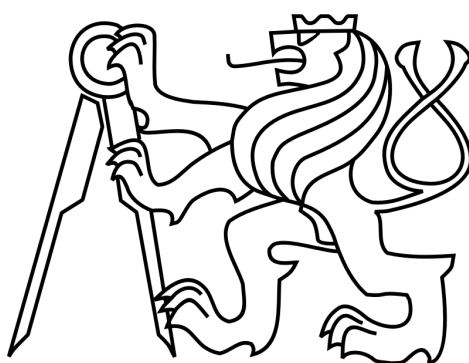


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studie zahrazení strže Schüttinggraben a
Holzschlaggraben

Bc. Sabina Melhubová

Vedoucí práce: Ing. Adam Vokurka, Ph.D.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Melhubová, Bc. Jméno: Sabina Osobní číslo: 380198
Zadávací katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Inženýrství životního prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Studie zahrazení strže Schüttinggraben a Holzschlaggraben
Název diplomové práce anglicky: Torrent control in the gully Schüttinggraben a Holzschlaggraben
Pokyny pro vypracování:
Na základě průzkumu lokality, stavu strže a původních zahrazovacích úprav na strži navrhnete způsob a postup opravy. Lokalitu řešte jako ucelený systém dvou vedle sebe vzniklých strží. Zohledněte a popište i hlavní recipient a důvody provedených zahrazovacích úprav
Své řešení uzpůsobte principům zahrazovacích úprav používaných v lokalitě, návrh doplňte případně o další možnosti použití objektů, stavebních konstrukcí a materiálů v místě použitelných. Svě řešení zdůvodněte.
Práci řešte jako studii zaměřenou na komplex strží, čleňte ji do částí textové - rozbor území, popis terénu a erozních činností, popis historických úprav, definice zahrazovací úpravy ... Textovou část doplňte zjednodušenými výkresy a výpočty, aby bylo ve studii prokázáno navržené řešení. Práci doplňte i o mapové podklady a fotografie z místa.
Seznam doporučené literatury:
Vyhláška 62/2013 Sb - 499/2006 Sb.
ČSN 75 2106 Hrazení bystřin
ČSN 75 0146 Lesotechnické meliorace - Terminologie
ČSN 83 9041 Technologie vegetačních úprav v krajině - Technicko-biologické způsoby stabilizace terénu - Stabilizace výsevy, výsadbami, konstrukcemi ze živých a neživých materiálů a stavebních prvků, kombinované konstrukce
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Adam Vokurka, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce: 24.2.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2016

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

24.2.2016

Datum převzetí zadání

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma „*Studie zahrazení strže Schüttinggraben a Holzschlaggraben*“ vypracovala samostatně s použitím citované literatury, citovaných informačních zdrojů a uvedených odborných konzultací.

20. 5. 2016

Bc. Sabina Melhubová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Doc. Dr. Ing Tomáši Dostálovi za jeho pomoc a podporu, díky které bylo možné vycestovat do rakouských Alp a zabývat se takto zajímavým tématem.

Poděkování patří také vedoucímu katedry Mountain Risk Engineering, Univ. Prof. Dipl.–Ing. Dr.nat.techn. Johannesi Hübloví a celé katedře Mountain Risk Engineering na univerzitě Natural Resources and Life Sciences Vienna za cenné rady, pomoc a možnost studia nejen problematiky hrazení bystřin v rakouských Alpách.

Především děkuji Ing. Adamovi Vokurkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, pomoc a čas, ve kterém se nadšeně věnoval diplomové práci.

Dále mé poděkování patří všem, kteří mi poskytli rady, zkušenosti a podporu při vypracování diplomové práce.

Abstrakt

Diplomová práce na téma *Studie zahrazení strže Schüttinggraben a Holzschlaggraben* řeší návrh stabilizace aktivních strží na povodí Gimbach. Diplomová práce se nejprve věnuje popisu povodí Gimbach z hlediska přírodovědeckého a technického. V rámci technického popisu povodí Gimbach jsou popsány stávající příčné objekty na toku Gimbach, zhodnocen jejich stav a uveden jejich koncepční návrh. Dále se diplomová práce věnuje podrobnému popisu aktivních strží Holzschlaggraben a Schüttinggraben a podrobnému technickému popisu stávajících objektů umístěných na dotčených stržích. V praktické části diplomové práce je uvedeno navržené opatření na strži Holzschlaggraben a Schüttinggraben, které spočívá v návrhu dřevěných srubových stupňů, kamenných závěrových přehrážek a v rekonstrukci stávajících kamenných přehrážek. Na závěr diplomové práce je návrh opatření na dotčených stržích posouzen výpočty stability a hydrotechnickými výpočty s ohledem na přesnost dostupných podkladů. Součástí diplomové práce jsou zjednodušené výkresy navržených objektů, včetně stanovení jejich orientačních cen.

Klíčová slova: hrazení bystřin v Alpách, stabilizace strže, návrh příčných objektů, rekonstrukce příčných objektů.

Abstract

The diploma thesis on the topic of *Torrent control in the gully Schüttinggraben and Holzschlaggraben* resolves the suggestion of active gullies stabilization in Gimbach catchment. Firstly, the thesis deals with the Gimbach catchment description from scientific and technical point of view. The existing transverse Gimbach River structures are described within the Gimbach catchment technical characterization, their condition is assessed as well as conceptual model presented. Secondly, besides the detailed description of Holzschlaggraben and Schüttinggraben active gullies, the diploma thesis concerns with a detailed technical description of existing structures located in particular gullies. The suggested proceeding of Holzschlaggraben and Schüttinggraben gullies consisting in the proposal of wood check dams, stone check dams and the renovation of existing stone check dams is presented in the practical section of the diploma thesis. Finally, the proposal proceeding of particular gullies is assessed by stability and hydro-technical calculations with regard to the accuracy of available sources. The diploma thesis incorporates simplified drawings of suggested structures including their approximate quotation.

Key words: torrent control in the Alps, gully stabilization, transverse structures suggestion, transverse structures renovation

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Popis zájmového území	11
2.1 Povodí Frauenweissenbach.....	11
2.2 Řešené dílčí povodí Gimbach.....	13
2.2.1 Morfologie.....	16
2.2.2 Geologie	16
2.2.3 Meteorologie	17
2.2.4 Historické události na povodí Gimbach.....	18
3. Popis objektů na povodí Gimbach.....	20
4. Strž Holzschlaggraben	28
4.1 Popis objektů na strži Holzschlaggraben	32
4.2 Konceptní návrh objektů na strži Holzschlaggraben	36
5. Strž Schüttinggraben.....	37
5.1 Popis objektů na strži Schüttinggraben.....	41
5.2 Konceptní návrh objektů na strži Schüttinggraben.....	43
6. Příčné objekty zahrazovacích úprav	44
6.1 Dělení příčných objektů v České republice	44
6.1.1 Pasy.....	44
6.1.2 Prahy	45
6.1.3 Stupně	45
6.1.4 Skluzy	46
6.1.5 Přehrážky	47
6.1.6 Hrázky a kamenné rovnaniny	48

6.2 Dělení příčných objektů v Rakousku.....	49
6.2.1 Pasy.....	49
6.2.2 Stupně	50
6.2.3 Přehrážky	50
6.2.4 Skluzy	51
6.3 Příčné objekty použité v návrhu	52
7. Náležitosti návrhu.....	53
7.1 Přístup na dotčené území	54
7.2 Objekty pro zahrazení strží	54
7.3 Dimenzování objektů	56
8. Návrh	57
8.1 Návrh dřevěných srubových stupňů.....	57
8.2 Návrh opatření na strži Holzschlaggraben	60
8.2.1 Návrh závěrové kamenné přehrážky H1.....	60
8.2.2 Návrh rekonstrukce kamenné přehrážky H2.....	62
8.2.3 Návrh rekonstrukce kamenné přehrážky H3.....	63
8.3 Návrh opatření na strži Schüttinggraben.....	65
8.3.1 Návrh závěrové kamenné přehrážky S1.....	65
9. Statické posouzení.....	68
9.1 Stabilita proti převržení	68
9.2 Stabilita proti posunutí	70
10. Průtočná kapacita přelivu	73
11. Výpočet doskoku vodního paprsku	75
12. Závěr	77

Literatura	78
Seznamy	79
Seznam obrázků	79
Seznam tabulek	81
Seznam výkresů	82
Fotodokumentace	83

1. Úvod

Studie zahrazení strží Schüttinggraben a Holzschlaggraben je součástí komplexní studie povodí Gimbach, která má za cíl snížit transport splavenin na povodí Gimbach a ochránit tak výrobu soli Salinen Austria, malou vodní elektrárnu Ebensee a železniční trať mezi městy Ebensee a Bad Ischl.

Cílem diplomové práce je návrh opatření, které povede ke zmírnění dnové a břehové eroze a ke stabilizaci strží Schüttinggraben a Holzschlaggraben. Opatření na aktivních stržích je provedeno pomocí návrhu nových závěrových přehrážek a nových dřevěných srubových stupňů. Na strži Holzschlaggraben je navržena rekonstrukce stávajících kamenných přehrážek H2 a H3.

Na základě terénního průzkumu je v diplomové práci popsáno území řešených strží a území hlavního toku Gimbach. Stávající objekty na aktivních stržích Schüttinggraben a Holzschlaggraben jsou zaměřené pomocí ručního přijímače GPS. Součástí diplomové práce je také posouzení objektů nacházejících se na hlavním toku Gimbach, včetně uvedení jejich předběžného návrhu rekonstrukce.

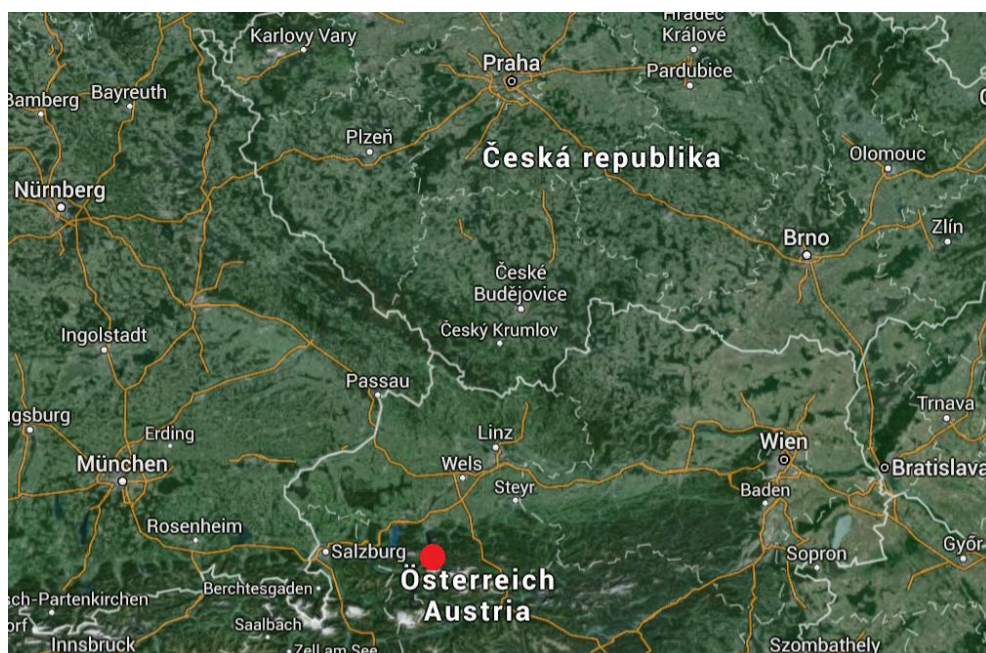
Na řešených stržích je na základě terénního průzkumu a podkladů poskytnutých katedrou Mountain Risk Engineering na univerzitě Natural Resources and Life Sciences Vienna proveden návrh zahrazení pomocí nových dřevěných srubových stupňů, nových závěrových kamenných přehrážek a pomocí rekonstruovaných stávajících kamenných přehrážek.

Návrh nových závěrových kamenných přehrážek je doplněn o posouzení stability proti posunutí a o posouzení stability proti převržení. Přelivná sekce závěrových kamenných přehrážek je posouzena pomocí výpočtu kapacity přelivu. Pro nové závěrové kamenné přehrážky je vypočten doskok vodního paprsku. Výpočty v diplomové práci jsou zpracovány s ohledem na přesnost dostupných podkladů.

Technický popis návrhu zahrazovacích úprav na stržích Schüttinggraben a Holzschlaggraben je doplněn o zjednodušené výkresy a o orientační ceny navržených objektů.

2. Popis zájmového území

Zájmové území řešené v diplomové práci se nachází v jižní části Horního Rakouska, v severovýchodních Alpách, v horské skupině Totes Gebirge (Mrtvé hory). Řešené aktivní strže Schüttinggraben a Holzschlaggraben jsou součástí povodí Gimbach, které leží přibližně 70 km východně od města Salzburg. Poloha zájmového území je vyznačená na obrázku 1. Povodí Gimbach je jedním z devíti dílčích povodí Frauenweissenbachu.



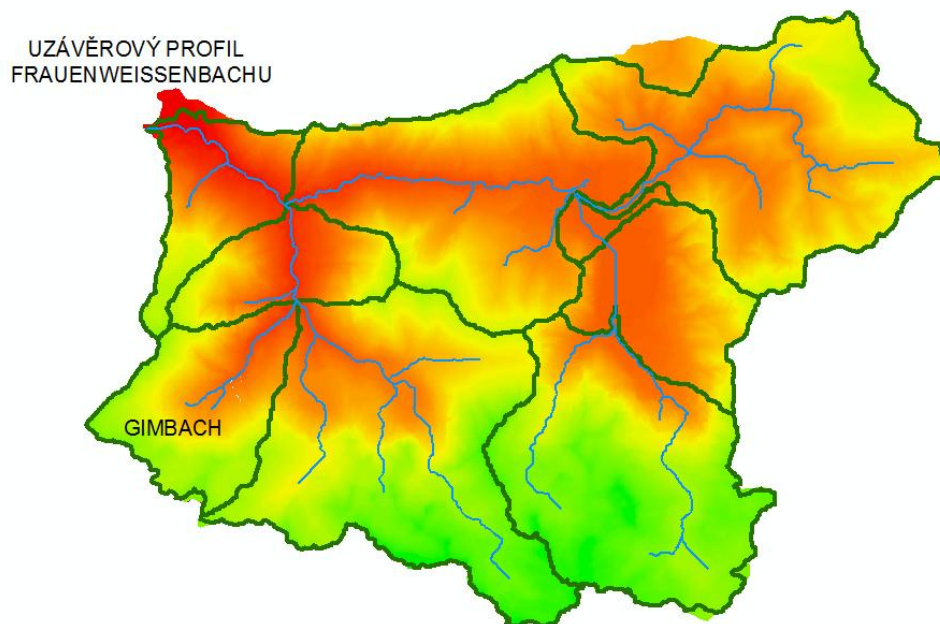
Obrázek 1: Poloha zájmového území vyznačená červeným bodem

2.1 Povodí Frauenweissenbach

Rozloha povodí Frauenweissenbach je 84,7 km². Pramenné části povodí se nachází pod vrcholy horských masivů Eibenberg (1598 m n. m.), Steinberg (1457 m n. m.), Gschirreck (1410 m n. m.), Weisshorn (1755 m n. m.), Grünberg (1874 m n. m.), Schönberg (2090 m n. m.) a Petergupf (1646 m n. m.), jejichž spojnice tvoří rozvodnici povodí Frauenweissenbach. Ústí toku Frauenweissenbach do toku Traun se nachází 3 km jihozápadně od města Ebensee v nadmořské výšce 434 m n. m.

Tok Frauenweissenbach je přibližně 3 km od ústí do řeky Traun rozdělen na pravobřežní Offenseebach a levobřežní Schwarzenbach. Pravobřežním přítokem bystřiny Offenseebach je na jejím ř. km 5,50 tok Grieseneckbach. Na ř. km 6,80 bystřiny Offenseebach se nachází jezero Offense, které leží s rozlohu přibližně 0,60 km² a objemem 10,50 mil. m³ v nadmořské výšce 649 m n. m. Bystřina Schwarzenbach má mezi ř. km 2,00 až 3,00 dva významné levobřežní přítoky, kterými jsou Zwerchbach a Gimbach. Na povodí Frauenweissenbach se mimo výše uvedené toky tvořící dílčí povodí nachází velké množství strží.

Tok Frauenweissenbach je silným pravobřežním přítokem řeky Traun. Působením vysoké vodní energie vytvořil přítok Frauenweissenbachu na řece Traun výrazný západní meandr, který je rozpoznatelný i z leteckých snímků. Frauenweissenbach zásobuje řeku Traun velkým množstvím splavenin, což lze pozorovat na dejekční části toku, kde se splaveniny akumulují a ukládají ve formě nánosového šterkového kuželu. (Riedl & Zachar, 1973) Nejvýznamnějším splaveninonosným tokem povodí Frauenweissenbach je tok Gimbach.



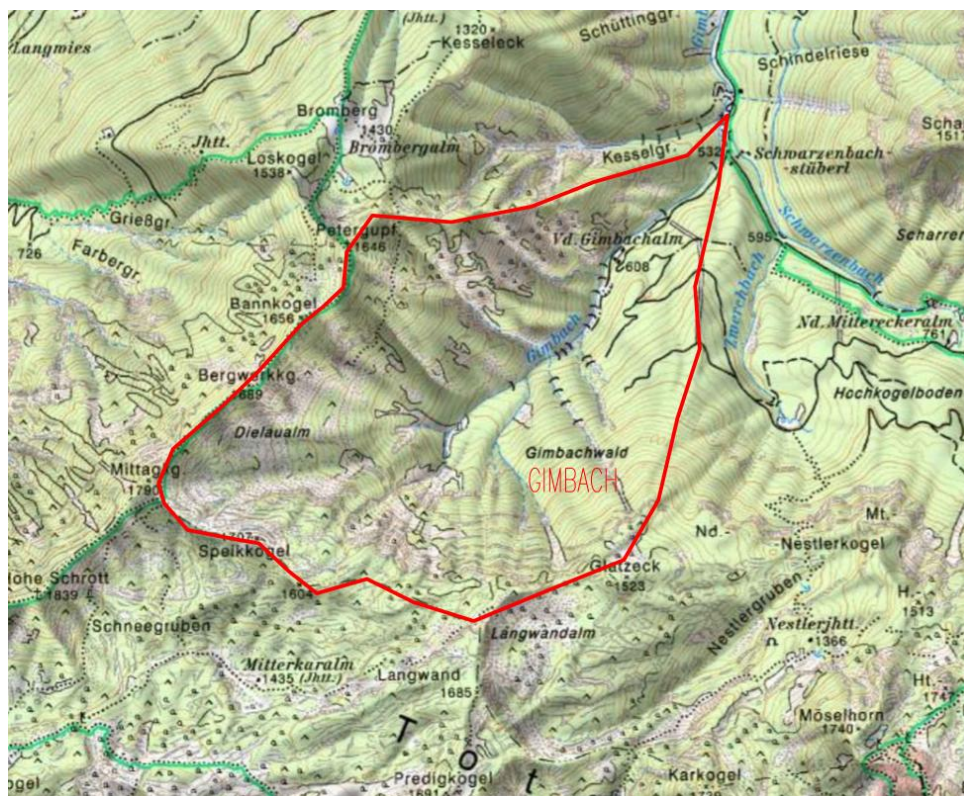
Obrázek 2: Povodí Frauenweissenbach rozdělené na devět dílčích povodí

2.2 Řešené dílčí povodí Gimbach

Řešené dílčí povodí Gimbach se nachází na jihozápadě povodí Frauenweissenbach mezi městem Bad Ischl a Ebensee. Pro svojí dominantní tvorbu splavenin je s rozlohou 6,07 km² nejvýznamnějším dílčím povodím Frauenweissenbachu. Na území povodí Gimbach se v minulosti vyskytoval ledovec Offenseegletscher. Pozůstatkem po ledovci Offenseegletscher jsou mohutné morény, díky nimž se na celém povodí Gimbach vyskytují extrémní sesuvy zvětralin, břehová a dnová eroze.

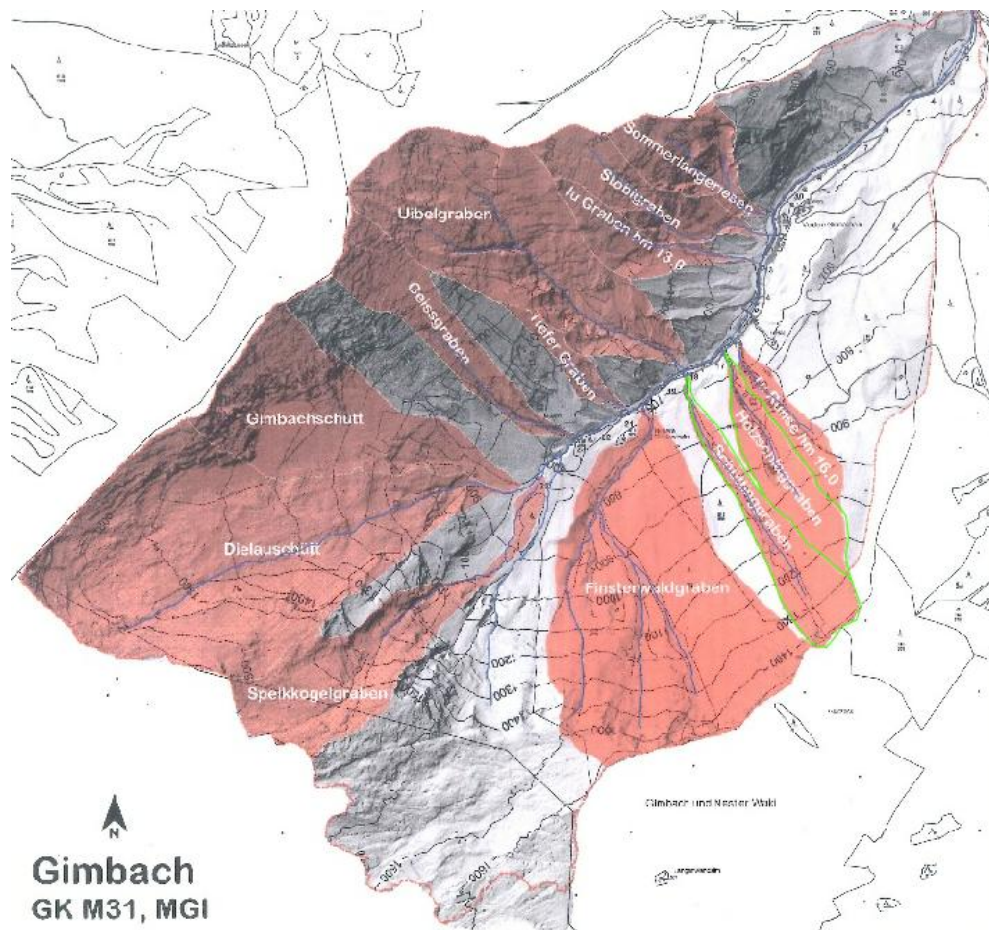
Hlavní tok Gimbach má délku 2,60 km a vzniká soutokem strží Gimbachschütt, Dielauschütt a Speikkogelgraben v nadmořské výšce 779 m n. m. Gimbach ústí do toku Schwarzenbach v severovýchodní části povodí v nadmořské výšce 532 m n. m. Podélný sklon Gimbachu je přibližně 9,5 %. Příčný profil toku je převážně lichoběžníkový. Pod soutokem strží Gimbachschütt, Dielauschütt a Speikkogelgraben je příčný profil miskovitý. Na toku Gimbach se nacházejí příčné objekty, které mají za úkol zmenšit podélný sklon toku, zajistit stabilitu toku a zmenšit transport splavenin. Popis a stav příčných objektů na toku Gimbach je uvedený v kapitole 3.

Podle dostupných informací se stoletý průtok v dolní části toku Gimbach pohybuje okolo 50 m³/s. (Universität für Bodenkultur Wien, 2015)



Obrázek 3: Povodí Gimbach vyznačené červenou linií

Pramenné části strží, které tvoří hlavní tok Gimbach se nachází na skalních masivech obklopující údolí povodí Gimbach v nadmořské výšce od 1523 m n. m. do 1790 m n. m. Do hlavního toku Gimbach ústí celkem 13 strží, na kterých se nachází desítky dřevěných stabilizačních objektů a kamenných přehrážek, které byly postaveny během 20. století. Některé objekty jsou funkční dodnes, jiné jsou poškozené. Mezi ř. km 1,10 až 1,30 ústí do toku Gimbach na levém břehu strž pojmenovaná Sommerlangeriese, strž Stöbelgraben a strž lu Graben. Na ř. km 1,59 se nachází strž Runse, která je pravobřežním přítokem toku Gimbach. Dalším pravobřežním přítokem toku Gimbach je strž Holzschlaggraben na ř. km 1,66 a strž Schüttinggraben na ř. km 1,82. Naproti ústí strže Schüttinggraben se nachází ústí levobřežní strže Uibelgraben. Na ř. km 2,01 se nachází ústí pravobřežní strže Finsterwaldgraben. Tato strž je označována za nejvíce splaveninonosnou strž povodí Gimbach. Na ř. km 2,05 se nachází levobřežní strž pojmenovaná Tiefer Graben. Dále se na levém břehu hlavního toku Gimbach na ř. km 2,28 nachází strž Geissgraben a na ř. km 2,60 strž Gimbachschütt, strž Dielauschütt a strž Speikkogelgraben. Soutokem těchto tří strží na ř. km 2,60 vzniká hlavní tok Gimbach.



Obrázek 4: Strže na povodí Gimbach (Universität für Bodenkultur Wien, 2015)

Pro povodí Gimbach bylo zpracováno několik studií zabývajících se splaveninovým režimem jednotlivých strží nebo stanovením srážkoodtokových poměrů na území. Cílem studií je komplexní návrh zajišťující stabilitu povodí a snížení potenciálu tvorby splavenin tak, aby nebyla při povodňových událostech ohrožena výrobní soli Salinen Austria nacházející se u ústí Frauenweissenbach do Traun, malá vodní elektrárna Ebensee na toku Schwarzenbach a železniční trať mezi městy Ebensee a Bad Ischl. Prováděné studie zastřešuje katedra Mountain Risk Engineering na univerzitě Natural Resources and Life Sciences Vienna a spolu se společností Die Wildbach und Lawinenverbauung se podle výsledků studií a výzkumů rozhodnou pro nejvhodnější řešení stabilizace povodí Gimbach. Jednou ze součástí návrhu stabilizace povodí Gimbach je i tato diplomová práce, která se bude dále zabývat návrhem opatření na aktivních stržích Holzschlaggraben a Schüttinggraben, které ještě nebyly doposud v rámci komplexní studie území prozkoumány. Na těchto dvou stržích bude navrženo

opatření stabilizující strž a regulující chod splavenin do hlavního toku Gimbach. Aby studie tvořila celek, je v textu uveden i předběžný návrh opatření na hlavním toku Gimbach.

2.2.1 Morfologie

Povodí Gimbach se nachází v údolí sevřeném horskými masivy. Ústí toku Gimbach je v severovýchodním cípu povodí, odkud se z obou stran směrem na jihozápad zvedají skalní masivy a vytvářejí tak rozvodnici povodí Gimbach ve tvaru elipsy. Hranice povodí Gimbach je tvořena na severu horským masivem Petergupf s nadmořskou výškou 1646 m n. m., na severozápadě horským masivem Bannkogel s nadmořskou výškou 1656 m n. m. a horským masivem Bergwerkkogel s nadmořskou výškou 1689 m n. m. Na západě tvoří hranici povodí Gimbach horský masiv Mittagkogel s nadmořskou výškou 1790 m n. m., na jihozápadě horský masiv Speikkogel s nadmořskou výškou 1707 m n. m., na jihu horský masiv Langwand s nadmořskou výškou 1685 m n. m. a na východě horský masiv Glatzeck s nadmořskou výškou 1523 m n. m.

2.2.2 Geologie

Území povodí Gimbach se nachází v severních vápencových Alpách, kde převažují triasové vápencové formace, zejména dolomity. Ty byly díky působení ledovcové síly přemístěny až 100 m vysoko v ledovcových rýhách. Základní morény bývalého ledovce jsou rozpoznatelné na vápencovo křídových vrstvách. Po přístupu vzduchu jsou tyto spodní vápencovo křídové vrstvy snadno erodovatelné a způsobují nadměrnou erozi a sesuvy zvětralin na území povodí Gimbach. (Universität für Bodenkultur Wien, 2015)

Svrchní zvětralá část tvoří na území přechodovou vrstvu mezi povrchem terénu a morénovým materiálem nebo skalním masivem. Proměnlivá tloušťka svrchní přechodové vrstvy představuje jedinou možnost pro zakořenění vegetace. Půdní profil se vzhledem k rozpadajícímu zvětralému materiálu netvoří a retenční schopnost území je tak velice malá.

Povodí Gimbach se z morfoložického hlediska nachází v údolí nazývaném trog, což je říční údolí rozšířené a prohloubené ledovcovou erozí. Skutečnost, že se na území povodí Gimbach dříve nacházel ledovec Offenseegletscher, dokazuje i přítomnost tzv. karu (ledovcový kotel). Kar je místo, které se nachází v závěru ledovcového údolí, kde ledovec vzniká. Tento kar je utvářen ničivou silou ledovcového tělesa, která zpětnou a hloubkovou erozí narušuje podloží. Pohybující se ledovec vlastní vahou vytrhává celé bloky hornin a postupně obrušuje podloží. Ničivou sílu ledovce ještě zvětšuje účinek bočních a spodních morén, které se zarývají do hornin a způsobují ledovcové rýhy. (Wikipedia, 2015) (Universität für Bodenkultur Wien, 2015) Ledovcové údolí povodí Gimbach je ze tří stran obklopeno strmými vápencovými svahy. Čtvrtou stranou, směrem k soutoku s řekou Traun, byla odváděna ledovcová masa.

Přítomnost ledovce způsobila, že je území povodí Gimbach živé a erozně velmi náchylné. Naakumulovaný morénový materiál a narušené horninové podloží vytvářejí z povodí Gimbach nestabilní území charakterizované rozsáhlými sesuvy zvětralin a nadměrnou dnovou a břehovou erozí.

2.2.3 Meteorologie

Tok Gimbach se nachází na severních svazích východních Alp, což významně ovlivňuje srážkoodtokové poměry na povodí. Na území dominuje oceánské klima, které je charakteristické malými denními rozdíly teploty vzduchu v průběhu celého roku a vysokou oblačností s velkým množstvím srážek. Na území se vyskytují geomorfologické prohlubně, které ovlivňují počasí zimními teplotními inverzemi. (Universität für Bodenkultur Wien, 2003)

Na povodí Gimbach proběhlo v minulosti mnoho povodňových událostí, které způsobily rozsáhlou erozi na území. Historický výskyt extrémních srážek zaznamenaný na blízkých meteorologických stanicích je uvedený v tabulce 1.

Tabulka 1: Záznam z meteorologických stanic

Stanice	Nadmořská výška	Roční srážkový úhrn	Maximální denní úhrn srážek	Datum max. úhrnu srážek
	m n. m.	mm	mm	
Almsee	600	1684	138	26. 5. 1928
Bad Ischl	512	1719	217	12. 9. 1899
Ebensee	425	1739	196	4. 9. 1922
Feuerkogel	1598	2391	190	3. 1. 1932
Offensee	660	1761	153	26. 5. 1928

Jak je vidět v tabulce 1, v roce 1899 byl zaznamenán extrémní srážkový denní úhrn na stanici Bad Ischl, která je vzdálená od povodí Gimbach 7 km. V tomto roce byla na povodí Gimbach také jedna z největších povodní. (Universität für Bodenkultur Wien, 2003)

Výskyt extrémních srážkových událostí, které způsobily rozsáhlé sesuvy půdy a dnovou a břehovou erozi vedl k návrhu opatření, které spočívalo ve výstavbě dřevěných stupňů na stržích povodí Gimbach a kamenných přehrážek na hlavním toku Gimbach.

2.2.4 Historické události na povodí Gimbach

První zmínky o erozní činnosti na povodí Gimbach se objevily už v roce 1825, kde byly na katastrálních mapách zakresleny oblasti s výskytem tzv. Erdlawine (zemní lavina, sesuv půdy). V roce 1887 byla na území Gimbach velká povodeň, která zničila většinu pastýřských budov a výrazně omezila hospodaření se dřevem na území. Jedny z největších a nejzávažnějších povodní 19. století byly v roce 1897 a v roce 1899. Kroniky říkají, že v těchto letech došlo až k stometrovým sesuvům půdy a zvětralin. Tyto sesuvy způsobily mimo jiné velký transport splavenin na hlavním toku Gimbach. Aby se snížil potenciál transportu splavenin na toku Gimbach, byla v roce 1903 postavena na ř. km 1,50 kamenná retenční přehrážka, jejímž hlavním úkolem bylo zachytit transportovaný materiál. V kronice se uvádí, že během jednoho letního období bylo bez významných povodňových událostí touto kamennou přehrážkou zachyceno až 70 000 m³

materiálu. Závažnost situace na celém povodí Frauenweissenbach byla řešena na radách měst Traun a Ebensee, která byla těmito povodňovými událostmi nejvíce zasažena. Dílčí povodí Gimbach bylo a je z ostatních dílčích povodí Frauenweissenbach nejvýznamnějším povodím, které přispívá ke zhoršování podmínek.

Na začátku 20. století byla zahájena výstavba kamenných příčných objektů na hlavním toku Gimbach a dřevěných příčných objektů na bočních stržích toku Gimbach. Tyto konstrukce pomohly k regulaci eroze a stabilizaci povodí, ale nikdy nedošlo k zastavení procesu eroze. Díky neustálému vývoji koryta a díky několika významným povodním došlo k destrukci objektů na hlavním toku Gimbach i na jeho bočních stržích. Mezi nejvýznamnější povodeň se řadí povodeň z roku 2002, která mimo další zhoršení sesuvů půdy zaplavila domy a způsobila škody na železnici, na výrobě soli Salinen Austria a na malé vodní elektrárně Ebensee. V roce 2002 byl na toku Gimbach zaznamenán kulminační průtok $49 \text{ m}^3/\text{s}$. (Universität für Bodenkultur Wien, 2015)

3. Popis objektů na povodí Gimbach

Na hlavním toku Gimbach a na jeho bočních stržích bylo během let 1895 až 1986 postaveno několik desítek příčných objektů, které měly za úkol stabilizovat povodí, zmírnit transport splavenin a sesuv půdy na povodí. Úctyhodné kaskády kamenných a betonových přehrážek na hlavním toku poukazují na vysokou úroveň zručnosti řemeslníků a stavebních inženýrů. Některé objekty jsou stále funkční a budou funkční ještě po mnoho desítek let. Jiné objekty jsou narušeny, a to především ve výše položených místech, kde je transport splavenin největší.

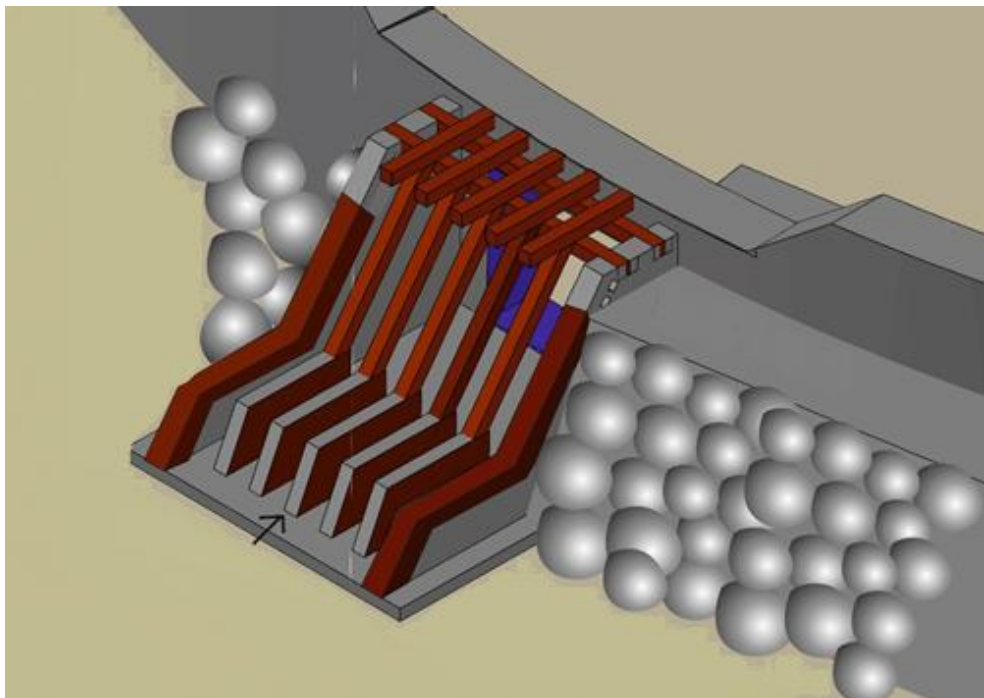
Na hlavním toku Gimbach se nachází celkem 26 příčných objektů. Z toho 4 betonové přehrážky, 4 kamenné přehrážky a 18 kamenných a betonových stupňů.

Na ř. km 0,18 se nachází retenční přehrážka „Sperre I“ (obrázek 5). Tato přehrážka je klenbová betonová a má lichoběžníkovou přelivnou sekci. Pro převod nízkých průtoků má přehrážka dva průcezné otvory.

Přesto, že přehrážka není poškozená, uvažuje se zde o rekonstrukci objektu. Cílem rekonstrukce přehrážky bude zamezení zanášení průcezných otvorů kmeny stromů, které se uvolňují při sesuvech půdy a sněhových lavinách. Zanesené průcezné otvory zrychlují zanášení retenčního objemu přehrážky. Rekonstrukce bude spočívat ve spojení stávajících průcezných otvorů tak, že vznikne jedno odtokové okno. Do místa zátopy se před odtokové okno umístí ocelová mříž. Ocelová mříž zachytí plávi aniž by došlo k omezení průtoku vody zvětšeným odtokovým oknem (obrázek 6). Dále bude rekonstrukce přehrážky spočívat v navýšení koruny přehrážky a zvětšení kapacity přelivu. Touto rekonstrukcí dojde ke zvětšení retenčního objemu přehrážky a ke zvýšení průtoku, který je schopna přehrážka převést, aniž by došlo k přelití koruny přehrážky.



Obrázek 5: Přehrážka Sperre I



Obrázek 6: Schéma rekonstrukce přehrážky Sperre I (Universität für Bodenkultur Wien, 2015)

Dále se na hlavním toku mezi ř. km 0,37 až 0,95 nachází kamenné stupně se spádem od 0,5 m do 1,0 m. Tyto příčné objekty jsou v dobrém stavu a nevyžadují rekonstrukci.

Při povodňové události v roce 2002 zde došlo k poškození pravého břehu, který byl provizorně opraven, a byla na něm obnovena přístupová cesta. Poškození pravého břehu se vyskytuje téměř po celé délce hlavního toku Gimbach. Levý břeh toku je totiž tvořen převážně skalními výchozy, které jsou oproti morénovému materiálu na pravém břehu dostatečně pevné. V rámci rekonstrukce bude pravý břeh zpevněn kamennou rovnáninou z místního sbíraného kamene.



Obrázek 7: Kamenné stupně na ř. km 0,37 až 0,95

Na obrázku 8 je soustava kamenných a betonových stupňů umístěných na ř. km 1,00 až 1,15. Tato soustava stupňů je v dobrém stavu a nevyžaduje rekonstrukci ani opravu. Stejně jako na ř. km 0,37 až 0,95 zde došlo při povodni v roce 2002 k břehové erozi a sesuvům půdy na pravém břehu toku Gimbach. Koryto si vytvořilo novou trasu a obtékalo tuto kaskádu kamenných a betonových stupňů zprava. Samotné objekty ovšem poškozeny nebyly. Při odstraňování škod způsobené touto povodní byla nová trasa koryta zavezena a pravá křídla přehrážek byla zavázána a stabilizována do nového pravého břehu, na kterém

byla také obnovena cesta. Pravý břeh zde bude v rámci rekonstrukce zpevněn kamennou rovinaninou z místního sbíraného kamene.



Obrázek 8: Soustava kamenných a betonových přehrážek

Kaskáda kamenných stupňů a přehrážek (obrázek 9) se nachází na ř. km 1,20 až 1,48. Nejvzdálenější a nejvyšší kamenná přehrážka nacházející se na ř. km 1,48 se nazývá Dümlersperre a byla postavena v roce 1949. Přehrážka Dümlersperre má spádovou výšku 14,80 m, v koruně je široká 2,90 m a v patě je široká 6,30 m. Její přelivná sekce je lichoběžníková s přelivnou hranou dlouhou 2,80 m. Přehrážka má 6 průcezných otvorů o rozměru 1,00 m x 0,60 m.

V rámci rekonstrukce bude navýšena koruna přehrážky Dümlersperre. Tím dojde ke zvětšení retenčního objemu a ke zkapacitnění přelivné sekce přehrážky. Zavazovací křídla přehrážky Dümlersperre jsou vedena ve sklonu 1:20 a jsou zavázána hluboko do pravého a levého břehu. Na pravém břehu vede nad zavazovacím křídlem přehrážky přístupová cesta k objektům, která musí být zachována, aby bylo nadále možné čistit retenční prostor přehrážky odtěžením zachycených splavenin. Navýšení křídel přehrážky bude tedy provedeno vyrovnáním sklonu, ve kterém jsou vedena křídla přehrážky tak, aby niveleta křídla pod přístupovou cestou zůstala stejná.

Ostatní objekty kaskády na ř. km 1,20 až 1,48 jsou v dobrém stavu a nevyžadují rekonstrukci ani opravy.



Obrázek 9: Pohled na kaskádu kamenných stupňů a přehrážek



Obrázek 10: Dümlersperre, ř. km 1,48



Obrázek 11: Pohled do retenčního prostoru Dümlersperre

Retenční prostor přehrážky Sperre I na ř. km 0,18 a přehrážky Dümlersperre na ř. km 1,48 se pravidelně odtěžuje. Přístup k retenčním prostorám je po cestě, která vede na pravém břehu hlavního toku Gimbach.

Další kaskádou přehrážek na hlavním toku Gimbach jsou betonové přehrážky nacházející se na ř. km 1,60 až 1,90 (obrázek 12). Tato kaskáda betonových přehrážek byla postavena v roce 1983 a během povodně v roce 2002 byla značně poškozena. Na ř. km 1,50 až 2,50 došlo na levém břehu k mohutným sesuvům půdy sahajícím do výšky až stovky metrů, které ovlivnily funkčnost objektů této kaskády. Na pravém břehu toku Gimbach došlo v porovnání s níže ležícím úsekem k mnohem větší boční břehové erozi a pravá křídla betonových přehrážek tak zůstala obnažena.



Obrázek 12: Pohled na kaskádu betonových přehrážek



Obrázek 13: Mohutné sesuvy půdy na levém břehu toku Gimbach

V úseku mezi ř. km 1,90 až 2,60 (obrázek 14) se nachází zcela zničené a těžko rozpoznatelné kamenné přehrážky. Jedná se o horní část hlavního toku Gimbach, kde dochází ke zmírnění sklonu, zmenšení energie toku a tím pádem k ukládání největších splavenin uvolněných z vysoko položených strží.



Obrázek 14: Pohled na ř. km 1,90 až 2,50

Na úseku ř. km 1,60 až 2,00 je v rámci komplexní studie povodí Gimbach navržena nová betonová přehrážka, která bude mít stejně jako přehrážka Sperre I na ř. km 0,18 dnový otvor s předsazenou ocelovou mříží umožňující zachycení pláví. Stávající betonové přehrážky budou i přes jejich poškození zachovány, neboť i přes svůj špatný stavebně technický stav dále stabilizují koryto toku a jejich odstranění by vedlo k narušení dna i břehů.

4. Strž Holzschlaggraben

Strž Holzschlaggraben ústí do hlavního toku Gimbach na ř. km 1,66 v nadmořské výšce 646 m n. m. Pramenná část strže Holzschlaggraben se nachází na skalních severozápadních stěnách masivu Glatzeck v nadmořské výšce 1523 m n. m. Nejvyšší část strže Holzschlaggraben, kde se dá uvažovat pohyb strojů či lidí se nachází v nadmořské výšce 868 m n. m. Délka strže Holzschlaggraben je 472 m a průměrný podélný sklon strže je 42 %. Strž Holzschlaggraben je hluboce zaříznuta do terénu a břehy strže jsou až 25 m vysoko nade dnem. Jedná se o horský bystřinný tok, který je charakterizován velkým sklonem, vysokou rychlostí vody, nadměrným chodem splavenin a nadměrnou erozí.

Vzhledem k tomu, že na strži nebyly doposud zjišťovány charakteristiky toku a nebyly zde zaměřeny objekty nacházející se na strži, bylo nutné provést základní terénní průzkumy strže a získat pro návrh potřebná data. Digitální model terénu byl poskytnut katedrou Mountain Risk Engineering. Z digitálního modelu terénu byl v programu ArcMap vymodelován povrchový odtok. Na základě vymodelovaného povrchového odtoku bylo určeno přesné umístění strže. Pomocí příkazů v programu ArcMap byly získány příčné profily strže a potřebné charakteristiky toku. Zaměření stávajících objektů na strži bylo provedeno pomocí ručního přijímače GPS během několika terénních průzkumů zájmového území. Zaměření ručním přijímačem GPS poskytuje vzhledem k morfologii a nedostatečnému signálu přijatelnou přesnost. Zaměření bylo poté přeneseno do programu ArcMap a AutoCAD.

Na základě terénních průzkumů bylo zjištěno, že koryto horní části strže Holzschlaggraben má miskovitý příčný profil se sklonem břehů přibližně 1:1. Na břehových svazích dochází k erozi a sesuvům půdy vysokým několik desítek metrů. V tomto horním úseku se podélný sklon strže oproti pramennému úseku zmírňuje a ukládají se zde splaveniny velkých rozměrů a kmeny stromů, které se uvolňují z příkrých skalních stěn. Průměrný podélný sklon horního úseku strže Holzschlaggraben je 53 %.



Obrázek 15: Horní úsek strže Holzschlaggraben, pohled proti proudu



Obrázek 16: Horní úsek strže Holzschlaggraben, pohled po proudu

Koryto strže ve středním úseku má lichoběžníkový profil se šířkou koryta ve dně od 2,00 m do 4,00 m a se sklony svahů 1:1,5 až 1:2,0. Vzhledem k vysoké vodní energii zde dochází k břehové i dnové erozi. Průměrný podélný sklon ve středním úseku strže Holzschlaggraben je 40 %.



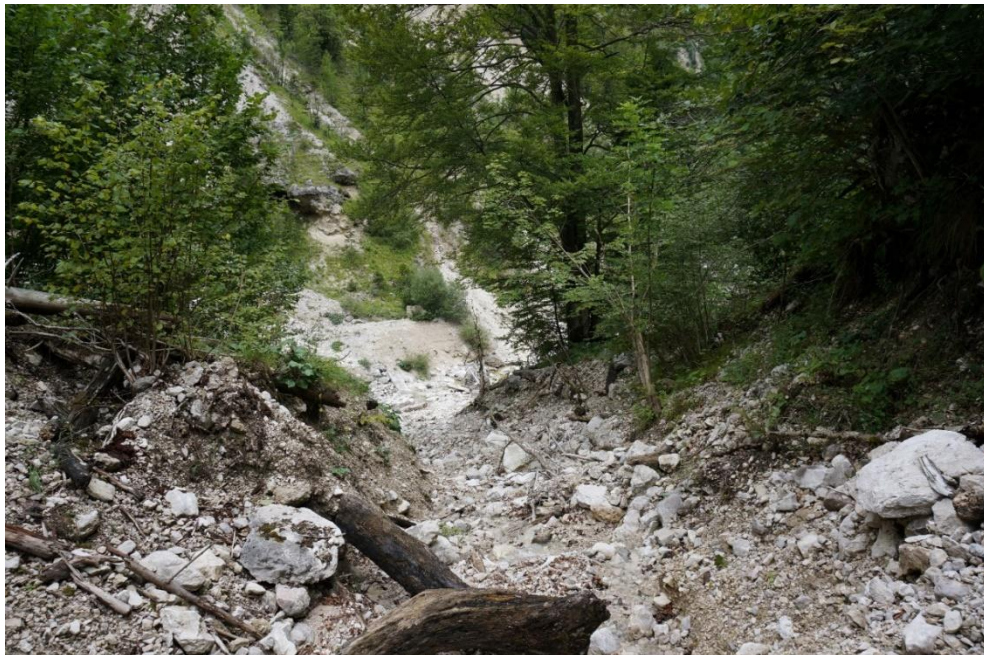
Obrázek 17: Střední úsek strže Holzschlaggraben, pohled po proudu

Sklon strže v dolním úseku se zmírňuje a dochází zde vzhledem ke snížení rychlosti vody i k sedimentaci splavenin menší velikosti. Sklony dna i břehů se v dolním úseku zmenšují a dnová i břehová eroze tedy není tak výrazná jako ve středním a horním úseku. Příčný profil má lichoběžníkový tvar s šířkou dna od 3,00 m do 5,00 m. Sklony břehů se pohybují od 1:1,5 do 1:3,0. Průměrný podélný sklon v dolním úseku strže Holzschlaggraben je 35 %.

Podélný profil strže Holzschlaggraben je ve výkresu č. 4, který je přílohou diplomové práce.



Obrázek 18: Dolní úsek strže Holzschlaggraben



Obrázek 19: Pohled na ústí strže Holzschlaggraben

4.1 Popis objektů na strži Holzschlaggraben

Na strži Holzschlaggraben se nachází celkem tři kamenné přehrážky a čtyři dřevěné stupně.

Přehrážka H1 (obrázek 20) je závěrová přehrážka strže Holzschlaggraben, která se nachází na ř. km 0,045. Přehrážka je kamenná, zděná z řádkového zdiva na cementovou maltu. Přelivná sekce má miskovitý profil. Spád přehrážky je přibližně 2,00 m a šířka v koruně je 0,75 m. Přehrážka je poškozená a je nefunkční. Jak je vidět na obrázku 20, koryto během povodňových událostí změnilo trasu a tím došlo k poškození levého břehu, včetně levého křídla přehrážky, které bylo od zbylé části přehrážky odděleno. Na levém břehu došlo k několikametrovému sesuvu půdy. Dno a břehy pod přehrážkou byly zpevněny kamennou rovinou. Zpevněné spadiště je v současné době zničené.



Obrázek 20: Pohled směrem proti proudu na přehrážku H1

Na ř. km 0,107 se nachází kamenná přehrážka H2 (obrázek 21) zděná z řádkového zdiva na cementovou maltu. Její spádová výška je 5,69 m a šířka v koruně přehrážky je 1,25 m. Přehrážka má lichoběžníkovou přelivnou sekci s délkou přepadové hrany 0,90 m a výškou přelivné sekce 0,44 m. Umístění přehrážky je charakteristické pro horské skalnaté prostředí zahloubených strží, kde se pro stavbu přehrážek využívá zúžených skalních profilů. Přehrážka je poté vyzděna mezi skalní výchozy, které tvoří spolu s kamenným zdivem těleso přehrážky. Na obrázku 21 je vidět, že základová část přehrážky H2 byla poškozena zpětnou erozí a zděná spodní část tělesa přehrážky zcela chybí. Díky skalním výchozům je ale objekt stále stabilní.



Obrázek 21: Pohled na přehrážku H2

Na ř. km 0,124 strže Holzschlaggraben se nachází přehrážka H3 (obrázek 22) zděná z kamenného řádkového zdiva na cementovou maltu. Její spádová výška je 1,70 m a šířka v koruně přehrážky je 0,50 m. Přehrážka má miskovitou přelivnou hranu s hloubkou přelivné sekce 0,80 m. Její křídla jsou stále dobře provázaná s břehy a objekt je stabilní. Jak je vidět na obrázku 22, přehrážka je poškozená u paty objektu, kde došlo působením zpětné eroze k podemletí a rozebrání dvou šárů kamenného zdiva.



Obrázek 22: Pohled na přehrážku H3

Na ř. km 0,293 až 0,375 se nachází čtyři dřevěné srubové stupně, které mají za úkol stabilizovat dno a břehy v horní části strže. Na jejich výstavbu byly použity dřevěné kulatiny o průměru 0,30 m. Příčné kulatiny zajišťující stabilitu stupně zavázáním těchto kulatin do svahu mají průměr 0,15 m. Spádová výška stupňů se pohybuje od 2,30 m do 4,00 m. Dřevěné srubové stupně postavené před několika desítkami let jsou poškozené. Kulatiny tvořící těleso přehrážky jsou vzhledem k nestálému působení vody prohnílé. U většiny objektů také došlo k poškození přelivných sekcí.



Obrázek 23: Dřevěný stupeň na strži Holzschlaggraben

4.2 Koncepční návrh objektů na strži Holzschlaggraben

Závěrová přehrážka H1 bude rozhrnuta stavební technikou a na ř. km 0,039 bude navržena nová závěrová kamenná přehrážka H1.

Kamenné přehrážky H2 a H3 jsou i přes poškození stabilní, a proto budou zachovány a rekonstruovány. Jejich rekonstrukce bude spočívat v dozdění chybějících částí objektu.

Poškozené dřevěné srubové stupně stále zajišťují stabilitu strže, budou proto stejně jako kamenné přehrážky H2 a H3 zachovány. Pod stávající dřevěné objekty budou postaveny nové dřevěné srubové stupně.

Podrobný návrh závěrové přehrážky H1 a dřevěných srubových stupňů a podrobný návrh rekonstrukce kamenných přehrážek H2 a H3 je popsán v následujících kapitolách. Technický popis návrhu je doplněn o výkresy, které jsou přílohou diplomové práce.

5. Strž Schüttinggraben

Strž Schüttinggraben ústí do hlavního toku Gimbach na ř. km 1,82. Stejně jako pramen strže Holzschlaggraben se pramen strže Schüttinggraben nachází na severních svazích masivu Glatzeck v nadmořské výšce 1523 m n. m. Ústí strže Schüttinggraben do hlavního toku Gimbach se nachází v nadmořské výšce 667 m n. m. Nejvyšší část strže Schüttinggraben, kde se dá uvažovat pohyb strojů či lidí se nachází v nadmořské výšce 975 m n. m. Strž Schüttinggraben je hluboce zaříznuta do terénu a její břehy jsou až 20 m vysoko nade dnem. S délkou 672 m a sklonem 45 % je strž horským tokem bystřinného charakteru.

Stejně jako na strži Holzschlaggraben i na strži Schüttinggraben nebyly doposud zjišťovány charakteristiky strže a nebyly zde zaměřeny objekty nacházející se na strži. Přesné umístění strže, příčné profily a potřebné charakteristiky strže Schüttinggraben byly zjištěny z vymodelovaného povrchového odtoku v programu ArcMap. Příčné objekty na této strži byly zaměřeny ručním přijímačem GPS. Vzhledem k podmínkám na dotčeném území je přesnost zaměření objektů ručním GPS přijatelná. Pozice objektů a zaměření strže bylo poté přeneseno do programu AutoCAD a ArcMap.

Na základě terénních průzkumů bylo zjištěno, že horní úsek strže má miskovitý příčný profil s prudkými a erozně živými svahy břehů se sklonem přibližně 1:1. Po téměř kolmých pramenných partiích se v této části podélný sklon strže zmírňuje a dochází zde k usazování materiálu uvolněného ze skalních stěn pramenné části strže. Průměrný podélný sklon v horním úseku strže Schüttinggraben je 47 %.

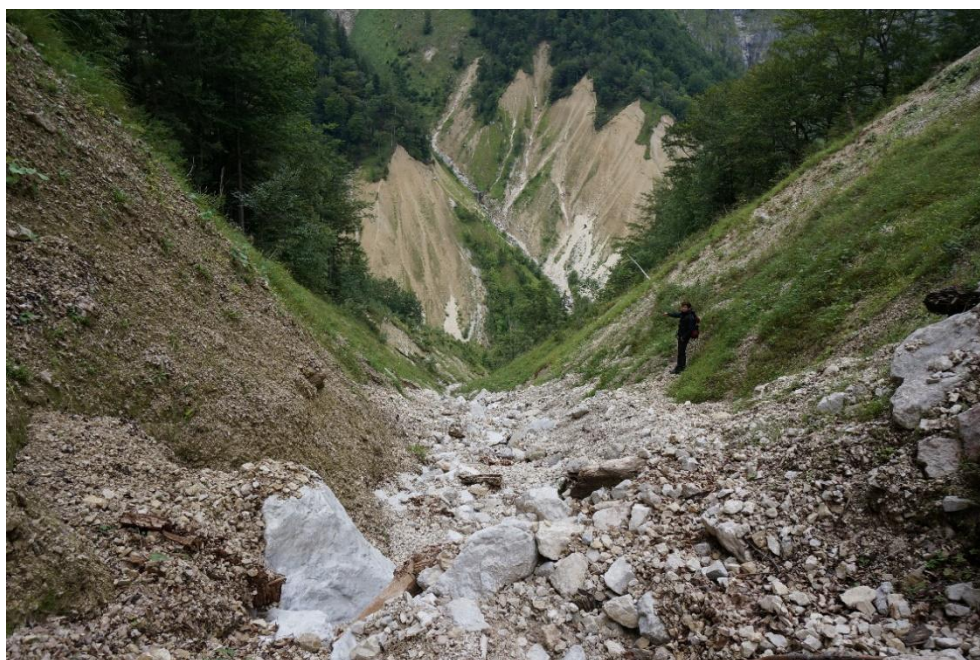


Obrázek 24: Horní úsek strže Schüttinggraben

Střední část strže Schüttinggraben je charakteristická dvěma příčnými profily. Prudší část středního úseku strže je významně zasažena dnovou erozí, dno je zde velmi zahloubené a příčný řez má téměř trojúhelníkový příčný profil se sklonem břehů přibližně 1:1. Druhá část středního úseku je charakteristická poměrně otevřeným miskovitým příčným profilem se sklonem břehů 1:1,5 až 1:2. Podélný sklon se zmírňuje a dochází zde k výraznějšímu usazování splavenin. Průměrný podélný sklon ve středním úseku strže Schüttinggraben je 40 %.



Obrázek 25: Střední úsek strže Schüttinggraben



Obrázek 26: Střední úsek strže Schüttinggraben

Dolní část strže Schüttinggraben má lichoběžníkový příčný profil se šířkou ve dně pohybující se od 2,50 do 5,00 m a se sklonem břehů od 1:1,5 do 1:3. Sklon břehů se v dolním úseku zmírňuje a na svazích zůstává vegetace. Průměrný podélný sklon v dolním úseku je 34 %. Dochází zde vzhledem ke zmírnění podélného sklonu k významnému usazování splavenin.

Podélný profil strže Schüttinggraben je ve výkresu č. 5, který je přílohou diplomové práce.



Obrázek 27: Dolní úsek strže Schüttinggraben

5.1 Popis objektů na strži Schüttinggraben

Na strži Schüttinggraben se nachází kamenná závěrová přehrážka a šestnáct dřevěných srubových stupňů.

Na obrázku 28 je závěrová kamenná přehrážka S1 zděná z řádkového zdiva na cementovou maltu. Závěrová přehrážka se nachází na ř. km 0,036 strže Schüttinggraben. Vlivem zpětné eroze je poškozená základová část přehrážky. Při povodňových událostech byla poškozena i přelivná sekce přehrážky. Přehrážka měla pravděpodobně lichoběžníkovou přelivnou sekci, její spádová výška je asi 1,50 m a šířka v koruně přehrážky je 0,75 m.



Obrázek 28: Závěrová kamenná přehrážka na Schüttinggraben

Dřevěné srubové stupně na strži Schüttinggraben byly postaveny z dřevěných kulatin o průměru 0,30 m. Příčné kulatiny zajišťující stabilitu přehrážky zavázáním těchto kulatin do svahu mají průměr 0,15 m. Spádová výška stupňů se pohybuje od 2,30 m do 4,30 m. Stejně jako na strži Holzschlaggraben jsou kulatiny tvořící těleso přehrážky vlivem nestálého působení vody prohnílé. U většiny objektů také došlo k poškození přelivných sekcí.



Obrázek 29: Dřevěný srubový stupeň na strži Schüttinggraben

5.2 Koncepční návrh objektů na strži Schüttinggraben

Závěrová kamenná přehrážka S1 stále plní funkci stabilizace koryta a bude na místě ponechána. Pod tělesem stávající přehrážky bude navržena nová závěrová kamenná přehrážka.

Stávající dřevěné stupně i přes jejich poškození stále zajišťují stabilitu koryta a budou proto zachovány. Aby došlo ke zmírnění namáhání poškozených dřevěných objektů a aby se zvětšila stabilita strže, jsou pod stávajícími stupni navrženy nové dřevěné srubové stupně. Jejich návrh je totožný s návrhem dřevěných srubových stupňů na strži Holzschlaggraben.

Návrh nové závěrové přehrážky S1 a návrh dřevěných srubových stupňů na strži Schüttinggraben je podrobně popsán v následujících kapitolách. Technický popis návrhu je doplněn o výkresy navržených objektů, které jsou přílohou diplomové práce.

6. Příčné objekty zahrazovacích úprav

Základním principem zahrazovacích úprav je umístování příčných objektů kolmo na osu toku. Příčné objekty mají za úkol zmenšit podélný sklon toku a tím snížit energii vody proudící v korytě toku. (Zuna, 2008) (Riedl & Zachar, 1973)

V následující kapitole je popsáno rozdělení příčných objektů podle české a rakouské normy. Česká i rakouská norma dělí příčné objekty dle spádu. Vhodnější rozdělení je ovšem dle charakteru funkce nebo konstrukce objektu.

6.1 Dělení příčných objektů v České republice

V České republice se příčné objekty používající k zahrazovacím úpravám dělí dle ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží na:

- Pasy
- Prahy
- Stupně
- Skluzy
- Přehrážky
- Hrázky a kamenné rovnaniny

Takto rozdělené příčné objekty se liší spádovou výškou a materiálem použitým na stavbu objektu. (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

6.1.1 Pasy

Charakteristickým znakem pro pasy je umístění nivelety koruny objektu, která je totožná s niveletou dna stabilizovaného toku. Pasy jsou založené do dna a zavázané z obou stran do paty břehu koryta. (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

Pasy se navrhují z dřevěných kulatin, z kamenné rovnaniny, z kamenného zdiva, z betonu nebo z betonových prefabrikátů. (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

6.1.2 Prahy

Prahy jsou příčné objekty, které mají za úkol zmírnit podélný sklon toku a zabránit zpětné erozi. Prahy jsou charakterizovány spádovou výškou, která je menší nebo rovna 0,30 m. Koruna prahu je v úrovni nivelety horního dna. Konstrukce prahu musí být dostatečně zavázaná do břehů. Spadiště prahu je nutné dostatečně zabezpečit, aby nedocházelo vlivem zvyšujícího turbulentního proudění na přepadu k narušení koryta pod prahem. Spadiště prahu se zřizuje drsné, aby došlo k dostatečnému utlumení energie přepadu, např. z kamenného záhozu. (Zuna, 2008) (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

Prahy se zřizují dřevěné, kamenné nebo betonové. Nejčastěji se na stavbu prahů používá kamenné zdivo, které zajistí dlouhou životnost objektu. Betonové konstrukce prahů jsou nevhodné z hlediska nepříznivého krajínotvorného účinku. (Zuna, 2008) Výhodou dřevěných prahů je jejich nízká pořizovací cena. Naopak nevýhodou dřevěných prahů je jejich kratší doba životnosti.

6.1.3 Stupně

Stupně jsou příčné tížné objekty, které zmírňují podélný sklon toku a stabilizují tak podélný profil koryta. Spádová výška stupně se pohybuje od 0,30 m do 2,00 m. Niveleta koruny stupně je totožná s niveletou horního dna. Návodní strana stupně se navrhuje svislá a vzdušná strana stupně se navrhuje ve sklonu 5:1 až 10:1. Křídla stupně musí být dostatečně zavázána do břehu, aby nedocházelo k obtékání křídel v důsledku boční eroze. Přelivná sekce stupně je totožná s příčným profilem koryta. Nedílnou součástí konstrukce stupně je základová část založená do nezámrazné hloubky. (Zuna, 2008) (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

Spadiště stupně musí být dostatečně zpevněno ve dně i v břehu. Konstrukce spadiště je na konci a v délce doskoku vodního paprsku od tělesa stupně tvořena pasy. Opevnění spadiště se provádí většinou kamenným záhozem nebo kamennou dlažbou. Dostatečnou pozornost je třeba věnovat založení opevněných břehů. Založení opevnění se provádí na patku, která je tvořena kameny větších rozměrů, než je zbylá konstrukce spadiště. Pokud je v korytě pod stupněm říční proudění, je součástí spadiště vývar. (Zuna, 2008) (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

Nejčastěji se stupně zřizují z lomového kamene vyzděného na cementovou maltu. Stupně s nižší spádovou výškou je možné vyzdít na sucho. Dále se stupně navrhuje betonové, dřevěné srubové, drátokamenné nebo v kombinaci výše uvedených materiálů. Výhodou dřevěných stupňů jsou nízké pořizovací náklady, jednoduchost výstavby a možnost zřízení konstrukce v těžko dostupných místech. Naopak nevýhodou dřevěných stupňů je jejich kratší doba životnosti. (Zuna, 2008) (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

6.1.4 Skluzy

Skluzy jsou příčné objekty tlumící energii proudící vody pomocí zdrsněné skluzové plochy. Zdrsněná skluzová plocha má dle ČSN 75 2106 podélný sklon 1:8 až 1:15 a výškový rozdíl skluzu je dle ČSN 75 2106 1,00 m až 2,00 m. Součástí konstrukce skluzu jsou zajišťovací pasy na začátku a na konci skluzu. Dolní zajišťovací pas se zřizuje z pružného opevnění, aby konstrukce lépe navázala na dno koryta. (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

Těleso skluzu je tvořeno kamennou dlažbou na cementovou maltu s vystouplými většími kameny nebo z velkých balvanů, které se vyskládají buďto v jedné nebo ve dvou vrstvách. Koryto nad skluzem by mělo být opevněno alespoň v délce trojnásobku šířky koryta. (Zuna, 2008) (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

Skluzy jsou konstrukce, které se nejvíce přibližují přirozenému vzhledu horských potoků a bystřin. Jejich velkou výhodou je nenarušení migrace v dotčeném toku. V případě, že to lze, navrhuje se namísto stupňů skluzu. (Zuna, 2008)

6.1.5 Přehrážky

Přehrážky jsou tížné příčné objekty opatřené přelivnou sekcí s kapacitou přelivu nejméně Q_{20} . Tvar přelivné sekce je lichoběžníkový, miskovitý nebo obdélníkovitý. Volba tvaru přelivné sekce se navrhuje s ohledem na tvar spadiště. Křídla přehrážky jsou dostatečně zavázána do břehu, aby nedocházelo k obtékání konstrukce přehrážky. Součástí konstrukce přehrážky je základová část, která se zakládá do nezámrazné hloubky.

Charakteristickým znakem přehrážek je tvar zdrže a přelivná hrana, která je umístěna nad úrovní dna toku. Zdrž nad tělesem přehrážky se nazývá konsolidační nebo retenční. Konsolidační prostor přehrážky je postupně zanesen splaveninami a dno toku je vyrovnáno s niveletou přelivné sekce přehrážky. Retenční prostor přehrážky se po postupném zanášení splaveninami odtěžuje. Hlavním cílem přehrážek je zachycení splavenin a stabilizace podélného profilu toku zmírněním podélného sklonu toku. (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

V tělese přehrážky je možné zřídit průcezné otvory, které slouží k převodu nízkých průtoků.

Stejně jako u konstrukce ostatních příčných objektů je potřeba dbát na dostatečné opevnění spadiště přehrážky. To se nejčastěji provádí opevněním z kamenné dlažby. Součástí spadiště jsou pasy umístěné na konci spadiště a ve vzdálenosti doskoku vodního paprsku od tělesa přehrážky. Opevnění spadiště se provádí ve dně a v břehu. Dostatečnou pozornost je třeba věnovat založení opevněných břehů. Založení opevnění se provádí na patku, která je tvořena kamenem větších rozměrů, než je zbylá konstrukce spadiště. Pokud je v korytě pod stupněm říční proudění, je součástí spadiště vývar. (Zuna, 2008) (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

Na stavbu přehrážek se používá kamenné zdivo na cementovou maltu, prostý beton, železobeton, betonový prefabrikát, drátokamenná konstrukce, srubová konstrukce, ocelové válcované profily a kombinace výše uvedených materiálů. (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

6.1.6 Hrázky a kamenné rovnaniny

Hrázky jsou příčné průcezné objekty z kamenné rovnaniny, které plní funkci záchytných a ustalovacích příčných objektů. Jejich těleso je tvořeno z neopracovaných balvanů se sklony svahů 1:1 až 1:2. Používají se v hlubokých a zařízých korytech. (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

Návrh hrázek je proveden tak, aby průtočné množství Q_1 prosáklo tělesem a vyšší průtoky přepadaly přes korunu hrázky. (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

Energii vodního proudu pod hrázkou je nutné dostatečně utlumit kamennou rovnaninou. (ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, 1997)

6.2 Dělení příčných objektů v Rakousku

V Rakousku se příčné objekty dělí dle normy ONR 24800 Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung na:

- Pásy (Sohlgurte)
- Stupně (Grundschwelle)
- Přehrážky (Sperre)
- Skluzy (Rampe)

Stejně jako v České republice se tyto příčné objekty liší spádovou výškou a materiálem použitým na stavbu objektu. (ONR 24800 Schutzbauwerke der Wildbachverbauung - Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung, 2014)

Na stavbu příčných objektů se složitým přístupem, se běžně v rakouských Alpách materiál dopravuje letecky. Letecká doprava je značně dražší, a tak je nutné dopravu materiálu řešit od samého začátku plánování jakéhokoliv opatření.

Stejně jako v České republice je nutné příčné objekty dimenzovat a staticky posuzovat pomocí výpočtů. Výpočty potřebné k návrhu příčných objektů v Rakousku jsou založeny na stejném principu jako výpočty potřebné v České republice. Na některých územích, například jako je území řešené v diplomové práci, není možné aplikovat postupy výpočtu vzhledem k velkým podélným sklonům. V takových případech rakouští inženýři čerpají z předchozích zkušeností v obdobných podmínkách, ze zkušeností předků uvedených v kronikách hrazení bystřin nebo provádějí návrh nových konstrukcí dle stávajících konstrukcí umístěných na dotčeném území.

6.2.1 Pasy

Pasy (Sohlgurte) jsou v rakouské normě charakterizovány stejně jako v normě české. Hlavním znakem je nulový spád, takže niveleta koruny pasu je totožná s niveletou dna. (Austrian Standards plus Publishing, 2014)

6.2.2 Stupně

Stupně (Grundschwelle) jsou dle rakouské normy příčné objekty se spádovou výškou do 2,0 m. Použité konstrukce a materiály na stavbu stupňů jsou stejné jako v České republice. (Austrian Standards plus Publishing, 2014)

6.2.3 Přehrážky

Přehrážky (Sperre) jsou dle rakouské normy příčné objekty se spádovou výškou nad 2,0 m. (Austrian Standards plus Publishing, 2014) Konstrukce přehrážek je obdobná jako v České republice. V rakouských Alpách se ovšem navrhují přehrážky i větších rozměrů. Během studia na katedře Mountain Risk Engineering byla možnost navštívit například stavbu železobetonové přehrážky se spádovou výškou 16,40 m (obrázek 30).



Obrázek 30: Stavba železobetonové přehrážky

6.2.4 Skluzy

Skluzy (Rampe) jsou objekty s podélným sklonem s totožnou konstrukcí a použitým materiálem jako v České republice. (Austrian Standards plus Publishing, 2014)

6.3 Příčné objekty použité v návrhu

Jelikož mají strže řešené v diplomové práci velký podélný sklon, jsou stále aktivní a erozně velmi náchylné, je návrh zahrazení strže Holzschlaggraben a Schüttinggraben proveden pomocí dřevěných srubových stupňů. Na strži Holzschlaggraben se také nacházejí poškozené kamenné přehrážky, které jsou v návrhu rekonstruovány. Závěrové kamenné přehrážky obou dotčených strží jsou poškozené tak, že je nutné navrhnout nové závěrové přehrážky. Nové závěrové přehrážky budou navrženy jako kamenné zděné přehrážky z lomového kamene. Tento návrh je ve Studii zahrazení strží Schüttinggraben a Holzschlaggraben uvedený pouze pro účely diplomové práce. Dle odborné konzultace s vedoucím katedry Mountain Risk Engineering na univerzitě Natural Resources and Life Sciences Vienna, Univ. Prof. Johannesem Hüblem budou v místech stávajících závěrových přehrážek postaveny dřevěné srubové stupně stejně jako ve vyšších místech strží.

Podrobný návrh příčných objektů na strži Holzschlaggraben a Schüttinggraben je uvedený v následujících kapitolách.

7. Náležitosti návrhu

Cílem návrhu je zmírnění projevu dnové a břehové eroze a zvýšení stability aktivních strží Holzschlaggraben a Schüttinggraben. Navržené opatření spočívá v návrhu dřevěných srubových stupňů, v návrhu nových závěrových kamenných přehrážek a v rekonstrukci stávajících kamenných přehrážek. Návrh opatření je součástí komplexní studie, která řeší zmírnění transportu splavenin, projevu dnové a břehové eroze a zvýšení stability celého povodí Gimbach tak, aby byla ochráněna vodní elektrárna Ebensee, železniční trať mezi městy Ebensee a Bad Ischl a výrobná soli Salinen Austria.

Návrh opatření na dotčených stržích je provedený na základě odborných konzultací a zkušeností vedoucího katedry Mountain Risk Engineering na univerzitě Natural Resources and Life Sciences Vienna, Univ. Prof. Johannese Hübla, pro kterého je tato studie zpracovávána. V návrhu opatření na strži Holzschlaggraben a Schüttinggraben je kladen důraz na malé finanční náklady. Vzhledem k extrémní erozi, která se návrhem pouze zmírní a nikdy se nezastaví, je stabilita navržených dřevěných objektů předpokládána přibližně na 10 let. Proto je neekonomické na dotčených stržích navrhovat finančně náročné objekty. Konstrukčně složitější a finančně náročnější je navržené opatření na hlavním toku Gimbach, kde budou postaveny betonové přehrážky. Na hlavním toku Gimbach je totiž možné vzhledem k přírodním podmínkám navrhnout dostatečně stabilní objekty s velkým retenčním prostorem k zachycení splavenin a dostatečně velkou přelivnou sekcí, která bezpečně převede povodňové průtoky.

7.1 Přístup na dotčené území

Důležitou podmínkou při návrhu opatření v území jako je povodí Gimbach, je posouzení přístupu především kvůli finančním nákladům. Pokud je doprava materiálu na řešené území možná pouze pomocí letecké dopravy, což je v rakouských Alpách běžné, posuzuje se, zda je výstavba nutná a zda vynaložené náklady na stavbu odpovídají území, které je nutné chránit navrženým opatřením. Na území řešeném v diplomové práci je možný přístup těžké techniky po lesní cestě, která vede po pravém břehu hlavního toku Gimbach téměř k místě stavby. Na zbylých 150 m, kde cesta není, je možné vybudovat provizorní přístupovou cestu.

7.2 Objekty pro zahrazení strží

Návrh objektů na území jako jsou strže Holzschlaggraben a Schüttinggraben vychází z předchozích zkušeností v obdobných podmínkách. Na erozně živých a nestabilních svazích jako jsou řešené strže, se navrhuje dřevěné stupně. Jejich výhoda spočívá v nízkých finančních nákladech a jednoduchosti výstavby. Nízké finanční náklady a jednoduchost výstavby jsou vhodné i z hlediska budoucího vývoje strže. Dno i břehy strží se budou dále vyvíjet a výstavbou dřevěných stupňů se eroze nezastaví, ale pouze zmírní. Znamená to, že v období dalších desetiletí bude nutné provést obdobný návrh, jaký je prováděn nyní a bude nutné po dalším vývoji dna a břehů strž znovu stabilizovat. Dalším kritériem je dostupnost stavebního materiálu v místě stavby. Na území řešených strží se nachází vzrostlé jedle bělokoré (*Abies alba*), které jsou pro stavbu dřevěných srubových stupňů vhodné. Dále je na řešeném území velké množství splavenin, které jsou vhodné jak na stavbu dřevěných srubových stupňů, tak na zpevnění dna a břehů strže.

Dřevěné srubové stupně se v takto vysokých sklonech a nestabilním území v návrhu pouze umísťují a navrhuje se jejich konstrukční řešení. Pokud se na řešeném území, tak jako na stržích Holzschlaggraben a Schüttinggraben,

nacházejí stávající dřevěné objekty, navrhuje se umístění dřevěných objektů pod stávající dřevěné objekty. Takový způsob návrhu vyplývá z pravidla, že stávající příčné objekty, které jsou poškozené, ale stále stabilizují dno nad příčnými objekty, se neodstraňují. Stávající příčné objekty se odstraňují pouze tehdy, pokud jsou poškozené tak, že nad sebou už nestabilizují dnové sedimenty nebo je poškozené jejich zavázání do břehů, například vlivem obtékání objektů.

Konstrukční řešení navržených objektů vyplývá ze zkušenosti stavebních inženýrů. Stejně jako v případě návrhu této diplomové práce, se zkušenosti stavebních inženýrů čerpají nejen z obdobných současných staveb, ale i z dostupných kronik, kde jsou uvedené podrobné nákresy konstrukčního řešení. Na území strže Holzschlaggraben a Schüttinggraben jsou navržené dřevěné srubové stupně, které jsou vyplněny místním kamenem. Vyplněním dřevěné konstrukce kamenem dojde k větší tíze příčného objektu a tím k zajištění větší stability objektu.

Na stržích Holzschlaggraben a Schüttinggraben se mimo dřevěné stupně nacházejí i kamenné přehrážky. Vzhledem k jejich dobré stabilitě budou přehrážky zachovány a budou zrekonstruovány tak, aby nebyla ohrožena jejich stabilita a funkčnost.

Diplomová práce se zabývá také návrhem nových závěrových kamenných přehrážek v místě stávajících závěrových kamenných přehrážek na stržích Holzschlaggraben a Schüttinggraben. Tento návrh slouží především pro účely diplomové práce. Na základě konzultací s Univ. Prof. Johannesem Hüblem, se katedra Mountain Risk Engineering přiklání k návrhu závěrových dřevěných srubových stupňů stejného konstrukčního řešení jako ve vyšších místech řešených strží. Důvodem jsou především nižší finanční náklady na výstavbu dřevěných srubových stupňů a snadnější doprava materiálu.

Podrobný návrh objektů na strži Holzschlaggraben a Schüttinggraben je popsán v následujících kapitolách. Technický popis návrhu je doplněn o výkresy, které jsou přílohou diplomové práce.

7.3 Dimenzování objektů

Vzhledem k území, na kterém je studie řešená, není možné provést v návrhu výpočty obdobné výpočtům v České republice. Průměrný podélný sklon strže Holzschlaggraben je 42 % a průměrný podélný sklon strže Schüttinggraben je 45 %. Koryta dotčených strží jsou erozně živá a po každém průběhu srážky nebo tání sněhu dojde k určitému vývoji koryta. Příčné profily strží získané z digitálního modelu terénu nebudou v době výstavby odpovídat skutečnosti. Tudíž jsou i rozměry na výkresech orientační a je nutné při samotné stavbě objektů počítat s přítomností stavebního inženýra. Návrh opatření v podmínkách jaké jsou v této studii, to znamená vysoké podélné sklony, stávající konstrukce a neustálý vývoj koryta, se řeší návrhem příčných objektů v místech stávajících nefunkčních objektů. Návrh nových příčných objektů se odvíjí od stávajících konstrukcí. Rozměry navržených objektů jsou přibližně stejné jako rozměry stávajících konstrukcí a výpočty posouzení stability či návrhu stabilního dna se neprovádějí. Tento postup je v obdobných podmínkách v oboru hrazení bystřin v rakouských Alpách běžný. Pouze pro účely diplomové práce je v následujících kapitolách provedený výpočet stability proti posunutí, výpočet stability proti převržení, orientační výpočet kapacity přelivné sekce a orientační výpočet doskoku vodního paprsku pro nově navržené závěrové přehrážky H1 a S1.

8. Návrh

V následujících kapitolách je uvedený podrobný návrh příčných objektů na strži Holzschlaggraben a Schüttinggraben. Na dotčených stržích jsou navrženy nové závěrové kamenné přehrážky a nové dřevěné srubové stupně. Dále návrh opatření řeší rekonstrukci kamenných přehrážek na strži Holzschlaggraben. Cílem návrhu příčných objektů je stabilizace strží a zmírnění dnové a břehové eroze.

8.1 Návrh dřevěných srubových stupňů

Na strži Holzschlaggraben jsou navrženy 4 dřevěné srubové stupně a na strži Schüttinggraben je navrženo 16 dřevěných srubových stupňů. Dřevěné stupně jsou navrženy jako tížné příčné objekty zajišťující stabilitu dna a břehů. Návrh konstrukce dřevěných srubových stupňů je mimo odborné konzultace proveden na základě rakouských kronik alpského hrazení bystřin, které byly dostupné na katedře Mountain Risk Engineering. Umístění navrženoých stupňů bude vždy pod stávající poškozené dřevěné stupně, které budou na místě ponechány.

Konstrukce dřevěného srubového stupně je navržena jako kleštinami vzájemně propojená srubová stěna o tloušťce 1,80 m vyplněná místním sbíraným kamenem o střední velikosti kamene 0,25 m a minimální měrné tíže 2400 kg/m³. Stěny budou z podélných jedlových kulatin o průměru 0,30 m kladené na sebe s ponecháním spáry pro příčné kulatiny. Příčné kulatiny nazývané kleštiny budou z jedlového dřeva o průměru 0,15 m a budou v jednotlivých spárách kladeny v rozpětí 1,00 m. Příčné kulatiny mají za úkol zpevnit konstrukci a zamezit oslabování hlavních trámů ve svislici. (Riedl & Zachar, 1973) Spojení dřevěných kulatin bude provedeno pomocí kovaných hřebů.

Místní sbíraný kámen, který tvoří výplň konstrukce stupně, je potřeba dobře vyskládat, aby nedocházelo k dodatečnému sedání stupně a narušení konstrukce. Správné vyskládání kamene sníží množství vzduchových mezer a zvýší hmotnost konstrukce, což zajistí větší stabilitu stupně.

Vzdušný líc stupně je navržený ve sklonu 5:1 tak, že nadmořská výška koruny navrženého stupně odpovídá nadmořské výšce koruny stávajícího stupně.

Zavazovací křídla dřevěného srubového stupně budou tvořit jedlové kulatiny o průměru 0,30 m uložené ve sklonu 1:2,3 ve směru kolmo na osu toku, přičemž nejvrchnější kulatina bude zavázána do břehu alespoň na délku 1,00 m. Zavazovací křídla budou podepřena příčnými kulatinami. Na korunu a na zavazovací křídla dřevěného srubového stupně budou vedle sebe kladeny jedlové kulatiny o průměru 0,10 m, které budou chránit konstrukci před poškozením způsobeným nárazem splavenin. Vzhledem k vysokým sklonům břehů a nestabilnímu materiálu tvořící břehy strží, budou podélné kulatiny zavázané do břehu na délku, která bude záviset na konkrétním umístění dřevěného srubového stupně (minimálně však 0,45 m).

Zavázání konstrukce do dna bude pomocí alespoň jedné řady podélných kulatin umístěných pod úrovní dna a pomocí příčných podlahových kulatin, které budou kladené vedle sebe a umístěné pod podélnými kulatinami. Tyto příčné podlahové kulatiny budou vystavené před samotnou konstrukci stupně a budou tak tvořit dopadiště pod stupněm, které bude plynule navazovat na kamenné spadiště stupně tvořené doložením z místního sbíraného kamene o střední velikosti kamene 0,40 m a měrné tíže minimálně 2400 kg/m³. Pod příčnými podlahovými kulatinami bude potřeba pečlivě vyskládat rovnáný základový kámen z místního sbíraného kamene o střední velikosti kamene 0,40 m a měrné tíže minimálně 2400 kg/m³ tak, aby celá plocha příčných podlahových kulatin ležela na základovém kamenu.

Spadiště dřevěných srubových stupňů a koryto nad stupněm bude zpevněno doložením místního sbíraného kamene o střední velikosti kamene 0,40 m a měrné tíže minimálně 2400 kg/m³. Sklony dna a břehů zůstanou stávající. Kámen na konci spadiště bude vyskládaný do oblouku a bude plynule navazovat na stávající koryto strže. Opevnění koryta není hlavním cílem návrhu. Dno i břehy strží jsou samy o sobě tvořeny splaveninami velkých rozměrů a skalními výchozy. Hlavním cílem návrhu je stabilizovat strž příčnými objekty, které budou působit proti směru toku strže.

Podle českých rozpočtových cen by konstrukce jednoho dřevěného srubového stupně, včetně opevnění koryta doložením kamene nad stupněm a pod stupněm vyšla přibližně na 200.000 až 300.000 Kč. Cena se ovšem liší v závislosti na spádové výšce konkrétního stupně a v závislosti na stavu strže v místě stavby konkrétního stupně.

Popsaný návrh dřevěných srubových stupňů je graficky zpracován ve výkresové části diplomové práce. Výkresy dřevěných srubových stupňů jsou vypracovány jako vzorové. Ve vzorovém výkresu č. 11 je zpracován návrh dřevěného srubového stupně H5 v horní části strže Holzschlaggraben na jejím ř. km 0,304. Ve vzorovém výkresu č. 14 je zpracován návrh dřevěného srubového stupně S2 v dolní části strže Schüttinggraben na jejím ř. km 0,055.

8.2 Návrh opatření na strži Holzschlaggraben

Na strži Holzschlaggraben jsou navrženy 4 dřevěné srubové stupně, závěrová kamenná přehrážka H1 a rekonstrukce kamenných přehrážek H2 a H3. V následujících kapitolách je podrobně popsán návrh závěrové kamenné přehrážky H1 a rekonstrukce kamenných přehrážek H2 a H3. Návrh dřevěných srubových stupňů je podrobně popsán v předchozí kapitole 8.1. Technický popis návrhu je doplněn o zjednodušené výkresy, které jsou přílohou diplomové práce.

8.2.1 Návrh závěrové kamenné přehrážky H1

Na strži Holzschlaggraben se na ř. km 0,045 nachází závěrová kamenná přehrážka H1 zděná z řádkového zdiva na cementovou maltu. Stávající kamenná přehrážka vzdálená 45 m od ústí strže Holzschlaggraben do hlavního toku Gimbach je poškozená a nefunkční. Levé zavazovací křídlo stávající přehrážky je oddělené od zbylé konstrukce a tok strže obtéká stávající kamennou přehrážku zleva. Poškozené těleso stávající přehrážky bude rozhrnuto stavební technikou.

Na strži Holzschlaggraben je 6 m pod stávající kamennou přehrážkou na ř. km 0,039 navržena nová závěrová kamenná přehrážka H1. Příčný profil v místě návrhu nové kamenné přehrážky je miskovitý se sklony břehů 1:1,1 a 1:1,3. Podélný profil je v dotčeném úseku 30 %. Umístění nové závěrové přehrážky je v nižších nadmořských výškách, kde se na březích strže ještě vyskytuje vegetace. Břehy tak v tomto příčném profilu vykazují větší stabilitu než ve vyšších místech dotčené strže. Oproti návrhu dřevěných srubových stupňů je zde možné počítat se zavázáním křídel přehrážek do břehů, aniž by byla narušena stabilita břehů strže Holzschlaggraben.

Nová konsolidační kamenná přehrážka bude zděná z řádkového zdiva na cementovou maltu. Přehrážka je navržena jako tížný příčný objekt, kdy konstrukce odolává tlaku vody a splavenin svojí vlastní tíhou. Materiál použitý na zdění přehrážky bude lomový kámen (hutný vápenec) se střední velikostí kamene 0,25 m a objemovou hmotností minimálně 2400 kg/m³. Přehrážka bude mít spádovou výšku 1,50 m a hloubku přelivné sekce 0,80 m. Konstrukční výška

přehrážky bude 2,30 m. Šířka navržené přehrážky v koruně bude 1,25 m a šířka v patě navržené přehrážky bude 1,48 m. Sklon návodního líce přehrážky bude svislý a sklon vzdušného líce přehrážky bude 10:1.

Přelivná sekce navržené přehrážky bude lichoběžníková s délkou přelivné hrany 1,50 m, hloubkou přelivné sekce 0,80 m a sklonem 1:1. Aby voda přepadající přes přelivnou hranu přehrážky nezpůsobila škodu u paty přehrážky podtékáním zpevněného spadiště, bude tvořit přelivnou hranu kamenná deska vystavená před konstrukci přehrážky o 0,15 m. Kamenná deska tvořící přelivnou hranu přehrážky bude z hutného vápence o minimální měrné tíže 2400 kg/m^3 a její tloušťka bude 0,15 m. Přelivná hrana navržené přehrážky bude v nadmořské výšce 665,18 m n. m. a koruna zavazovacích křídel navržené přehrážky bude v nadmořské výšce 665,98 m n. m. Křídla navržené přehrážky budou zavázané 1,50 m do břehů.

Základová konstrukce přehrážky bude vysoká 1,00 m, široká 1,48 m a bude z vodostavebního betonu pro prostředí s mrazovými cykly C25/30 XF3 prokládaným kamenem.

Geometrie příčného profilu koryta pod navrženou přehrážkou zůstane stávající. Spadiště přehrážky bude ve dně a v březích zpevněno v délce minimálně 5,00 m doložením místního sbíraného kamene o střední velikosti kamene 0,40 m a minimální měrné tíže 2400 kg/m^3 . Při provádění doložení kamene bude nutné věnovat zvýšenou pozornost dostatečnému zpevnění paty břehového svahu, kde je navrženo doložení kamenem o střední velikosti 0,70 m a minimální měrné tíže 2400 kg/m^3 . Šířka spadiště ve dně bude 2,65 m. Dno má miskovitý profil se sklony 1:3,3. Sklony svahu břehů jsou 1:1,1 a 1:1,3. Doložení místního sbíraného kamene do břehů bude provedeno do výšky koruny přehrážky. Kámen na konci spadiště bude vyskládaný do oblouku tak, aby podélně stabilizoval dno a břehy strže.

Konsolidační prostor navržené přehrážky zůstává stávající. Koryto v místě konsolidačního prostoru bude postupně zaneseno splaveninami až do výšky přelivné hrany, tedy do nadmořské výšky 665,18 m n. m. Konsolidační prostor přehrážky se nebude odtěžovat.

Stavba závěrové kamenné přehrážky, včetně opevnění koryta pod přehrážkou by dle českých rozpočtových cen vyšla na přibližně 500.000 Kč. Cena je pouze orientační a je závislá na stavu strže v době výstavby.

Materiál, ze kterého je přehrážka navržena a rozměry navržené přehrážky jsou posouzeny ve statickém výpočtu stability proti převržení a stability proti posunutí v základové spáře (kapitola 9). Zpevnění spadiště v minimální délce 5,00 m je posouzeno ve výpočtu doskoku vodního paprsku v kapitole 11.

Návrh závěrové kamenné přehrážky H1 je graficky zpracován ve výkresech č. 6 a č. 7, které jsou přílohou diplomové práce.

Poznámka autora:

Pro účely diplomové práce je navržena výše popsaná závěrová kamenná přehrážka. Namísto kamenné přehrážky by bylo možné navrhnout v tomto příčném profilu také dřevěný srubový stupeň popsaný v kapitole 8.1. Vedoucí katedry Mountain Risk Engineering, Univ. Prof. Johannes Hübl, se přiklání k variantě návrhu dřevěného srubového stupně především z finančních důvodů a z důvodu menší náročnosti na výstavbu a použitý materiál.

8.2.2 Návrh rekonstrukce kamenné přehrážky H2

Přehrážka H2 na ř. km 0,107 je kamenná přehrážka zděná z řádkového zdiva na cementovou maltu. Přehrážka je umístěna v zúženém skalnatém profilu, kde těleso přehrážky tvoří skalní výchozy spolu s dozděním kamenným řádkovým zdivem. Spádová výška přehrážky je 5,69 m a šířka v koruně přehrážky je 1,25 m. Přehrážka má lichoběžníkovou přelivnou sekci s délkou přelivné hrany 0,90 m a výškou přelivné sekce 0,44 m. Konstrukční výška přehrážky je 6,13 m. Základová část objektu je poškozena zpětnou dnovou erozí a spodní část tělesa přehrážky ve výšce 2,84 m zcela chybí. Přehrážka je vzhledem k dobrému provázání se skalními výchozy i přes poškození spodní části objektu stále stabilní.

Rekonstrukce přehrážky H2 spočívá v podepření přehrážky ocelovými vzpěrami a dozděním objektu. Dvě ocelové vzpěry s pásovinou budou zaklínované mezi

podkladní skalní masiv a stávající konstrukci přehrážky a budou zabetonovány. Dozdění bude provedeno řádkovým zdivem na cementovou maltu z lomového kamene se střední velikostí kamene 0,25 m a minimální měrnou tíhou 2400 kg/m³ a prostým betonem vodostavebním pro prostředí s mrazovými cykly C25/30 XF3. Založení zdiva bude provedeno na skalním masivu po odstranění zvětralé části dna dolámáním. Zdivo bude vyzděno na šířku jednoho kamenného bloku a bude tvořit ztracené bednění pro betonovou konstrukci. Beton bude postupně vháněn za kamenné zdivo pomocí pumpy.

Spadiště přehrážky bude podle aktuálního stavu v době výstavby zpevněno doložením místního sbíraného kamene o střední velikosti kamene 0,40 m a minimální měrné tíze 2400 kg/m³. Při provádění doložení kamene bude nutné věnovat zvýšenou pozornost dostatečnému zpevnění paty břehového svahu, kde je navrženo doložení kamenem o střední velikosti 0,70 m a minimální měrné tíze 2400 kg/m³.

Rekonstrukce přehrážky H2 by dle českých rozpočtových cen vyšla přibližně na 150.000 Kč.

Grafický návrh rekonstrukce přehrážky H2 je zpracovaný ve výkresech č. 8 a č. 9, které jsou přílohou diplomové práce.

8.2.3 Návrh rekonstrukce kamenné přehrážky H3

Přehrážka H3 na ř. km 0,124 je kamenná přehrážka zděná z řádkového zdiva na cementovou maltu. Její spádová výška je 1,70 m a šířka v koruně přehrážky je 0,50 m. Přehrážka má miskovitou přelivnou hranu s hloubkou přelivné sekce 0,80 m. Konstrukční výška přehrážky je 2,50 m. Křídla přehrážky jsou stále dobře provázaná s břehy a objekt je stabilní. Přehrážka je poškozená u paty objektu, kde došlo vlivem působení zpětné eroze k podemletí a poškození dvou šárů kamenného zdiva.

Rekonstrukce přehrážky H3 spočívá v dozdění podemletých šárů zdiva řádkovým zdivem na cementovou maltu z lomového kamene o střední velikosti kamene 0,25 m a měrné tíze minimálně 2400 kg/m³. Zdivo bude založené na

podkladním prostým betonem vodostavebním pro prostředí s mrazovými cykly C25/30 XF3. Tloušťka podkladní vrstvy betonu bude 0,10 m.

Podle potřeby v době výstavby bude spadiště přehrážky zpevněno doložením místního sbíraného kamene o střední velikosti kamene 0,40 m a minimální měrné tíže 2400 kg/m^3 . Pata břehového svahu bude zpevněna doložením kamene o střední velikosti 0,70 m a minimální měrné tíže 2400 kg/m^3 .

Rekonstrukce přehrážky H2 by dle českých rozpočtových cen vyšla přibližně na 50.000 Kč.

Grafický návrh rekonstrukce přehrážky H3 je zpracovaný ve výkresu č. 10, který je přílohou diplomové práce.

8.3 Návrh opatření na strži Schüttinggraben

Na strži Schüttinggraben je navržených 16 dřevěných srubových stupňů a závěrová kamenná přehrážka S1. V následující kapitole je podrobně popsán návrh závěrové kamenné přehrážky S1. Návrh dřevěných srubových stupňů je podrobně popsán v předchozí kapitole 8.1. Technický popis návrhu je doplněn o zjednodušené výkresy, které jsou přílohou diplomové práce.

8.3.1 Návrh závěrové kamenné přehrážky S1

Na ř. km 0,036 se nachází závěrová přehrážka S1 strže Schüttinggraben. Přehrážka je kamenná zděná z řádkového zdiva na cementovou maltu. Koruna zavazovacích křídel a přelivná sekce přehrážky jsou poškozené působením nárazu splavenin do objektu. Základová část přehrážky je poškozena dnovou erozí. I přesto, že je stávající přehrážka poškozená, plní stále funkci stabilizace koryta a bude zachována.

Pod stávající přehrážku je navržena nová závěrová kamenná přehrážka. Na stávajícím objektu přehrážky byly působením zpětné dnové eroze podemlety dva šáry kamenného zdiva. Poškozené místo základové části objektu bude vyplněné místním sbíraným kamenem o střední velikosti kamene 0,25 m.

Nová závěrová kamenná přehrážka je navržena 36 m od ústí strže Schüttinggraben do hlavního toku Gimbach. Přehrážka je navržena jako tížný objekt odolávající síle vody a splavenin vlastní tíhou. Příčný profil v místě návrhu nové kamenné přehrážky je miskovitý se sklony břehů 1:1,2 a 1:1,4. Podélný profil je v řešeném úseku 30 %. Stabilita břehů v místě návrhu je vyhovující a je zde možné dostatečně zavázat křídla navržené přehrážky do břehů.

Nová konsolidační kamenná přehrážka S1 je navržena z řádkového zdiva na cementovou maltu. Kámen použitý na zdivo bude lomový kámen (hutný vápenec) o střední velikosti kamene 0,25 m a objemové hmotnosti minimálně 2400 kg/m³. Vzdušný líc přehrážky bude ve sklonu 10:1 a návodní líc přehrážky bude svislý. Spádová výška přehrážky bude 1,80 m a hloubka přelivné sekce bude 0,70 m. Konstrukční výška přehrážky bude 2,50 m.

Přelivná sekce je navržena jako lichoběžníková s délkou přelivné hrany 1,50 m a sklonem 1:1. Nadmořská výška přelivné sekce bude 677,48 m n. m. a nadmořská výška koruny zavazovacích křídel navržené přehrážky bude 678,18 m n. m. Přelivnou hranu přehrážky tvoří kamenná deska z hutného vápence s minimální tíhou 2400 kg/m^3 o tloušťce desky 0,15 m, která bude vystavena před vzdušný líc přehrážky o 0,15 m tak, aby přepadající voda dopadala do navrženého spadiště a nepoškodila navržený objekt zatékáním k patě konstrukce. Křídla navržené přehrážky budou zavázané do břehu na délku 1,50 m.

Základová konstrukce přehrážky bude z vodostavebního betonu pro prostředí s mrazovými cykly C25/30 XF3 prokládaného kamenem. Šířka základové konstrukce bude 1,50 m a výška základové konstrukce bude 1,00 m.

Geometrie příčného profilu koryta pod navrženou přehrážkou zůstává stávající. Podélný sklon je v dotčeném úseku 30 %. Příčný profil je miskovitý se sklony u dna 1:3,3. Sklony břehů jsou 1:1,2 a 1:1,4. Návrh opevnění spadiště bude provedený v minimální délce 5,00 m doložením kamene z místního sbíraného kamene o střední velikosti 0,40 m a měrné tíze minimálně 2400 kg/m^3 . Při provádění doložení kamene bude nutné věnovat zvýšenou pozornost dostatečnému zpevnění paty břehového svahu, kde je navrženo doložení kamenem o střední velikosti 0,70 m a minimální měrné tíze 2400 kg/m^3 . Šířka spadiště bude 2,66 m. Břehy budou zpevněny doložením kamene do výšky koruny navržené přehrážky. Kámen na konci spadiště bude vyskládaný do oblouku tak, aby podélně stabilizoval dno a břehy strže.

Závěrová kamenná přehrážka S1 je navržena jako konsolidační přehrážka a její konsolidační prostor se nebude odtěžovat.

Stavba závěrové kamenné přehrážky, včetně opevnění koryta pod přehrážkou by dle českých rozpočtových cen vyšla na přibližně 500.000 Kč. Cena je pouze orientační a je závislá na stavu strže v době výstavby.

Navržená přehrážka je posouzena ve statickém výpočtu stability proti převržení a stability proti posunutí, který je uveden v kapitole 9. Zpevnění spadiště v minimální délce 5,00 m je posouzeno ve výpočtu doskoku vodního paprsku v kapitole 11.

Návrh závěrové kamenné přehrážky S1 je graficky zpracovaný ve výkresech č. 12 a č. 13, které jsou přílohou diplomové práce.

Poznámka autora:

Návrh výše popsané závěrové kamenné přehrážky strže Schüttinggraben slouží pro účely diplomové práce. Stejně jako v případě závěrové kamenné přehrážky na strži Holzschlaggraben by bylo možné namísto závěrové kamenné přehrážky strže Schüttinggraben navrhnout dřevěný srubový stupeň popsaný v kapitole 8.1. Vedoucí katedry Mountain Risk Engineering, Univ. Prof. Johannes Hübl se stejně jako na strži Holzschlaggraben přiklání k variantě návrhu závěrového dřevěného srubového stupně.

9. Statické posouzení

Objekty hrazení bystřin jsou tížné příčné objekty, které se umísťují kolmo na trasu toku. Jejich stabilita závisí na tíze vyvolané daným příčným objektem a tlakové síle vody působící na daný příčný objekt. Statické posouzení příčných objektů spočívá v prokázání bezpečnosti proti převržení a bezpečnosti proti posunutí. Posuzování stability je možné dvojím způsobem – početně a graficky. Diplomová práce řeší v následujících kapitolách početní posouzení bezpečnosti proti převržení a bezpečnosti proti posunutí. (Riedl & Zachar, 1973)

9.1 Stabilita proti převržení

Stabilita proti převržení je posuzována tak, že výslednice tlaků, které působí na objekt a váhy zdiva nesmí vybočit z uvažované horizontální spáry. Při výpočtu se uvažuje 1,00 m široký výřez posuzovaného objektu. (Riedl & Zachar, 1973)

Míra bezpečnosti proti převržení se vypočte pomocí rovnice 1, kde Q (MPa) je tíha objektu, q (m) je rameno tíhy k otočné hraně, V (MPa) je tlaková síla vody a v (m) je rameno tlakové síly vody. (Skatula, 1960)

$$\frac{Q \cdot q}{V \cdot v} \geq 1,5 \quad (1)$$

Tíha objektu Q (MPa) je dána rovnicí 2, kde k (m) je šířka koruny posuzovaného objektu, b (m) je šířka základny posuzovaného objektu, h (m) je spádová výška posuzovaného objektu a γ_0 (kg/m³) je objemová váha materiálu použitého na stavbu objektu. (Skatula, 1960)

$$Q = \frac{k+b}{2} \cdot h \cdot \gamma_0 \quad (2)$$

Rameno tíhy objektu q (m) je dáno rovnicí 3, kde k (m) je šířka přehrážky v úrovni přelivné hrany a b (m) je šířka základny posuzovaného objektu. (Skatula, 1960)

$$q = b - \frac{1}{3} \cdot \frac{k^2 + k \cdot b + b^2}{k+b} \quad (3)$$

Tlaková síla vody V (MPa), která působí na posuzovaný objekt, se vypočte podle rovnice 4, kde x (m) je hloubka přelivné sekce posuzovaného objektu, h (m) je spádová výška posuzovaného objektu a γ (kg/m³) je objemová váha vody ve směsi se splaveninami. (Riedl & Zachar, 1973)

$$V = \frac{2 \cdot x + h}{2} \cdot h \cdot \gamma \cdot 1 \quad (4)$$

Rameno tlakové síly vody v (m) se vypočte podle rovnice 5, kde x (m) je hloubka přelivné sekce posuzovaného objektu a h (m) je spádová výška posuzovaného objektu. (Skatula, 1960)

$$v = \frac{h}{3} \cdot \frac{2 \cdot x + (x+h)}{2 \cdot x + h} \quad (5)$$

Výše popsany výpočet posouzení proti převržení je pro závěrovou kamennou přehrážku H1 na strži Holzschlaggraben uveden v tabulce č. 2 a pro závěrovou kamennou přehrážku S1 na strži Schüttinggraben je uveden v tabulce č. 3.

9.2 Stabilita proti posunutí

Stabilita proti posunutí je závislá na tíze posuzovaného objektu, tlakové síle vody působící na objekt a součiniteli tření v základové spáře. Při výpočtu se uvažuje 1,00 m široký výřez posuzovaného objektu. (Riedl & Zachar, 1973)

Míra bezpečnosti proti posunutí se vypočte pomocí rovnice 6, kde Q (MPa) je tíha objektu, V (MPa) je tlaková síla vody působící na posuzovaný objekt a f (-) je součinitel tření ve spáře mezi materiálem posuzovaného objektu a základovou půdou, popřípadě základovou konstrukcí. (Riedl & Zachar, 1973)

$$\frac{Q \cdot f}{V} \geq 1,2 \quad (6)$$

Tíha objektu Q (MPa) je dána rovnicí 2, tlaková síla vody V (MPa), která působí na posuzovaný objekt, se vypočte podle rovnice 4 a součinitel tření $f = 0,75$. (Skatula, 1960)

Výše popsany výpočet posouzení proti posunutí je pro závěrovou kamennou přehrážku H1 na strži Holzschlaggraben uveden v tabulce 2 a pro závěrovou kamennou přehrážku S1 na strži Schüttinggraben je uveden v tabulce 3.

Jak je vidět v tabulce 2 návrh přehrážky na strži Holzschlaggraben uvažuje, že spádová výška přehrážky je $h = 1,50$ m, hloubka přelivné sekce je $x = 0,80$ m, šířka přehrážky v úrovni přelivné hrany je $k = 1,33$ m a šířka základny objektu je $b = 1,48$ m. Materiál použitý na stavbu přehrážky je lomový kámen s objemovou hmotností $\gamma_0 = 2400$ kg/m³ (tuhý vápenec). Takto navržená přehrážka vyhovuje stabilitě proti převržení i stabilitě proti posunutí.

V tabulce 3 je uveden návrh přehrážky na Schüttinggraben kde se uvažuje, že spádová výška přehrážky je 1,80 m, hloubka přelivné sekce je $x = 0,70$ m, šířka přehrážky v úrovni přelivné hrany je $k = 1,32$ m a šířka základny objektu je $b = 1,50$ m. Materiál použitý na stavbu přehrážky je lomový kámen s objemovou hmotností $\gamma_0 = 2400$ kg/m³ (hutný vápenec). Takto navržená přehrážka vyhovuje stabilitě proti převržení i stabilitě proti posunutí.

Tabulka 2: Posouzení kamenné přehrážky na strži Holzschlaggraben

POSOUZENÍ ZÁVĚROVÉ KAMENNÉ PŘEHRÁŽKY H1 STRŽ HOLZSCHLAGGRABEN		
h (m)	spádová výška objektu	1.50 m
x (m)	výška průtočného profilu	0.80 m
k (m)	šířka koruny objektu	1.33 m
γ (kg/m ³)	objemová váha vody	1200 kg/m ³
γ_0 (kg/m ³)	objemová váha zdiva	2400 kg/m ³
f (-)	součinitel tření	0.75
b (m)	šířka základny objektu	1.48 m
Q (MPa)	tíha objektu	5058 MPa
q (m)	rameno tíhy objektu	0.78 m
V (Mpa)	tlaková síla vody	2790 MPa
v (m)	rameno tlakové síly vody	0.63 m
POSOUZENÍ STABILITY PROTI PŘEVŘZENÍ		
$\frac{Q \cdot q}{V \cdot v} \geq 1,5$		2.24 >1.50
VYHOVUJE		
POSOUZENÍ STABILITY PROTI POSUNUTÍ		
$\frac{Q \cdot f}{V} \geq 1,2$		1.36 >1.20
VYHOVUJE		

Tabulka 3: Posouzení kamenné přehrážky na strži Schüttinggraben

POSOUZENÍ ZÁVĚROVÉ KAMENNÉ PŘEHRÁŽKY S1 STRŽ SCHÜTTINGGRABEN		
h (m)	spádová výška objektu	1.80 m
x (m)	výška průtočného profilu	0.70 m
k (m)	šířka koruny objektu	1.32 m
γ (kg/m ³)	objemová váha vody	1200 kg/m ³
γ_0 (kg/m ³)	objemová váha zdiva	2400 kg/m ³
f (-)	součinitel tření	0.75
b (m)	šířka základny objektu	1.50 m
Q (MPa)	tíha objektu	6091.20 MPa
q (m)	rameno tíhy objektu	0.79 m
V (Mpa)	tlaková síla vody	3456.00 MPa
v (m)	rameno tlakové síly vody	0.73 m
POSOUZENÍ STABILITY PROTI PŘEVŘZENÍ		
$\frac{Q \cdot q}{V \cdot v} \geq 1,5$		1.91 >1.50
VYHOVUJE		
POSOUZENÍ STABILITY PROTI POSUNUTÍ		
$\frac{Q \cdot f}{V} \geq 1,2$		1.32 >1.20
VYHOVUJE		

10. Průtočná kapacita přelivu

Pro navržené přelivné sekce zděných kamenných přehrážek H1 a S1 je vypočtena průtočná kapacita přelivu bez zahrnutí vlivu přítokové rychlosti.

Výpočet průtočné kapacity závisí na tvaru a geometrii přelivné sekce. Tvar přelivných sekcí přehrážek H1 a S1 je lichoběžníkový. Délka přelivné hrany přehrážky H1 je $b_h = 1,50$ m a délka přelivné hrany přehrážky S1 je také $b_s = 1,50$ m. Výška přelivné sekce přehrážky H1 je $h_h = 0,80$ m a výška přelivné sekce přehrážky S1 je $h_s = 0,70$ m.

Výpočet průtočné kapacity přelivu je proveden podle rovnice (7) (Zuna, 2008) bez započtení vlivu přítokové rychlosti.

$$Q = M \cdot (b + 0.8 \cdot E_p) \cdot E_p^{1,5} \quad (7)$$

kde Q (m^3/s) je průtočné množství vody, M (-) je součinitel přepadu, b (m) je délka přelivné hrany a E_p (m) je energetický horizont k přelivné hraně. (Zuna, 2008) Bez započtení vlivu přítokové rychlosti je E_p rovno výšce přelivné sekce h (m).

Součinitel přepadu M (-) závisí na poměru t/y_p , kde t (m) je tloušťka konstrukce v přelivné hraně a y_p (m) je tloušťka přelivného paprsku. Součinitel přepadu pro přelivnou sekci přehrážky H1 je $M_h = 1,52$ (Zuna, 2008) a součinitel přepadu pro přelivnou sekci přehrážky S1 je $M_s = 1,48$ (Zuna, 2008).

Podle uvedeného postupu je vypočtená průtočná kapacita přelivu přehrážek H1 a S1 bez započtení vlivu přítokové rychlosti. Výpočet je pro přehrážku H1 uveden v tabulce 4 a pro přehrážku S1 v tabulce 5.

Tabulka 4: Výpočet kapacity přelivu přehrážky H1

VÝPOČET KAPACITY PŘELIVU PŘEHŘÁŽKY H1 NA STRŽI HOLZSCHLAGGRABEN		
b (m)	délka přelivné hrany	1.50 m
E_p (m)	energetický horizont k přelivné hraně	0.80 m
t/y_p (-)	poměr tloušťky konstrukce a přelivného paprsku	1.66
M (-)	součinitel přepadu	1.52
Q (m^3/s)	průtočné množství	2.33 m^3/s

Tabulka 5: Výpočet kapacity přelivu přehrážky S1

VÝPOČET KAPACITY PŘELIVU PŘEHRÁŽKY S1 NA STRŽI SCHÜTTINGGRABEN		
b (m)	délka přelivné hrany	1.50 m
E_p (m)	energetický horizont k přelivné hraně	0.70 m
t/y_p (-)	poměr tloušťky konstrukce a přelivného paprsku	1.89
M (-)	součinitel přepadu	1.48
Q (m³/s)	průtočné množství	1.79 m³/s

Výpočtem kapacity přelivu bylo zjištěno, že přelivná sekce navržené přehrážky H1 převede průtok $Q = 2,33 \text{ m}^3/\text{s}$ a přelivná sekce navržené přehrážky S1 převede průtok $Q = 1,79 \text{ m}^3/\text{s}$. Na základě dostupných informací je stoletý průtok na stržích Holzschlaggraben a Schüttinggraben nad ústím do hlavního toku Gimbach $1,00 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapacita přelivných sekcí navržených závěrových kamenných přehrážek tedy vyhovuje.

11. Výpočet doskoku vodního paprsku

Pro navržené závěrové přehrážky H1 a S1 je vypočtená délka doskoku vodního paprsku L_p (m). Délka doskoku vodního paprsku vyjadřuje, jak daleko dopadne vodní paprsek od přelivné hrany přehrážky. Délka doskoku vodního paprsku závisí na spádové výšce objektu a na energii vodního proudu na přelivné hraně. (Zuna, 2008)

Na základě tohoto výpočtu je tedy možné ověřit, zda navržená délka opevnění spadiště je vyhovující. Ve Studii zahrazení strží Schüttinggraben a Holzschlaggraben je navržená délka opevnění spadiště navrhovaných kamenných přehrážek H1 a S1 minimálně v délce 5,00 m.

Délka doskoku L_p (m) je vypočtená podle rovnice 8, kde E_p (m) je výška čáry energie přepadu, s (m) je spádová výška objektu a i_d (-) je podélný sklon spadiště. (Zuna, 2008)

$$L_p = 2 \cdot \sqrt{E_p \cdot (0,83 \cdot (s + L_p \cdot i_d) + 0,21 \cdot E_p)} \quad (8)$$

Hodnoty spádové výšky objektu s (m) a podélného sklonu spadiště i_d (-) jsou dány řešenou přehrážkou.

Výška čáry energie přepadu E_p (m) je vypočtená podle rovnice 9, kde y (m) je hloubka vody, α je Coriolisovo číslo, v (m/s) je rychlost proudící vody a g je gravitační zrychlení.

$$E_p = y + \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} \quad (9)$$

Rychlost vody v (m/s) se vypočte z rovnice 10, kde Q (m³/s) je průtok při maximální hloubce vody v přelivné sekci, který byl vypočten v kapitole 10 a S (m²) je plocha přelivné sekce.

$$v = \frac{Q}{S} \quad (10)$$

Coriolisovo číslo α vyjadřuje nerovnoměrnost bodových rychlostí vody v průtočném profilu a závisí na úrovni turbulence vodního proudu. (Zuna, 2008) Pro koryto řešených horských strží s vysokou drsností a vysokým podélným sklonem je zvolena hodnota Coriolisova čísla $\alpha = 1,5$.

Potřebné hodnoty k výpočtu délky doskoku vodního paprsku přehrážky H1 a S1 jsou uvedeny spolu s výpočtem v tabulce 6.

Tabulka 6: Výpočet délky doskoku vodního paprsku

Veličina	Přehrážka H1	Přehrážka S1
s (m)	1.50	1.80
i_d (-)	0.30	0.30
y (m)	0.80	0.70
Q (m ³ /s)	2.33	1.79
S (m ²)	1.84	1.54
v (m/s)	1.27	1.16
α (-)	1.50	1.50
E_p (m)	0.92	0.80
L_p (m)	2.81	2.75

Výpočet délky doskoku vodního paprsku je uveden v tabulce 6. Délka doskoku vodního paprsku pro přehrážku H1 je $L_p = 2,81$ m a délka doskoku vodního paprsku pro přehrážku S1 je $L_p = 2,75$ m. Navržená úprava spadiště v minimální délce 5,00 m vyhovuje.

12. Závěr

Cílem diplomové práce bylo formou studie navrhnout zahrazení aktivních strží Schüttinggraben a Holzschlaggraben, které se nacházejí na povodí Gimbach v severovýchodních Alpách. Návrh zahrazovacích úprav na dotčených stržích povede ke stabilizaci strží a ke zmírnění dnové a břehové eroze.

Prvním dílčím cílem bylo provést terénní průzkum zájmového území včetně zaměření stávajících objektů pomocí ručního přijímače GPS.

Druhým dílčím cílem bylo provedení popisu a posouzení stávajících objektů na řešených stržích Schüttinggraben a Holzschlaggraben. V rámci diplomové práce byl popsán také hlavní tok Gimbach a objekty nacházející se na hlavním toku, včetně uvedení návrhu rekonstrukce těchto objektů.

Na základě zaměření, terénních průzkumů a podkladů poskytnutých katedrou Mountain Risk Engineering na univerzitě Natural Resources and Life Sciences Vienna byl proveden návrh stabilizace strží Schüttinggraben a Holzschlaggraben pomocí nových dřevěných srubových stupňů, nových závěrových kamenných přehrážek a pomocí rekonstrukce stávajících kamenných přehrážek.

Navržené závěrové kamenné přehrážky byly posouzeny na stabilitu proti posunutí a proti převržení. Kapacita přelivných sekcí nových závěrových kamenných přehrážek byla posouzena pomocí výpočtu kapacity přelivu. Pro nové závěrové kamenné přehrážky byl také vypočten doskok vodního paprsku.

Technický popis návrhu zahrazení aktivních strží Schüttinggraben a Holzschlaggraben je doplněn o zjednodušené výkresy a o orientační ceny navržených objektů.

Diplomová práce je součástí komplexní studie povodí Gimbach, která má za úkol zamezit transport splavenin na hlavním toku Gimbach a ochránit tak malou vodní elektrárnu Ebensee, výrobu soli Salinen Austria a železniční trať mezi městy Bad Ischl a Ebensee.

Literatura

Austrian Standards plus Publishing. (2014). *ONR 24800 Schutzbauwerke der Wildbachverbauung - Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung*. Wien: Austrian Standards plus Publishing.

Český normalizační institut. (1997). *ČSN 75 2106 Hrazení bystřín a strží*. Praha: Český normalizační institut.

Riedl, O., & Zachar, D. (1973). *Lesotechnické meliorace*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

Rubín, J. (1986). *Atlas zemních skalních a půdních tvarů*. Praha: Academia.

Skatula, L. (1960). *Hrazení bystřín a strží*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

Universität für Bodenkultur Wien. (2003). *Dokumentation und Grundlagenerhebung zur Aufarbeitung der Hochwasserereignisse vom August 2002 im Bereich der WLW - Gebietsbauleitung Salzkammergut*. Wien: Universität für Bodenkultur Wien.

Universität für Bodenkultur Wien. (2015). *Geschiebemanagementkonzept Gimbach*. Wien: Universität für Bodenkultur Wien.

Wikipedia. (2015). Načteno z Wikipedia: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kar>

Zuna, J. (2008). *Hrazení bystřín*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT.

Seznamy

Seznam obrázků

Obrázek 1: Poloha zájmového území vyznačená červeným bodem	11
Obrázek 2: Povodí Frauenweissenbach rozdělené na devět dílčích povodí	12
Obrázek 3: Povodí Gimbach vyznačené červenou linií	14
Obrázek 4: Strže na povodí Gimbach	15
Obrázek 5: Přehrážka Sperre I.....	21
Obrázek 6: Schéma rekonstrukce přehrážky Sperre I.....	21
Obrázek 7: Kamenné stupně na ř. km 0,37 až 0,95	22
Obrázek 8: Soustava kamenných a betonových přehrážek	23
Obrázek 9: Pohled na kaskádu kamenných stupňů a přehrážek	24
Obrázek 10: Dümlersperre, ř. km 1,48	24
Obrázek 11: Pohled do retenčního prostoru Dümlersperre.....	25
Obrázek 12: Pohled na kaskádu betonových přehrážek.....	26
Obrázek 13: Mohutné sesuvy půdy na levém břehu toku Gimbach	26
Obrázek 14: Pohled na ř. km 1,90 až 2,50.....	27
Obrázek 15: Horní úsek strže Holzschlaggraben, pohled proti proudu	29
Obrázek 16: Horní úsek strže Holzschlaggraben, pohled po proudu	29
Obrázek 17: Střední úsek strže Holzschlaggraben, pohled po proudu	30
Obrázek 18: Dolní úsek strže Holzschlaggraben	31
Obrázek 19: Pohled na ústí strže Holzschlaggraben	31
Obrázek 20: Pohled směrem proti proudu na přehrážku H1	32
Obrázek 21: Pohled na přehrážku H2.....	33

Obrázek 22: Pohled na přehrážku H3	34
Obrázek 23: Dřevěný stupeň na strži Holzschlaggraben	35
Obrázek 24: Horní úsek strže Schüttinggraben.....	38
Obrázek 25: Střední úsek strže Schüttinggraben.....	39
Obrázek 26: Střední úsek strže Schüttinggraben.....	39
Obrázek 27: Dolní úsek strže Schüttinggraben.....	40
Obrázek 28: Závěrová kamenná přehrážka na Schüttinggraben	41
Obrázek 29: Dřevěný srubový stupeň na strži Schüttinggraben.....	42
Obrázek 30: Stavba železobetonové přehrážky.....	50
Obrázek 31: Kamenné stupně na toku Gimbach.....	83
Obrázek 32: Soustava příčných objektů na toku Gimbach.....	83
Obrázek 33: Pohled z koruny přehrážky Dümlersperre.....	84
Obrázek 34: Sesuvy půdy na povodí Gimbach	84
Obrázek 35: Pohled na strž Uibelgraben	85
Obrázek 36: Dolní úsek strže Finsterwaldgraben.....	85
Obrázek 37: Pohled na strž Tiefergraben	86
Obrázek 38: Horní úsek strže Holzschlaggraben	87
Obrázek 39: Horní úsek strže Schüttinggraben.....	88
Obrázek 40: Dřevěný stupeň.....	88
Obrázek 41: Dřevěný stupeň.....	89
Obrázek 42: Dřevěný stupeň.....	89

Seznam tabulek

Tabulka 1: Záznam z meteorologických stanic.....	18
Tabulka 2: Posouzení kamenné přehrážky na strži Holzschlaggraben	71
Tabulka 3: Posouzení kamenné přehrážky na strži Schüttinggraben.....	72
Tabulka 4: Výpočet kapacity přelivu přehrážky H1.....	73
Tabulka 5: Výpočet kapacity přelivu přehrážky S1	74
Tabulka 6: Výpočet délky doskoku vodního paprsku	76

Seznam výkresů

Výkres 1: Situační výkres širších vztahů	1:75000
Výkres 2: Speciální situační výkres	1:5000
Výkres 3: Celková situace	1:2000
Výkres 4: Podélný profil strže Holzschlaggraben	1:1500
Výkres 5: Podélný profil strže Schüttinggraben.....	1:1500
Výkres 6: Zděná kamenná přehrážka H1 – půdorys a řez A-A'	1:100
Výkres 7: Zděná kamenná přehrážka H1 – řez B-B' a řez C-C'	1:100
Výkres 8: Zděná kamenná přehrážka H2 – půdorys a řez A-A'	1:100
Výkres 9: Zděná kamenná přehrážka H2 – řez B-B'	1:100
Výkres 10: Zděná kamenná přehrážka H3 – řez A-A' a řez B-B'	1:100
Výkres 11: Dřevěný srubový stupeň H5	1:100
Výkres 12: Zděná kamenná přehrážka S1 – půdorys a řez A-A'	1:100
Výkres 13: Zděná kamenná přehrážka S1 – řez B-B' a řez C-C'	1:100
Výkres 14: Dřevěný srubový stupeň S2	1:100

Fotodokumentace



Obrázek 31: Kamenné stupně na toku Gimbach



Obrázek 32: Soustava příčných objektů na toku Gimbach



Obrázek 33: Pohled z koruny přehrážky Dümlersperre



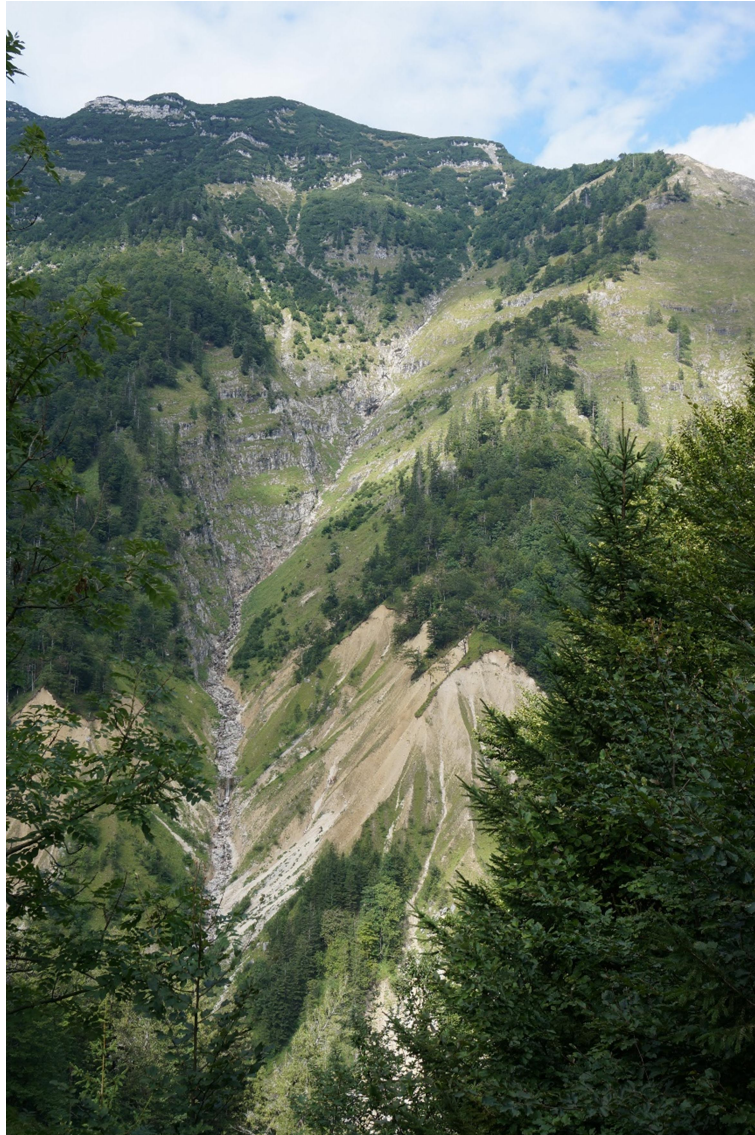
Obrázek 34: Sesuvy půdy na povodí Gimbach



Obrázek 35: Pohled na strž Uibelgraben



Obrázek 36: Dolní úsek strže Finsterwaldgraben



Obrázek 37: Pohled na strž Tiefergraben



Obrázek 38: Horní úsek strže Holzschlaggraben



Obrázek 39: Horní úsek strže Schüttinggraben



Obrázek 40: Dřevěný stupeň



Obrázek 41: Dřevěný stupeň



Obrázek 42: Dřevěný stupeň