovského stupně nad Ledčí nad Sázavou, který vyvolal mohutnou, klimaticky podmíněnou, agradaci Sázavy (Záruba, Rybář 1961) v úseku pod ním. Tento práh představuje „čelo vln zpětné eroze postupujících proti proudu řeky“ (Balatka, Štěpančíková 2006). Při vzniku této terasy však mohly hrát důležitou roli i jiné okolnosti, např. tektonický

výstup melechovského masivu. Stupeň melechovského masivu je tedy podmíněn jak litologicky (odolná žula), tak i tektonicky (Balatka, Štěpančíková 2006).

**Obr. 19:** Schéma směrů vodních toků povodí Sázavy v miocénu: a) podle Nováka (1932 in Balatka, Sládek 1962), b) podle Malkovského (1979)



Jednotlivá období eroze a akumulace se střídala v závislosti na klimatických poměrech kvartérního období. Vzniku fluvialních akumulací III. terasy předcházelo období silné eroze, ve kterém bylo údolí Sázavy zaříznuto téměř na úroveň dnešního údolí (asi o 5 - 6 m nad jeho úroveň). Poté následovala fáze maximální akumulace, kdy bylo toto údolí vyplněno



fluviálními písky a štěrky, kterými řeka vyrovnávala strmý melechovský práh. Záruba, Rybář (1961) uvádějí, že existence melechovského stupně v údolí Sázavy již před obdobím maximální akumulace je doložena tím, že nad tímto stupněm nebyly nalezeny žádné zbytky materiálu mohutné agradace III. skupiny. Prah melechovského masivu byl podle nich zřejmě pouze posunut zpětnou erozí dále proti proudu řeky.

Doposud není zcela jednoznačně vysvětlen způsob, jakým Sázava opustila své údolí v úseku Chabeřice – Čížov – Holšice. Západní část tohoto bývalého údolí (mezi Čížovem a Holšicemi) byla v období maximální akumulace zanesena fluviálními písky a štěrky a Sázava si prořezala cestu chabeřicko-čížovským hřbetem směrem na jih v místě, kde dnes leží obec Čížov. Tím vzniklo údolí, kterým dnes protéká spodní část Čížovského potoka. Po tomto prvním přemístění toku Sázavy došlo k zanesení starého údolí i v jeho východní části (mezi Čížovem a Chabeřicemi). Sázava byla v této době pravděpodobně načepována jv. od Chabeřic některým z pravostranných přítoků Želivky a její tok byl přemístěn více na jih. Celý úsek Chabeřice – Čížov – Holšice byl tak Sázavou opuštěn. Úsek bývalého údolí mezi Chabeřicemi a Čížovem by tedy byl podle tohoto názoru mladší než úsek Čížov – Holšice.

V průběhu terénního mapování byly nalezeny důkazy fluviální činnosti i ve sníženině mezi chabeřicko-čížovským hřbetem a pararulovým sukem, jež byl dříve zřejmě jeho pokračováním. V tomto sedle, ve výšce 367 m n. m., se vyskytují rozptýlené valouny o velikosti do 10 cm, s mírnými známkami eolického ohlazení. Materiál tohoto povrchu je vzhledem ke své poloze nepochybně starší než materiál chabeřické akumulace IIIa a svou absolutní i relativní výškou by mohl teoreticky odpovídat stáří střechovské terasy Ia.

## 5. Závěr

Tématem této magisterské práce byla geomorfologická analýza reliéfu údolí Sázavy v širším okolí jejího soutoku s Želivkou. Zvýšená pozornost byla věnována především akumulacím opuštěných pleistocenních údolí Sázavy.

Vznik fluviálních akumulací středního toku Sázavy byl podmíněn přítomností stupně melechovského masivu nad Ledčí nad Sázavou, který zabránil postupu zpětné eroze dále proti proudu řeky. Stupeň melechovského masivu je zřejmě podmíněn jak litologicky, tzn. přítomností odolné žuly, tak i tektonicky (Balatka, Štěpančíková 2006). Akumulace, kterými Sázava vyrovnala tento stupeň v období maximální agradace, dosahují na několika lokalitách zájmového území pozoruhodných mocností (místy až 25 m). Jimi vyplněné údolní úseky se nacházejí: západně od Budy, u osady Domahoř jižně od Zruče nad Sázavou a konečně v nejdelším úseku mezi Chabeřicemi, Čížovem a Holšicemi. Zbytky terasových akumulací se dále nacházejí ještě na několika místech dnešního údolí Sázavy, kde se zachovaly zpravidla v jesebních svazích údolních zákrutů a meandrů. Jedná se o reliktové akumulace chabeřické terasy IIIa, budské terasy IIIb a nižších úrovní. Na zájmovém území se vyskytuje také zbytek akumulace nejstarší sázavské terasy, a to střechovské terasy Ia, který zaujímá část území u jeho západní hranice.

Zajímavým jevem zjištěným během výzkumu v terénu byl výskyt fluviálních sedimentů ve sníženině mezi chabeřicko-čížovským hřbetem a pararulovým sukem východně od Čížova. V tomto sedle, nacházejícím se ve výšce 367 m n. m., byly nalezeny téměř dokonale opracované valouny, některé z nich eolicky ohlazené. Tyto sedimenty jsou bezpochyby starší než materiál chabeřické a budské terasy. Svou absolutní i relativní výškou by mohly odpovídat úrovni střechovské terasy Ia. Vzhledem k malé rozloze lokality a sporadickému výskytu fluviálních štěrků je však velmi problematické tuto souvislost jednoznačně potvrdit.

Morfostrukturní analýzou, tedy puklinovou analýzou a analýzou údolní soustavy, byla zjištěna určitá závislost údolních směrů na puklinovém systému území, a to nejen mezi jednotlivými místy měření puklin a přilehlými údolními úseky, ale i na celém zájmovém území. Celkově zde převažuje směr JV – SZ jak u puklin, tak i v údolní soustavě. Přesné závěry o závislosti směrů údolí na systému puklin se však nedají vzhledem k malému počtu lokalit měření puklin s přesnou jistotou formulovat. Bylo by vhodné provést měření ještě

na dalších nárazových svazích, kde jsou ale skalní výchozy hluboko pod terénní hranou a jsou velmi těžko přístupné.

Údolí Sázavy má ve sledovaném úseku převážně úvalovitý tvar starobného charakteru s převažujícími svahy o sklonu do 10°. Svahy o sklonu 10 – 20° se nacházejí především v údolí sázavských přítoků a sklon nad 20° pak mají prakticky pouze nárazové svahy zákrutů a meandrů. Po akumulaci III. terasy a následném přemístění sázavského toku byla intenzita eroze v novém údolí mnohem menší než intenzita eroze ve starém údolí těsně před vznikem této akumulace. Tomu nasvědčuje výška báze těchto uloženin, která dosahuje pouze několika metrů nad dnem dnešního údolí řeky.

Během zpracování této práce nebyly na zájmovém území nalezeny tvary prokazatelně endogenního původu. Všechny tvary reliéfu jsou tedy podmíněny působením exogenních sil. Nejstaršími tvary reliéfu tohoto území jsou zbytky snížených, destruktivně zarovnaných povrchů paleogenního stáří (typu etchplén) a plošiny s výskytem neogenních fluviálních štěrků onšovecké úrovně. Relikty zarovnaných povrchů se nacházejí při hranici území, lokality neogenních materiálů pak pouze u jv. okraje, ve sníženině sázavsko-želivského rozvodí. Směrem k toku tyto povrchy přecházejí do denudačních svahů údolí Sázavy a jejích přítoků. Mezi nejmladší tvary reliéfu zájmového území patří holocenní údolní nivy a náplavové kužele. Naprosto nejmladší jsou potom tvary antropogenního původu. Činností člověka (odlesněním, orbou, těžkou mechnizací, apod.) je však nepřímo podmíněn i vznik a vývoj ostatních tvarů, např. erozních zářezů a strží. V reliéfu studovaného území nejsou, až na některé výjimky (např. strž v pravém svahu Sázavy nad Březinou), patrné prakticky žádné známky současné eroze. Všechny erozní rýhy jsou zpravidla stabilizované vzrostlou vegetací a dále se téměř nevyvíjejí.

Během zpracování této práce byly mj. používány geografické informační systémy, které značně usnadnily geomorfologickou analýzu území. Všechny mapové přílohy, jež jsou součástí této magisterské práce, byly vytvořeny v prostředí ArcGIS 9.2.

## 6. Seznam použité literatury

- *Balatka, B. (2008): Mladokenozoický vývoj údolí Sázavy a její terasový systém, nepublikováno, PřF UK, Praha, 79 s.*
- *Balatka, B., Kalvoda, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech, Kartografie Praha, Praha, 79 s.*
- *Balatka, B., Příbyl, V. (1996): Podrobná analýza morfostrukturní stability lokality Dolní Cerekev – Nový Dvůr, závěrečná výzkumná zpráva, PřF UK, Praha, 57 s.*
- *Balatka, B., Roth, Z., Sládek, J., Zeman, A. (1983): Český masív: diskuse o jeho vymezení a tektonickém členění, Věstník ÚÚG, Praha, 58, 6, s. 369-375.*
- *Balatka, B., Sládek, J. (1962): Říční terasy v českých zemích, Geofond v Nakl. ČSAV, Praha, 580 s.*
- *Balatka, B., Štěpančíková, P. (2006): Terrace system of the middle and lower Sázava River, Geomorphologia Slovaca, 6, 1, Bratislava, s. 69 – 81.*
- *Beneš, E. et al. (1963): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000, M-33-XXII Jihlava, Geofond v Nakl. ČSAV, Praha, 200 s.*
- *Bezvodová, B., Demek, J., Zeman, A. (1985): Metody kvartérně geologického a geomorfologického výzkumu, SPN, Praha, 207 s.*
- *Buday, T. et al. (1961): Tektonický vývoj Československa, ÚÚG, Praha, 156 s.*
- *Daneš, J. V. (1913): Morfologický vývoj středních Čech, Sborník ČSZ, Praha, 19, 1 (s. 1 – 18), 2 (s. 94 – 108), 3 (s. 168 – 176).*
- *Demek, J. (2004): Etchplain, Rock Pediments and Morphostructural Analysis of Bohemian Masiff (Czech Republic), In: Drbohlav, D., Kalvoda, J., Voženílek, V. (2004): Czech Geography at the Dawn of the Millenium, Czech Geographic Society, Palacky University in Olomouc, Olomouc, s. 69-81.*
- *Demek, J. (1987): Obecná geomorfologie, Academia, Praha, 476 s.*
- *Demek, J. et al. (1965): Geomorfologie českých zemí, Nakl. ČSAV, Praha, 336 s.*
- *Demek, J. et al. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny, 1.vyd., Academia, Praha, 584 s.*
- *Demek, J., Mackovčín, P. et al. (2006): Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny, 2.vyd., AOPK ČR, Brno, 582 s.*
- *Geologická mapa ČR, Mapa předčtvrtohorních útvarů 1:200 000, list Jihlava, ČGÚ, Praha 1996.*

- *Horník, S. et al. (1986): Fyzická geografie II., SNP, Praha, 320 s.*
- *Hrubeš, M. (1992): Zpráva o kvartérních sedimentech na listu geologické mapy 1:50 000 Ledeč nad Sázavou, Zprávy o geologických výzkumech v roce 1992, Praha, s. 40 – 41.*
- *Hrubeš, M. (1992): Zpráva o kvartérních sedimentech na listu geologické mapy 1:50 000 Zruč nad Sázavou, Zprávy o geologických výzkumech v roce 1992, Praha, s. 41 – 42.*
- *Hydrologické poměry ČSR, I. díl - text, HMÚ, Praha 1965, 414 s.*
- *Hydrologické poměry ČSR, II. díl, HMÚ, Praha 1967, 557 s., 4 mapy.*
- *Hydrologické poměry ČSR, III. díl, HMÚ, Praha 1970, 305 s., 9 map.*
- *Chlupáč, I. et al. (2002): Geologická minulost České republiky, Academia, Praha, 436 s.*
- *Kalvoda, J., Kostecký, J., jr., Kostecký, J. (2004): A Pilot Morphotectonic Interpretation of Position Changes of the Permanent GPS Stations in Central Europe, In: Drbohlav, D., Kalvoda, J., Voženílek, V. (2004): Czech Geography at the Dawn of the Millenium, Czech Geographic Society, Palacky University in Olomouc, Olomouc, s. 113-123.*
- *Král, V. (1985): Zarovnané povrchy České vysočiny, Academia, Nakl. ČSAV, Praha, 76 s.*
- *Kopecký, A. (1989): Mapa mladších tektonických struktur Českého masívu 1:500 000, ÚÚG, Praha.*
- *Kůta, L. (1956): Průzkum štěrkopísků v ČSR – 1956 Chabeřice, rukopisný podklad, nerudný průzkum, NP v Brně, Brno, 36 s.*
- *Kwasnická, Z. (1995): Význam pleistocenních fluviálních akumulací pro vývoj údolí střední Sázavy, bakalářská práce, PřF UK, Praha, 37 s.*
- *Ložek, V., Žák, K., Cílek, V. (2004): Z minulosti českých řek, Vesmír, 83, Praha, s. 447 – 454.*
- *Mahel', M., Kodym, O., Malkovský, M. (1984): Tektonická mapa ČSSR 1:500 000, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.*
- *Malkovský, M. (1975): Paleogeography of the Miocene of the Bohemian Massif, Věstník ÚÚG, 50, 1, Praha, s. 27 – 31.*

- Malkovský, M. (1976): *Saxonische Tektonik der Böhmischen Masse*, *Geologische Rundschau*, 65, Stuttgart, s. 127 – 143.
- Malkovský, M. (1979): *Tektogeneze platformního pokryvu Českého masívu*, ÚÚG, Praha, 176 s.
- *Mapový server CENIA (2006), ortofotomapa a mapa II. vojenského mapování (online)*, CENIA, Praha, dostupné na <http://www.cenia.cz>
- Mísař, Z. et al. (1983): *Geologie ČSSR I.*, SPN, Praha, 336 s.
- Moschelesová, J. (1930): *Vlnité prohýby o velké amplitudě v jižních Čechách*, *Sborník ČSZ, Praha*, 36, s. 155 – 158.
- Müller, V. et al. (2002): *Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000, list 13-33 Benešov*, ČGS, Praha, 40 s.
- Netopil, R. et al. (1984): *Fyzická geografie I.*, SPN, Praha, 273 s.
- Novák, V. J. (1942): *Tvářnost Českomoravské vysočiny*, *Rozpravy II. třídy České akademie*, Praha, 52, 20, 101 s.
- Novák, V. J. (1932): *Vývoj úvodí a údolí řeky Sázavy*, *Věstník KČSN*, 11, Praha, 47 s.
- Pilecká, M. (1999): *Geomorfologická charakteristika okolí Vltavy severně od Prahy*, *magisterská práce, PřF UK, Praha*, 78 s.
- *Podélný profil řeky Sázavy od Havlíčkova Brodu po Český Šternberk (říční km 166,955 – km 75,04)*, *Vodohospodářské rozvojové středisko ministerstva stavebního průmyslu v Praze, Praha 1953*.
- Quitt, E. (1971): *Klimatické oblasti Československa*, *Studia Geographica* 16, *Geografický ústav ČSAV, Brno*, 74 s.
- Roth, Z. (1984): *Uplatnění tektonických směrů v soustavě toků české kotliny*, *Věstník ÚÚG, Praha*, 59, 1, s. 53-61.
- Rybář, J. (1958): *Závěrečná zpráva o geologickém průzkumu ložiska písků ve Zruči nad Sázavou*, ÚSG, Praha, 36 s.
- Rybář, J. (1958): *Zpráva o průzkumu základových poměrů pro stavbu továrny na výrobu železobetonových sloupů ve Zruči nad Sázavou*, ÚSG, Praha, 26 s.
- Rybařík, V. (1968): *Závěrečná zpráva Mirošovice – Soutice – Měřín – 512 325 101*, *Geindustria, NP v Praze, Jihlava*, 77 s.
- Small, R. J. (1970): *The Study of Landforms*, *Cambridge University, Cambridge*, 486 s.

- Stehlik, O. (1975): *Potenciální eroze půdy proudící vodou na území ČSR*, *Studia Geographica* 42, Geografický ústav ČSAV, Brno, 147 s.
- Svoboda, J. et al. (1964): *Regionální geologie ČSSR, díl I., Český masív, svazek 1, Krystalinikum, ÚÚG, Praha, 380 s.*
- Svoboda, J. et al. (1964): *Regionální geologie ČSSR, díl I., Český masív, svazek 2, Algonkium – kvartér, ÚÚG, Praha, 544 s.*
- Šalanský, K. et al. (1989): *Geofyzikální podklady pro metalogenetický výzkum Českého masívu*, *Geofyzika Brno, Brno, 104 s.*
- Štěpančíková, P. (2001): *Vliv disjunktivní tektoniky na vývoj údolí Janovického potoka a přilehlého úseku Sázavy*, *magisterská práce, PřF UK, Praha, 101 s.*
- Štěpánek, P. et al. (1993): *Geologická mapa ČR 1:50 000, list 13-34 Zruč nad Sázavou*, ČGÚ, Praha, dostupné na <http://www.cgu.cz>
- Tomášek, M.: (2003): *Půdy České republiky*, ČGS, Praha, 68 s.
- Tyráček, J. (2001): *Upper Cenozoic fluvial history in the Bohemian Massif*, *Quaternary International*, 79, s. 37 – 53.
- Tyráček, J., Westaway, R., Bridgland, D. (2004): *River terraces of the Vltava and Labe (Elbe) system, Czech republic, and their implications for the uplift history of the Bohemian Massif*, *Proceeding of the Geologists' Association*, 115, s. 101 – 124.
- *Vojenská topografická mapa ČR 1:25 000, mapové listy: M-33-79-C-a-Kácov, M-33-79-C-c-Zruč nad Sázavou, M-33-79-C-d-Vlastějovice*, GŠČSA, Praha 1985.
- Vlček, V. et al. (1984): *Zeměpisný lexikon ČSR - Vodní toky a nádrže*, Academia, Praha, 316 s.
- *ZABAGED, polohopis a výškopis, mapové listy: 13-34-16, 13-34-17, 13-34-18, 13-34-21, 13-34-22, 13-34-23*, ČÚZK, Praha 2001, 2004.
- *Základní hydrologické charakteristiky pro období 1977 - 2006*, ČHMÚ, Praha 2007, nepublikováno.
- *Základní mapa ČR 1:10 000, mapové listy: 13-34-16, 13-34-17, 13-34-18, 13-34-21, 13-34-22, 13-34-23*, ČÚZK, Praha 1990.
- Záruba, Q., Rybář, J. (1961): *Doklady pleistocenní agradace údolí Sázavy*, *Sborník ČSZ*, 66, ČGÚ, Praha, s. 23 – 30.
- Žebera, K. (1953): *Čtvrtohorní zvětralinové pláště a pokryvné útvary ČSR (jejich vznik, skladba, stáří)*, SPN, Praha, 106 s.

## **Přílohy**

(viz. soubory Přílohy 1.pdf,  
Přílohy 2.pdf)