

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny



**Lesnická
a dřevařská
fakulta**

Návrh stabilizace břehu v oblasti Osada, nádrž Brno

Diplomová práce

**Vedoucí diplomové práce:
Vypracoval:**

**Prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger
Bc. Tomáš Třeštík**

BRNO 2015/2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „Návrh stabilizace břehu v oblasti Osada, nádrž Brno“ zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona. Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:.....

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Prof. Dr. Ing. Miroslavu Šlezingrovi za odborné vedení, rady a poskytnuté podklady k vypracování mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval Bc. Stanislavu Křečkovi za ochotnou pomoc v terénu a Bc. Martině Jaškové za trpělivost a jazykovou korekturu.

Autor: Bc. Tomáš Třeštík

Název diplomové práce: Návrh stabilizace břehu v oblasti Osada, nádrž Brno

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou abraze na Vodní nádrži Brno v oblasti Osada. V rámci práce je řešen výpočet abrazní terminanty, pomocí kterého je stanovena prognóza ústupu břehové čáry.

Na základě nutnosti stabilizace břehu a zabránění dalšího ústupu břehové čáry jsou v práci navrženy různé možnosti řešení situace pomocí aktivní protiabrazní stabilizace. Celkem je v práci popsáno a navrženo šest typů řešení stabilizace břehu a jejich nejvhodnější kombinace v dané lokalitě. Tato navržená opatření mají zabránit, případně výrazně zpomalit další rozrušování břehu v oblasti Osada.

Klíčová slova

Abraze, stabilizace, vodní nádrž, opevnění břehu, prognóza ústupu břehové čáry

Name of author: Bc. Tomáš Třeščík

Title: Proposal for stabilization of a shoreline in Osada, Brno reservoir

Abstract

This thesis deals with abrasion of Brno reservoir at the position „Osada“. As a part of the work I calculated the abrasion terminanty through which the prognosis of the shoreline retreat is defined.

Due to need of stabilizing of the shoreline and preventing the further shoreline retreat I proposed various solutions of situation by implementing active antiabrasion stabilization. I propose and describe six types of solving stabilization of particular features and their optional combination in the area of concern. These measures are designed to prevent, or at least significantly slow down, another shoreline abrasion of the Brno valley reservoir

Key words

Abrasion, stabilization, reservoir, bank fortifications, Prognosis retreat of bank line

Obsah

Úvod.....	8
1. Průvodní zpráva	9
1.1. Správní orientace.....	9
1.2. Geodetické podklady.....	10
1.3. Hydrologické podklady	10
1.4. Geologické údaje.....	13
1.5. Požadavky na odběry	15
1.6. Čistota vod	16
1.7. Průmysl	18
1.8. Zemědělství.....	18
1.9. Lesnictví.....	19
1.10. Rekreační využití.....	19
1.11. Splavnost toku	21
1.12. Životní prostředí – současný stav	22
2. Technická zpráva	25
2.1. Správní orientace.....	25
2.2. Úvodní část.....	26
2.3. Popis stávajícího stavu	28
2.4. Návrh úpravy břehu.....	30
2.4.1. Návrh úpravy břehu pomocí gabionového vlnolamu	31
2.4.2. Návrh úpravy břehu pomocí podélné přerušované hrázky	32
2.4.3. Návrh úpravy pomocí vlnolamu z šachovnicově postavených kůlů.....	33
2.4.4. Návrh úpravy břehu pomocí výhonu šikmého k břehové čáře	34
2.4.5. Návrh úpravy pomocí zápletového plůtku, oživeného vrbovými prýty ...	35
2.4.6. Návrh úpravy pomocí Vrbového porostu	36

2.5.	Technicko-ekonomické zhodnocení, výsledky hodnocení vlivu na ŽP	37
2.6.	Použitá a doporučená literatura	44
3.	Hydrologické výpočty.....	46
3.1.	Výpočet abrazní terminanty	46
4.	Závěr	68
5.	Summary	69
6.	Grafické přílohy	70

Úvod

Vodní nádrž Brno, rovněž známá jako Kníničská přehrada či Brněnská přehrada je jedním z vodních děl navržených a naplánovaných ještě před druhou světovou válkou. Projektová příprava a práce na fyzikálních modelech v laboratořích Brněnského vysokého učení technického probíhaly více než deset let. Následná výstavba přehrady probíhala mezi lety 1936 až 1940.

Jednou z významných otázek spojovanou s údolními nádržemi je problematika stabilizace břehů. Velmi často je stabilita břehů nádrže považována za méně podstatnou a není řešena vůbec, popřípadě jen v místech, kde by ústup břehové čáry mohl poškodit okolní infrastrukturu. Stabilitu břehů nádrží nejvíce ohrožuje abrazní činnost. Abrazie je v tomto případě chápána jako plošné obrušování břehu pohybem vody, spojené s přemísťováním a ukládáním uvolněného materiálu. V místě paty abrazního srubu je materiál břehu vyplavován a postupně smýván do nádrže. Pod abrazním srubem postupně vzniká takzvaná abrazní plošina, což je plocha ustáleného sklonu směřující do nádrže. Na abrazní proces má nejzásadnější vliv vlnění hladiny, ale vliv má na něj celá řada dalších faktorů, jako je třeba náchylnost břehu k erozi. K rozplavování břehu a k ústupu břehové čáry dochází až do nejzazšího bodu, kde se abraze samovolně zastaví.

Plošná protiabrazní opatření se ve většině případů neprovádějí hlavně z důvodů vysokých finančních nákladů. V praxi lze však relativně snadno vytipovat nejohroženější místa, například pomocí stanovení prognózy ústupu břehové čáry. Pomocí této metody je stanoven právě onen bod, kde se abraze samovolně zastaví. Tento bod nazýváme *abrazní terminanta*. V mnoha případech však nemůžeme dovolit abrazi postupovat až k bodu, kde se samovolně zastaví. V těchto případech je vhodné navrhnout vhodná protiabrazní opatření.

1. Průvodní zpráva

Průvodní zpráva obsahuje základní informace o lokalitě, o podkladech, geologii, pedologii, průmyslu atd.

1.1. Správní orientace

Jméno akce: Návrh stabilizace břehu v oblasti Osada, nádrž Brno.

Lokalizace: Oblast Osada se nachází na levém břehu Vodní nádrže Brno. Přehradní hráz Vodní nádrže Brno leží, dle digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD), na 50,8 km říčního toku řeky Svratky. Kilometráž řeky Svratky v místě návrhu stabilizace je dle DIBAVOD okolo 53 km. Zvolená lokalita se nachází v České republice, v Jihomoravském kraji. Jedná se o katastrální území Brno-venkov.

Investor: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Česká republika, info@mendelu.cz, +420 545 131 111, IČ 62156489, DIČ CZ62156489.

Projektant: Bc. Tomáš Třeštík, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Česká republika, xtresti2@node.mendelu.cz, 737 828 093, IČ 62156489, DIČ CZ62156489.

Provozovatel: Povodí Moravy, s. p., RNDr. Jan Hodovský, Dřevařská 11, 602 00 Brno, info@pmo.cz, +420 541 637 111, IČ: 70890013, DIČ: CZ70890013.

Předpokládaný termín zahájení, dokončení stavebních prací: Termín zahájení jaro 2016, termín dokončení podzim 2016.

1.2. Geodetické podklady

Základní mapa ČR 1:50 000

Základní mapa ČR 1:10 000

Geodetické zaměření lokality od prof. Dr. Ing. Miloslava Šlezingra

Vlastní měření sklonu abrazní plošiny

1.3. Hydrologické podklady

Vodní nádrž Brno leží na největším levobřežním přítoku řeky Dyje, na řece Svratce. Povodí řeky Svratky má rozlohu 1483, 96 km². Délka povodí je přibližně 115 km, šířka cca 60 km. Průměrné roční srážky v povodí dosahují hodnoty okolo 690 mm. Tvar povodí tvoří pravidelný obdélník s delší osou ve směru severozápad-jihovýchod. Nejvyšší bod povodí je nejvyšší hora českomoravské vysočiny Devět skal s nadmořskou výškou 837 m n.m. Nejnižším bodem je ústí Svratky do Dyje, které se v dnešní době nachází v oblasti střední nádrže Novomlýnských nádrží, v nadmořské výšce přibližně 167 m. Délka rozvodnice je 402 km. (Šlezinger, 1998)

Řeka Svratka je sto sedmdesát kilometrů dlouhý tok. (Brodesser, 2003) Pramení na jihozápadním úbočí Žákovy hory ve výšce asi 780 m n. m., a to výtokem z tzv. „černého bahna“. Od pramene dále odtéká směrem severovýchodním, nevelkým horským žlebem, obloukem obtéká Žákovu horu (808 m n. m.). Pod obcí Svratka pak řeka zvolna obrací svůj tok k jihovýchodu, u Mílov se prudce obrací k severovýchodu, aby pokračovala směrem východním a následně pod soutokem s Bílým potokem zamířila k jihovýchodu. (Šlezinger, 1998) Název řeky nejspíše souvisí germánským „Swarta“, z čehož posouváním vzniklo později používané „Schwarza“, což znamená černá, tmavá řeka. Tak řeku patrně nazvali Langobardi. Od 16. století převládá pojmenování řeky „Švarcava“, který se výjimečně v hovorové mluvě objevuje dodnes. (Brodesser, 2003)

Odtokové poměry na toku Svratka

Dle údajů z vodoměrné stanice Veverská Bítýška průměrný je roční průtok 8,28 m³/s. Staničení vodoměrné stanice se nachází na 66,7 ř. km. Číslo hydrologického pořadí 4-15-01-141.

Tabulka č. 1 N-leté průtoky na vodoměrné stanici Veverská Bítýška

N-leté průtoky	Veverská Bítýška	
Q ₁	60	m ³ /s
Q ₅	126	m ³ /s
Q ₁₀	159	m ³ /s
Q ₅₀	241	m ³ /s
Q ₁₀₀	280	m ³ /s

Tabulka č. 2 M-denní průtoky na vodoměrné stanici Veverská Bítýška

M-denní průtoky	Veverská Bítýška	
Q _{364d}	0,359	m ³ /s
Q _{355d}	1,16	m ³ /s
Q _{270d}	3,16	m ³ /s
Q _{180d}	4,86	m ³ /s
Q _{30d}	17,7	m ³ /s

Srážkové poměry v oblasti:

Průměrné roční srážky na vodoměrné stanici Veverská Bítýška jsou 653 mm. Průměrné roční srážky v povodí jsou okolo 690 mm. Srážkový úhrn ve vegetačním období je 350 až 400 mm a srážkový úhrn v zimním období je mezi 200 až 250 mm.

Klimatické údaje: celá oblast Vodní nádrže Brno spadá do mírně teplé oblasti s označením MT11 dle Quittovy (2011) klimatické klasifikace.

Charakteristika mírně teplé oblasti MT11:

Tabulka č. 3 Charakteristika mírně teplé oblasti MT11 dle Quitta (2011)

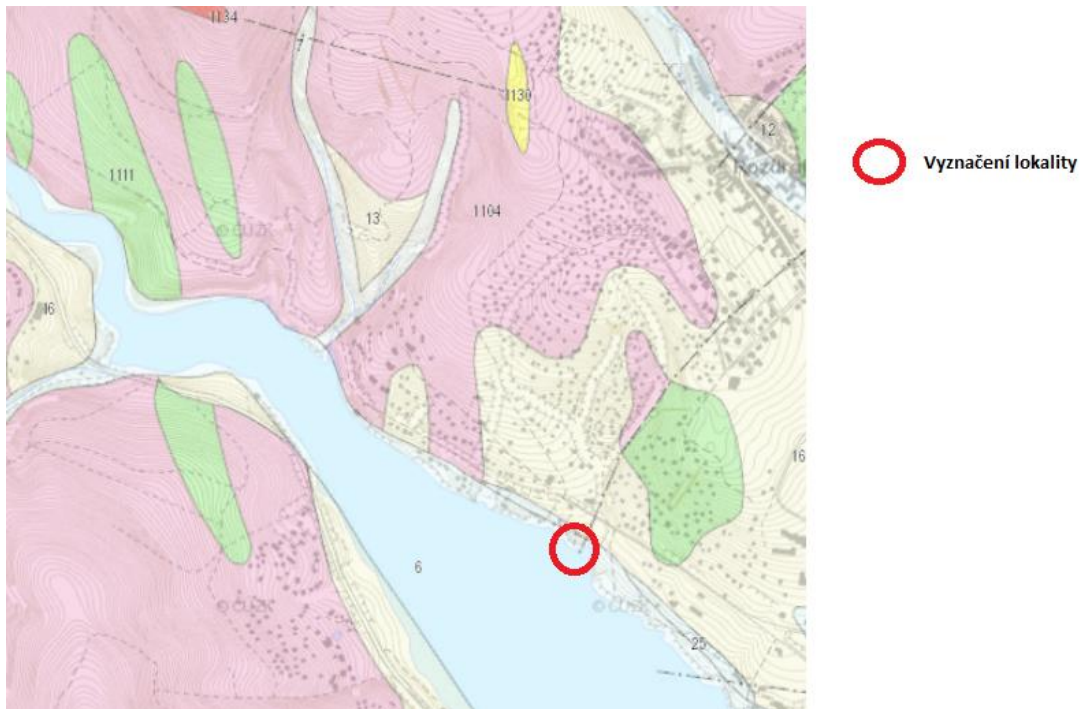
Počet letních dnů	40 - 50
Počet dnů s teplotou alespoň 10°C	140 - 160
Počet mrazových dnů	110 - 130
Počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu	(- 2) - (- 3) °C
Průměrná teplota v dubnu	7 - 8 °C
Průměrná teplota v červenci	17 - 18
Průměrná teplota v říjnu	7 - 8 °C
Počet dnů se srážkami alespoň 1 mm	90 - 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 - 400
Srážkový úhrn v zimním období	200 - 250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50 - 60
Počet dnů jasných	120 - 150
Počet dnů zatažených	40 - 50

1.4. Geologické údaje

Geologické poměry v povodí řeky Svratky jsou velmi pestré, je zde zastoupena celá řada geologických formací. Oblast je tvořena několika tektonickými jednotkami. Jsou to: moldanobikum, moravikum, svrchnokřídová tabule, boskovická brázda, masiv brněnské vyvřeliny, devon, karbon, perm, jura, svrchní křída, neogen, diluvium a aluvium. Dle rozsahu jednotlivých útvarů a hornin je možno odhadnout, že povodí je tvořeno $\frac{3}{4}$ horninami krystalinika a vyvřelinami, a přibližně z $\frac{1}{4}$ horninami usazenými. (Brodesser, 2003)

Důležitými geologickými formacemi v okolí Vodní nádrže Brno je především boskovická brázda, která je jako tektonická propadlina vyplněna především permskými sedimenty, dále pak v menší míře sedimenty svrchnokřídovými, miocénními a čtvrtohorními. Inundační koryto řeky Svratky je tvořeno neogenními sedimenty, které ukazují na před neogenní stáří koryta toku. Diluviální sedimenty jsou tvořeny sprašemi, sprašovými hlínami a terasovitými štěrky a písky. Spraše, jako nejstarší diluviální horniny, kryjí značné oblasti v okolí Brna. Nejmladší holocenní neboli aluviální sedimenty, vyplňují dna údolí podél hlavního toku i přítoků a jsou tvořeny štěrky, písky, hlínami a jíly v nepravidelném vrstvení. (Šlezinger, 1998)

Dominantním geologickým podložím vybrané lokality je dle geologické mapy 1:50 000 (dostupné online na http://mapy.geology.cz/geocr_50/) biotický až amfibol biotický granodiorit zasahující na vybranou lokalitu ze severu a západu. Patří do jednotky Brněnského masivu, moravskoslezské oblasti a soustavy Českého masivu. Typ horniny je magmatit hlubinný s mineralogickým složením biotit amfibol biotit typu Veverská Bítýška. Druhým výrazným geologickým prvkem na vybrané lokalitě je spraš a sprašová hlína, zasahující na danou lokalitu od jihu a východu. Jedná se o nezpevněný sediment oblasti kvartéru soustavy Českého masivu. Pouze v zářezu břehu více do terénu, v místech kde prochází nepravidelná vodoteč, se vyskytuje smíšený sediment oblasti kvartéru, opět soustavy Českého masivu. Jedná se o písčito-hlinitý až hlinito-písčité nezpevněný sediment.



Obrázek č. 1 Výřez z geologické mapy s okolím vybrané lokality

Geomorfologická klasifikace:

- *Provincie: Západní Karpaty*
- *Soustava: Česko-moravská soustava*
- *Podsoustava: Brněnská vrchovina*
- *Celek: Bobravská vrchovina*
- *Podcelek: Liptovská vrchovina*
- *Okrsek: Trnovka*

(<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Geology&keywordList=inspire> citováno dne 5. 2. 2016)

Pedologie:

Dle pedologické mapy, dostupné online, se na lokalitě nachází čtyři půdní typy. Dominantním půdním typem je zde hnědozem modální. Na břehové hraně v oblasti mezi chatou Ája a údolím se nachází kambizem arenická. V závětrné oblasti malého zálivu se nachází kambizem modální a na dně rokle, kde se vyskytuje občasná vodoteč, můžeme najít fluvizem modální. (<http://mapy.geology.cz/pudy/> citováno dne 6. 2. 2016)

1.5. Požadavky na odběry

Nejvýznamnějším odběratelem je Povodí Moravy, s.p., které má povolení na vzdouvání vody a její akumulaci na řece Svatce. Vodní nádrž Brno je vybudována také z důvodu zajištění odběru vody pro špičkovou vodní elektrárnu. Provozovatelem této elektrárny je ČEZ a.s. Je určena k vykrývání zvýšené spotřeby elektrické energie v čase ranních a večerních energetických špiček. Uvedena do provozu byla v roce 1941. Je osazena jedním vertikálním turbosoustrojím s Kaplanovou turbínou, vyrobenou firmou Storek. Turbína má sice maximální hltnost $22 \text{ m}^3/\text{sec.}$, ale optimálně pracuje při hltnosti $17\text{--}18 \text{ m}^3/\text{s}$. Instalovaný výkon elektrárny je 3100 kW a při maximálním spádu hladin je dosahován. V letech 2009-2010 proběhla rekonstrukce malé vodní elektrárny Kníničky za desítky milionů korun, která znamená zvýšení účinnosti o 10 procent, vyšší produkci elektřiny a zmírnění dopadů provozu na životní prostředí. Celá akce si postupně vyžádala mj. celkové odstavení provozu elektrárny, vybourání a odvoz starého soustrojí. Po dohodě s Povodím Moravy, s.p. došlo také k plánovanému částečnému vypuštění přehradní nádrže. Prošla postupně kompletní modernizací nejdůležitějších částí. Bylo vyměněno oběžné kolo, lopaty, regulátor turbíny, klapkový uzávěr a hrabací stroj. Malá vodní elektrárna Kníničky ročně vyrobí zhruba 7 milionů kWh elektřiny, což znamená pokrytí celoroční spotřeby asi dvou tisíc domácností. (<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/brno-kninicky.html> citováno 6. 3. 2016)

V minulosti byla odběratelem úpravna povrchových vod Brno-Pisárky, ve vlastnictví města Brna. Úpravna povrchových vod Brno-Pisárky měla povolený maximální odběr $16\,000 \text{ m}^3/\text{rok}$. Od roku 2001 sloužila již pouze jako rezervní zdroj pro mimořádné provozní situace a havarijní případy, jako záložní zdroj pitné vody. Od roku 2008 vodu do vodovodní sítě již nedodávala vůbec. V květnu 2013 byl provoz úpravny vody Brno-Pisárky ukončen. Taktéž byl v minulosti odběratelem vody bývalý areál VUT Brno v Kníničkách. Odběry vody sloužily pro modelování hydraulických jevů v laboratořích. Maximální množství odběru bylo 600 l/s . (<http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/zasobovani-pitnou-vodou/uv-pisarky/> citováno dne 6. 3. 2016)

1.6. Čistota vod

Čistota vody ve Vodní nádrži Brno je značně komplikovaná. Největším problémem je i dnes výskyt sinic. Množství sinic obsažených ve vodě posledních třicet roků rekordně narůstalo. V 80. letech nebylo možné přehradu z tohoto důvodu využívat přibližně od první poloviny srpna. Po roce 2000 tato situace nastávala již v druhé polovině června, tedy na začátku letní sezóny. Proto se začala hledat řešení, jak kvalitu vody zlepšit.

Od roku 2007 byl na břehy odpuštěné přehrady několikrát letecky aplikován vápenný hydrát. Vápno mineralizovalo živiny obsažené v půdě a tím je částečně znepřístupnilo jako potravu pro sinice. Koncem června roku 2009 došlo k řízenému odpuštění Brněnské přehrady o 10 metrů vodního sloupce, čímž se odkryla běžně zatopená plocha velikosti přibližně 130 ha. Tato plocha měla být vhodným ošetřením částečně zbavena sedimentů (živin pro sinice). Během léta však pořád ještě nebylo známo, kdo vlastně bude přehradu čistit. Výběrové řízení nakonec začátkem listopadu vyhrála brněnská firma IMOS Brno, a.s. Do jara provedla tato firma odstranění odpadků a vzrostlé biomasy (náletových rostlin). Přibližně v druhé polovině března roku 2010 byla přehrada opět plně napuštěna.

V této době zahájil IMOS Brno, a.s. testovací provoz dvaceti aeračních (provzdušňovacích) věží, které měly okysličováním vody zpomalit růst sinic. Brzy se však ukázalo, že výkon těchto věží není dostatečný. Do vody byl proto v horní části přehrady navíc přidáván roztok síranu železitého, který má schopnost srážet fosfor – hlavní živinu pro sinice. Další opatření spočívalo v úpravě rybí obsádky. Některé druhy ryb (např. cejnci, cejnci nebo plotice) totiž vyhledávají potravu přerýváním dna. Jelikož touto činností dochází k uvolňování fosforu s usazenin na dně přehrady, bylo přibližně 3000 kg těchto ryb odloveno a převezeno do jiných rybářských revírů. Do přehrady naopak rybářský svaz údajně vysadil 3000 kusů štik. Plán stanovil vysadit do konce roku 2012 dalších 1800 kusů štik a 2500 kusů candáta. Uvedené změny by měly sloužit k lepšímu vyvážení poměru mezi bílou a dravou rybou a mít tak částečný podíl na ozdravění vody v Brněnské přehradě.

V roce 2011 byly aerační věže přemístěny blíže k hladině a tím zvýšena jejich účinnost. Tento rok prokázal, že výše uvedená opatření přinášejí požadovaný efekt. Hygienické limity pro koupání nebyly v žádné části přehrady překročeny (v roce 2010

došlo k překročení těchto limitů jen zcela krátkodobě, a to pouze v Rakovecké zátoce a u hráze).

V letech 2012–2015 byla kvalita vody opět velmi dobrá. Zásahu na tom mělo především zvýšené přidávání síranu železitého do vody během letní sezóny a částečně i výkon provzdušňovacích věží. V přehradě se po mnoha letech znovu objevili raci, což je důkazem, že voda je opravdu čistá (malí ráčci byli objeveni v trávícím ústrojí některých dravých ryb).

Tabulka č. 4 maximální naměřené hodnoty počtu buněk sinic na 1 ml vody v letech 2006–2014. Hygienický limit pro pobyt ve vodě je 100 000 buněk.

Maximální naměřené hodnoty počtu buněk sinic na 1 ml vody v letech 2006-2014							
2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014
35 000 000	38 000 000	42 000 000	5 500 000	120 000	25 000	29 000	16 000

Dle propočtu odborníků stále přitéká do Brněnské přehrady asi 34 tun fosforu ročně. Mnoho obcí v okolí řeky Svratky nemá u svých čističek zařízení k jeho odstraňování. Ve spodní části přehrady, kde se nachází největší množství rekreačních staveb, není dobudována kanalizace. Velké množství sinic je také do přehrady splaveno z okolních rybníků. Jejich stojatá prohřátá voda slouží sinicím jako ideální líheň. Pokud nebudou nejprve odstraněny všechny příčiny znečištění Brněnské přehrady, potom je veškerá snaha o trvalou nápravu zbytečná. (Citováno dne 12. 3. 2016 http://www.brnenskaprehrada.cz/p_dnes.html)

1.7. Průmysl

V povodí řeky Svratky nad územím Vodní nádrže Brno se nachází velký počet obcí a menších měst. Z větších podniků nacházejících se v blízkosti řeky Svratky a jejích přítoků můžeme uvést závod firmy HARTMAN –RICO, a.s. ve Veverské Bítýšce na výrobu zdravotnických prostředků. V městě Kuřim se nachází firma TOS KUŘIM vyrábějící obráběcí stroje a věznice Kuřim s provozem různých dílen a soukromých firem.

Podniky evidované v systému POVIS (povodňový informační systém) jako ohrožené nebo ohrožující:

Podnik MEZ Nedvědice a.s. sídlící v obci Nedvědice. Tato společnost se zabývá výrobou čerpadel, míchadel, elektromotorů, generátorů a odvozených zařízení.

Dále je v POVIS evidována čistírna odpadních vod Nedvědice.

Tyto podniky leží v záplavovém území řeky Svratky nad Vodní nádrží Brno, které by v případě povodně či havárie mohli způsobit únik látek a materiálů do vody.

1.8. Zemědělství

Dle Českého statistického úřadu je okres Brno - venkov stále i přes strukturální změny v hospodářství v posledním desetiletí okresem průmyslově zemědělským. Díky příznivým půdním a klimatickým podmínkám má na území okresu bohatou tradici zemědělství, které je zaměřeno na výrobu obilovin, okopanin a na pěstování ovoce, zeleniny i vinné révy. Zemědělská půda zabírá 56,4% z celkové plochy okresu. (Citováno dne 22. 3. 2016 https://www.czso.cz/csu/czso/13-6225-03-2001-1__charakteristika_okresu_a_vyvoj_sidelni_struktury)

První obcí navazující na katastrální území Brno – město, na němž leží vybraná lokalita, je Veverská Bítýška. Pro představu využití půdy v okolí přehrady jsou zde uvedeny data z regionálního informačního servisu RIS provozovaného centrem pro regionální rozvoj České republiky. Obec Veverská Bítýška má rozlohu katastrálního území 1 360 ha. Celková zemědělská půda má 697 ha z čehož je 613 ha orné půdy. Zbytek tvoří zahrady (46 ha), ovocné sady (6 ha) a trvalé travní porosty (31 ha). (Citováno dne 22. 3. 2016 <http://www.risy.cz/cs/vyhledavace/obce/detail?Zuj=584100>)

1.9. Lesnictví

Okolí Brněnské přehrady z větší části obklopují lesy. V blízkosti vybrané lokality se nachází přírodní park Podkomorské lesy. Jedná se o příměstské lesy spadající do kategorie lesů zvláštního určení. V těchto lesích je plnění mimoprodukčních funkcí lesa nadřazeno funkcím produkčním. Podkomorské lesy jsou nejrozsáhlejší komplex lesů na území města Brna. Na vybraném lokalitě, dle mapového portálu geoportal.uhul.cz, se nacházejí lesy spadající z hlediska vlastnických poměrů do městských lesů. Cílovým hospodářským souborem je zde i v širokém okolí HS 25 – živná stanoviště nižších poloh.

1.10. Rekreační využití

Vodní nádrž Brno je velmi oblíbeným místem rekreace místních obyvatel i turistů. Okolí Brněnské přehrady, tvořené z větší části Podkomorskými lesy, navštěvuje ročně desetitisíce turistů i cyklistů. Velmi oblíbené jsou vycházky přímo okolo samotné přehrady. Břehy nádrže jsou rozmanité, nachází se zde louky plážového charakteru i nepřístupné skalnaté srázy. Na březích Vodní nádrže Brno se nachází velkým množstvím rekreačních objektů jak už soukromých, tak i podnikových. Řada velkých Brněnských podniků zde má, nebo v minulosti měla, svůj podnikový rekreační objekt. Nejvíce je oblast navštěvovaná v letních měsících. Na přehradě se vyskytují kempy Obora a Radka.

Významným a hojně navštěvovaným turistickým cílem je státní hrad Veveří. Hrad Veveří je jedním z nejrozsáhlejších hradních areálů na území České republiky a je každoročně navštíven přibližně 70 000 lidmi. Tento hrad se nachází na skalnatém výběžku nad Brněnskou přehradou. Na tento hrad se velká část návštěvníků dostává lodní dopravou po Brněnské přehradě.

Přehrada je také velmi významnou oblastí pro sport. Provozuje se zde velké množství sportů jako je kanoistika, vodní lyžování, jachting, veslování, plavání a další. Na sokolském koupališti se nachází středisko plážového volejbalu, pod Kozí horkou najdeme areál vodních sportů a v prostoru mezi přístavem Bystrc a přehradní hrází jsou loděnice Jachtklubu Brno.

Na hladině nádrže se pravidelně koná mezinárodně významná soutěžní přehlídka ohňostrojů Ignis Brunensis. Jedná se o soutěž zahraničních i českých firem, které se

zabývají tvorbou ohňostrojů. Soutěžní přehlídka se od roku 2001 koná na Brněnské přehradě a každoročně ji sleduje přes 100 000 diváků. Soutěžní ohňostroje jsou odpalovány přímo z hladiny Vodná nádrže Brno a tvůrci tak mohou využívat mohutnější efekty a pracovat s odrazy na vodní hladině.

Samotná oblast Osada je hojně využívána k rekreačním účelům. V oblasti se nachází soukromé rekreační chaty, které hojně slouží i jako uskladňovací prostor pro různé lodky a další náčiní na vodní sporty. Velké množství chat v oblasti má spíše negativní vliv na přírodu. Jde zejména o poškozování lesního porostu, znečišťování a nepovolené kácení. Dochází zde k budování různých zpevněných ploch u chat a dokonce i na březích.

Novou vyhláškou Ministerstva dopravy je od dubna 2015 povolen na Brněnské přehradě provoz motorových člunů s výkonem do deseti kilowattů. S tímto rozhodnutím nesouhlasí převážná většina návštěvníků přehrady a obyvatel města Brna. Lidé se obávají zejména nebezpečí kolize motorových člunů s plavci, kdy může dojít k vážným nebo dokonce smrtelným úrazům. Dalším negativním faktorem je možnost úniku ropných látek do vody při tankování nebo provozu těchto člunů. (citováno dne 19.3. http://www.brnenskaprehrada.cz/p_dnes.html)

1.11. Splavnost toku

O koncese zahrnující provoz osobních motorových lodí i půjčovny loděk byl velký zájem již během stavby přehrady. (Fiala, 2006) V současné době probíhají pravidelné plavby na více než 9 km dlouhé trase z bystrckého přístaviště do Veverské Bítýšky. Vozový park dopravního podniku města Brna (DPMB) čítá šest lodí. Dvě nejnovější se jmenují Stuttgart a Dalas a zahájili provoz v roce 2012. O rok dříve, tedy v roce 2011 zahájili provoz lodě Vídeň a Utrecht a v roce 2010 byla na vodu spuštěna loď Lipsko. Těchto pět nových lodí dokončilo obnovu lodního parku a z původních lodí zůstala v provozu pouze historická jednopalubová loď Brno, z roku 1949, která byla nově zrekonstruována v roce 2005. Nová plavidla mají délku trupu 25 metrů, šířku trupu 6.22 metrů, maximální ponor 1,15 metru, hmotnost prázdné lodi je 58 tun, výtlak 90 tun, maximální rychlost těchto plavidel je 15 km/h a obsaditelnost lodí je 200 osob. Pohon je akumulátorový a lodě mají dvě paluby. Na Brněnské nádrži se dále pohybuje několik menších elektrických plavidel z půjčoven a soukromých plachetnic. Vzhledem k jednomu z původních účelů vybudování nádrže (Akumulace vod pro úpravu vody pro potřeby města Brna), bylo již od počátku vybudování nádrže zakázáno používání naftových motorů pro plavidla na nádrži. (http://www.brnenskaprehrada.cz/p_dnes.html citováno dne 10. 3. 2016)

1.12. Životní prostředí – současný stav

V klasifikaci dle Culka (2005) patří Vodní nádrž Brno do hercynské podprovincie a Brněnského bioregionu, jenž má rozlohu 807 km². Na vybrané lokalitě se nachází dva typy biochor.

- a) 2UP Výrazná údolí v neutrálních plutonitech v suché oblasti (2.v.s)
- b) 2PP Pahorkatiny na neutrálních plutonitech (2.v.s.).

Lokalita má jihozápadní expozici. Sklon svahů je zde proměnlivý. Oblast spadá do druhého vegetačního stupně.

Z potenciálně přirozené vegetace by měly kostru tvořit hercynské černýšové dubohabřiny (*Melampyro nemorosi-Carpinenetum*) Svahy jižní expozice pak teplomilné břekové doubravy (*Sorbo torminalis-Quercetum*) a podél vodních toků ptačincové olšiny (*Stellrio-Alnetum glutinosae*). (Culek, 2005)

Fauna – současný stav

V lokalitě se vyskytuje velké množství ptactva. V době terénních průzkumů byli v oblasti spatřeni vodní ptáci kachna divoká (*Anas platyrhynchos*), racek chechtavý (*Chroicocephalus ridibundus*) a slípka zelenonohá (*Gallinula chloropus*). Značné kolísání hladiny nejspíš nevyhovuje vodnímu ptactvu hnízdícímu v břehu. Během terénních prací zde nebyl spatřen ledňáček říční (*Alcedo atthis*) ani břehule říční (*Riparia riparia*). V lesním podrostu pak byli spatřeni pěvci kos černý (*Turdus merula*), sýkora koňadra (*Parus major*) a konipas bílý (*Motacilla alba*). Dle vyjádření místních chatařů se zde také hojně vyskytují užovky obojkové (*Natrix natrix*), které mají hnízda na břehu.

Flóra – současný stav

Celou vybranou lokalitu pokrývá smíšený lesní porost. Dle podrobného terénního průzkumu se na lokalitě vykytuje převážně borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a dub zimní (*Quercus petraea*). Vtroušeně se na lokalitě vyskytuje buk lesní (*Fagus sylvatica*), habr obecný (*Carpinus betulus*), třešeň ptačí (*Prunus avium*) a jasan ztepilý (*Fraxinus excelsio*), topol bílý (*Populus alba*) a smrk ztepilý (*Picea abies*). Na abrazní plošině pak dominuje vrba křehká (*Salix fragilis*) a keřové vrby. V podrostu se vyskytuje svída krvavá (*Cornus sanguinea*), růže (*Rosa*), líska obecná (*Corylus avellana*), bez černý

(*Sambucus nigra*), třešeň ptačí (*Prunus avium*), hloh (*Crataegus*). Lesní porost je na většině míst zapojený s vytvořenými třemi etážemi. Porost na abrazní plošině je pouze skupinový. Na větších stromech je vidět jejich snaha o vyrovnání růstu po tom, co došlo ke zřícení či sesunutí svahu.

Vegetační doprovod

V problematice vodního stavitelství, ale i revitalizací a sanací, je velice důležité prvotní, vstupní seznámení se se současným stavem lokality, jež má být více, či méně dotčena navrhovanými úpravami, či stavebními zásahy. Provedení řádné prohlídky je důležité z hlediska kvalitního začlenění stavby do krajiny po jejím dokončení. Z důvodu dobré srozumitelnosti a jednoznačnosti je využita metoda hodnocení současného stavu vegetace doprovodu vodní nádrže dle prof. Šlezingra a Ing. Úradníčka. Celkově se lokalita hodnotila v pěti kritériích a každé kritérium dostalo bodové hodnocení na škále 1-3. Při čemž 1 je stav nejlepší a 3 je stav nejhorší.

Tabulka č. 5 Kritéria hodnocení stavu vegetačního doprovodu

Kritérium hodnocení		Počet bodů	
A.	Procento poškozených, či nevhodných dřevin	do 30 %	1
		do 60 %	2
		nad 60 %	3
B.	Počet vegetačních pater	1 Patro	3
		2 patro	2
		3 Patro	1
C.	Šířka vegetačního pásma (od přibližné úrovně Qa)	do 7 m	3
		7-10 m	2
		nad 10 m	1
D.	Druhovú rozmanitost dřevin	do 3 druhů	3
		4-6 druhů	2
		7 a více druhů	1
E.	Relativní hustota porostů	souvislý porost s místními průhledy na hladinu	1
		střední a velké skupiny porostů	2
		bez porostů, malé skupinky, soletery	3

Každému úseku byl přidělen určitý počet bodů a dle toho byl zařazen do jedné ze tří kategorií.

1. 5-6 bodů je vegetační doprovod v dobrém stavu
2. 7-8 bodů znamená, že v úseku jsou nutné úpravy, dosadby
3. 9 a více bodů znamená, že jsou nutné rozsáhlé zásahy, případně celková obnova.

Samotné hodnocení stavu vegetačního doprovodu

Procento poškozených nebo nevhodných dřevin se pohybuje do 60 %, nachází se zde i tři vegetační patra a šířka vegetačního doprovodu je zde větší než 10 metrů. Druhová rozmanitost je zde vyšší než 7 druhů. Na lokalitě bylo determinováno celkem patnáct druhů dřevin. Dominantními dřevinami jsou zde borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a dub zimní (*Quercus petraea*). Dále je zde zastoupen habr obecný (*Carpinus betulus*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsio*), topol bílý (*Populus alba*) smrk ztepilý (*Picea abies*), líska obecná (*Corylus avellana*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*) třešeň ptačí (*Prunus avium*) a bez černý (*Sambucus nigra*). Pod abrazní plošinou se vyskytuje vrba křehká (*Salix fragilis*), vrba poříční (*Salix fluviatilis*), hloh (*Crataegus*) a růže (*Rosa*). Je zde souvislý lesní porost, ale u břehového porostu je situace horší. Celkový počet bodů celého úseku je 7. Stav úseku je relativně dobrý, ale vhodné jsou dosadby v oblasti břehu a zdravotní zásah.

Tabulka č. 6 Hodnocení stavu vegetačního doprovodu

Kritérium hodnocení		Počet bodů
A.	Procento poškozených, či nevhodných dřevin	2
B.	Počet vegetačních pater	1
C.	Šířka vegetačního pásma (od přibližné úrovně Qa)	1
D.	Druhová rozmanitost dřevin	1
E.	Relativní hustota porostů	2
Celkový počet bodů		7

Důvod a účel navrhované úpravy

Důvodem navrhované úpravy je pokračující velmi rozvinutá abraze v dané lokalitě. Účelem navrhované úpravy je zabránění dalšího ústupu břehu. Navrhované možnosti stabilizace břehu výrazně neovlivní životní prostředí dané lokality. Vzhledem k tomu, že se jedná o aktivní protiabrazní prvky, nedojde k většímu zásahu do břehu a současný stav zůstane v aktuální podobě.

2. Technická zpráva

2.1. Správní orientace

Jméno akce: Návrh stabilizace břehu v oblasti Osada, nádrž Brno.

Lokalizace: Oblast Osada se nachází na levém břehu Vodní nádrže Brno. Přehradní hráz Vodní nádrže Brno leží, dle digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD), na 50,8 km říčního toku řeky Svratky. Kilometráž řeky Svratky v místě návrhu stabilizace je dle DIBAVOD okolo 53 km. Zvolená lokalita se nachází v České republice, v Jihomoravském kraji. Jedná se o katastrální území Brno-venkov.

Investor: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Česká republika, info@mendelu.cz, +420 545 131 111, IČ 62156489, DIČ CZ62156489.

Projektant: Bc. Tomáš Třeštík, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Česká republika, xtresti2@node.mendelu.cz, 737 828 093, IČ 62156489, DIČ CZ62156489.

Provozovatel: Povodí Moravy, s. p., RNDr. Jan Hodovský, Dřevařská 11, 602 00 Brno, info@pmo.cz, +420 541 637 111, IČ: 70890013, DIČ: CZ70890013.

Předpokládaný termín zahájení, dokončení stavebních prací: Termín zahájení jaro 2016, termín dokončení podzim 2016.

2.2. Úvodní část

Hlavním cílem diplomové práce je navržení vhodného typu břehové stabilizace na souvislém území břehu Vodní nádrže Brno v oblasti Osada. Úkolem autora je navrhnout minimálně šest různých typů řešení stabilizace břehu, vhodných pro rozdílné podmínky v dané lokalitě a spadající do kategorie aktivní protiabrazní stabilizace.

Hlavnímu cíli předchází několik dílčích kroků, které metodicky navazují na sebe. Bez těchto dílčích kroků by nebylo možné kvalitně navrhnout stabilizaci břehu na vybrané lokalitě tak, aby technickými a ekologickými parametry přesně odpovídala danému místu.

Prvním dílčím krokem je výběr vhodného místa stabilizace. Tuto vybranou lokalitu musí autor pečlivě zdokumentovat a na několika místech pomocí vhodného nástroje změřit sklon abrazní plošiny. Tento sklon je potřeba k výpočtu abrazní terminanty.

Následujícím krokem je ohodnocení současného vegetačního doprovodu dle metody Úradníček-Šlezingr.

Třetím dílčím krokem je výpočet abrazní terminanty, sloužící ke stanovení prognózy ústupu břehové čáry.

Podklady

Základní mapa ČR 1:50 000

Základní mapa ČR 1:10 000

Geodetické zaměření lokality od prof. Dr. Ing. Miloslava Šlezingra

Vlastní měření sklonu abrazní plošiny

Popis zájmové lokality

Zvolená lokalita se nachází v České republice, v Jihomoravském kraji na katastrální území Brno-venkov. Vybraný úsek je zhruba 300 metrů dlouhá část břehu a nachází se v rekreačně hojně využívané oblasti zvané „Osada“. Její dnešní rekreační využití je komplikované právě kvůli velké abrazi. Přímo ve vybraném úseku se nachází několik rekreačních objektů, se kterými bude v návrhu nutné počítat. Vybraná oblast se nachází v lesní trati. V místech zařízlých údolích, kde se abrazní srub na pár metrů ztrácí, jsou vybudovány rekreační objekty s přístupem k vodě. Detailní zakreslení vybrané lokality viz situace v přílohách. Abrazní sruby zde místy dosahují výšky více než 5 metrů.

2.3. Popis stávajícího stavu

Břeh ve vybrané lokalitě tvoří abrazní sruby v některých místech vysoké více než pět metrů. V malých údolích, se nachází rekreační objekty. U některých rekreačních objektů je upraven břeh nádrže. Viz fotografie č. 8. Přístup k lokalitě je zajištěn po místní komunikaci (Ulice hrázní).

Samotná Vodní nádrž Brno byla dostavěna v roce 1940. Se stavbou se započalo již v roce 1936, a jelikož probíhala stavba v době hospodářské krize, bylo cílem zaměstnat co nejvíce dělníků za použití minimálního množství mechanizace. Beton se tedy z dvou větších míchaček rozvážel v ručních dvoukolových vozících a také se ručně přechoval. Stavbu hráze komplikovali povodně. Nejničivější přišla v roce 1938. Nová přehrada dostala jméno Kníničská, dle obce Kníničky, jež stála v místě zátopy nádrže. Tato obec byla celá zatopena, bylo vystěhováno přibližně 530 obyvatel, kteří dostali blízké náhradní pozemky určené pro výstavbu domů ve vzdálenosti přibližně 1 km od původní obce, kde vznikla nová obec Kníničky. V roce 1959 byla přehrada přejmenována na Brněnskou. (Citování dne 3. 1. 2016 z <http://www.brnenskaprehrada.cz/>)

Přehradní hráz se dle DIBAVOD nachází na 50,8 km řeky Svratky. Provozovatelem nádrže je Povodí Moravy, s.p. – závod Dyje. Nádrž má více účelů. Mezi ně patří akumulace vody pro trvalé zajištění minimálních průtoků, zajištění odběru vody pro úpravnu BVaK, a.s. Brno, zajištění odběru vody pro závlahy v Brně a z toku pod nádrží, výrobu elektrické energie ve špičkové vodní elektrárně, snížení povodňových průtoků, rekreace a vodní sporty, rybářství a plavba.

Technické údaje vodní nádrže Brno: (výškový systém Balt po vyrovnání)

Číslo hydrologického pořadí	4 – 15 – 01 - 147
Prostor stálého nadržení v nádrži je	7, 6 mil. m ³
Zásobní prostor je	10, 8 mil. m ³
Ochranný prostor neovladatelný je	2, 6 mil. m ³
Celkový objem nádrže je	21 mil. m ³
Maximální šířka nádrže je	700 m
Zatopená plocha činí celkem	259 ha
Průměrný dlouhodobý roční průtok je	8,263 m ³ /s
Mezi hlavní účinky nádrže patří rovnoměrné nadlepšení průtoku na 3,4 m ³ /s	
Minimální odtok z nádrže je MQ =	1,37 m ³ /s
Neškodný odtok	360 m ³ /s
Q355 d je	1,16 m ³ /s
Samotná hráz je betonová gravitační s kótou v koruně	233,72 m n.n.
Délka koruny hráze je	120 m
Šířka koruny je	7,14 m
Výška nade dnem	23,5 m
Spodní výpust' je jedna a má průměr	200 cm
Provozní uzávěr je segmentového typu	
Kapacita spodní výpustě při maximální hladině je	48, 5 360 m ³ /s
Typ bezpečnostního přelivu je korunový	
Hradící konstrukce je tabule s počtem polí 3 a délkou 7 m	

(Citování dne 3. 1. 2016 z http://www.brnenskaprehrada.cz/p_cisla.html)

2.4. Návrh úpravy břehu

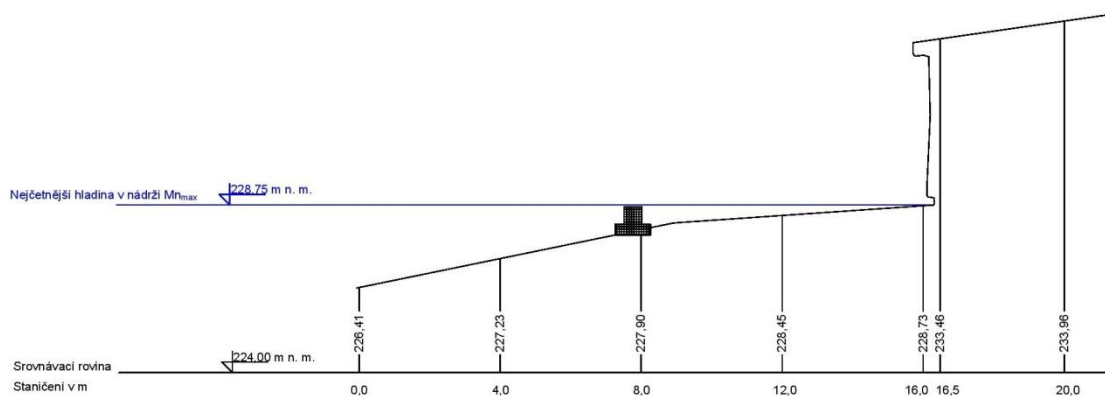
Úkolem diplomové práce je navržení možných způsobů aktivních protiabrazních konstrukcí, které by bylo možné použít v lokalitě břehu Osada. Aktivní protiabrazní konstrukce jsou takové, jejímž vybudováním se vytvoří takzvaný vlnový stín a tím se dosáhne ochrany břehu před abrazivními účinky. (Šlezing, 2004) Nakreslit příčné řezy návrhů stabilizace a vybrat dva nejvhodnější typy stabilizace pro vybraný úsek břehu. Úkolem autora je zaměřit se na stabilizace aktivního typu.



Fotografie č. 1 Abrazní srub v lokalitě Osada vysoký okolo 4 metrů.

2.4.1. Návrh úpravy břehu pomocí gabionového vlnolamu

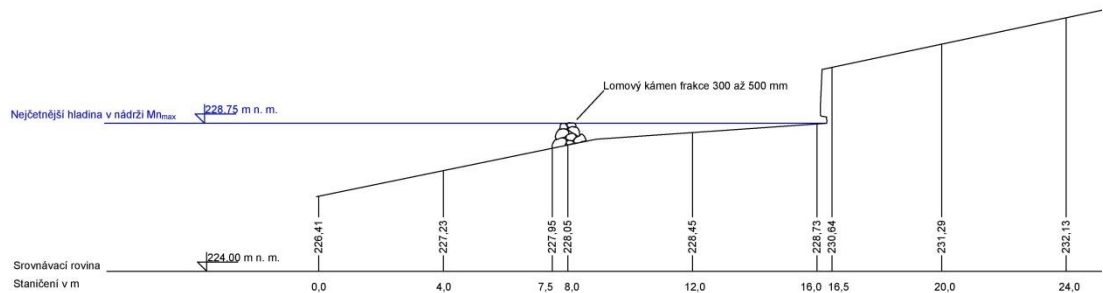
Tento návrh tvoří pás drátokamenných košů tzv. gabionů. Spodní řadu tohoto opatření tvoří drátokamenná matrace 200 x 100 x 30 (délka x šířka x výška) s oky 5 až 7 cm. Horní řadu tvoří drátokamenný koš o rozměrech 200 x 50 x 50 s oky 8 až 10 cm. Horní řada je položena uprostřed spodní matrace tak, aby spodní část přesahovala na obě strany přibližně 250 mm a působila jako stabilizace prvku. Výška celého opatření je 80 cm. Aby prvek fungoval ideálně, měl by být umístěn tak, aby jeho horní hrana byla 5 cm pod nejčtenější hladinou v nádrži (Mn_{max}), která je dle stanovení nejčtenější hladiny v období 1997 – 2006 na úrovni $Mn_{max} = 228,75$ m n. m. Pata tohoto stabilizačního prvku by tedy měla být umístěna na kótě 227,90 m n. m. Pro vyplnění gabionů je z hlediska snížení ekonomické náročnosti vhodné použít místní kamenivo ze dna abrazní plošiny. Kamenivo by mělo být větší než 100 mm. Jedná se o aktivní protiabrzní opatření s hlavním cílem rozbití vlny před dosažením abrazního srubu a eliminací síly abrazních účinků vlny bez zásahu do břehové hrany a samotného břehu.



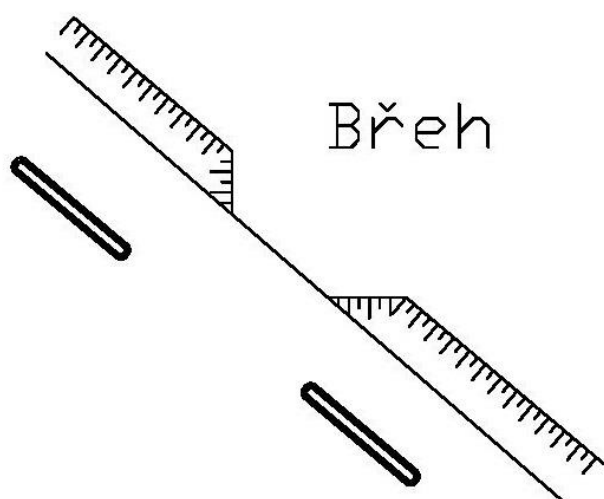
Obrázek č. 2 Schéma návrhu úpravy břehu pomocí gabionového vlnolamu

2.4.2 Návrh úpravy břehu pomocí podélné přerušované hrázky

Jedná se o podélnou usměrňovací stavbu aktivní protiabrazní konstrukce. Koruna hrázky je navržena v úrovni nejčtetnější hladiny v nádrži. Materiálem je lomový kámen neupravený do 200 Kg. Jedná se o propustnou stabilizační konstrukci. Přerušění hrázky je mírně větší než samotná hrázka a je umístěno v přirozeným depresích v terénu kde nedochází k tak silné abrazní činnosti. Samotná hrázka je vysoká průměrně 80 cm a její pata je v kótě 227,95 m n. m. V základně je hrázka průměrně široká 1100 mm a v koruně u hladiny 450 mm. Průřezová plocha hrázkou je okolo 0,56 m². 1 m³ žulového lomového kamene do 200 kg má hmotnost přibližně 2700 Kg.



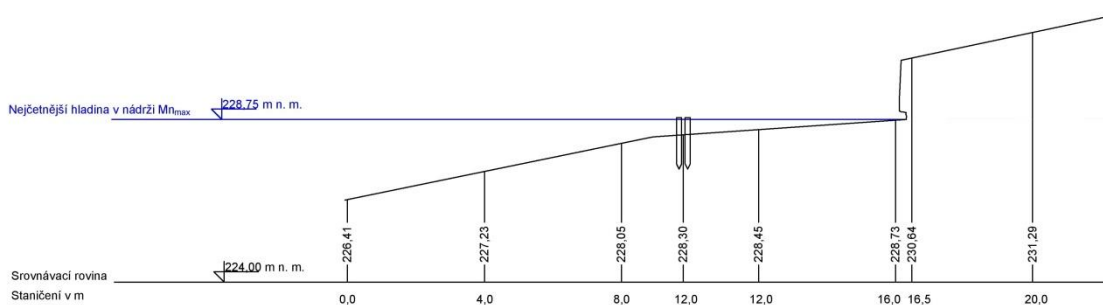
Obrázek č. 3 Schéma návrhu úpravy břehu pomocí podélné přerušované hrázky



Obrázek č. 4 Schéma návrhu úpravy břehu pomocí podélné přerušované hrázky - půdorys

2.4.3 Návrh úpravy pomocí vlnolamu z šachovnicově postavených kůlů

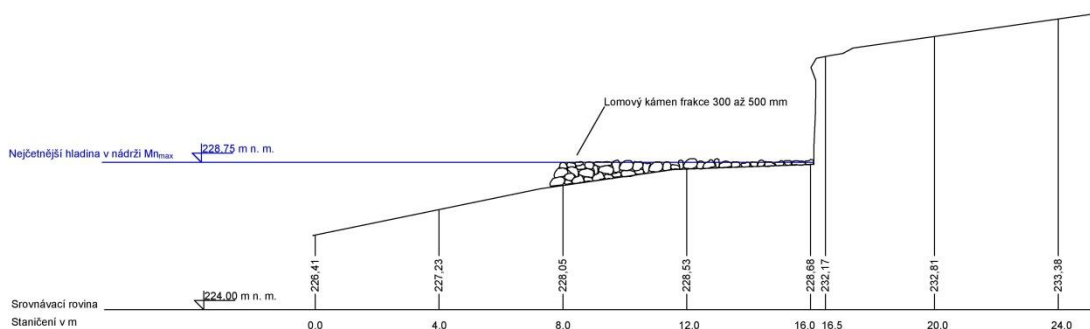
Toto opatření spočívá v instalaci dřevěných kůlů šachovnicovitě zaražených do země. Kůly tvoří tyčovina s výčetní tloušťkou v průměru 15 cm. Mezi kůly by neměly být větší mezery než 5 cm. Při větších rozestupech se výrazně snižuje účinnost vlnolamu. Rozestupy první a druhé řady kůlů jsou 10 cm. Obecně se užívá pravidlo, že 2/3 výšky kůlu jsou v zemi a 1/3 je nade dnem. V tomto případě není potřeba statického posudku. Vrcholy kůlů jsou navrženy 5 cm nad nejčtetnější hladinou v nádrži. Tyčovina je dlouhá 150 cm, z čehož průměrně 100 cm je zaraženo do abrazní plošiny, 45 cm je ve vodě a 5 cm ční nad nejčtetnější hladinou v nádrži. Zaražen do země je v kótě 228,30 m n. m. Tento typ aktivní stabilizace má velkou výhodu v tom, že je poměrně estetický a biologický, ale je finančně náročnější. Hodí se spíše na menší abrazní sruby.



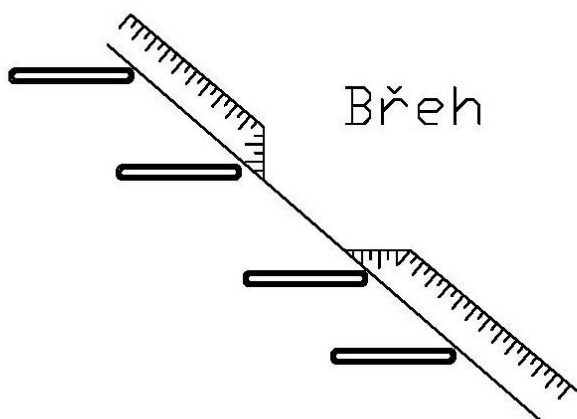
Obrázek č. 5 Schéma návrhu pomocí vlnolamu z šachovnicově postavených kůlů

2.4.4 Návrh úpravy břehu pomocí výhonu šikmého k břehové čáře

Výhony šikmé k břehové čáře jsou aktivní protiabrazní opatření spadající pod příčné usměrňovací prvky. Na území sice převažuje jihovýchodní vítr, avšak velká část břehu v tomto místě je z tohoto směru kryta velmi blízkým pobřežím zátoky (přibližně 50 metrů). Proto je šikmý výhon navržen ve směru východ - západ. Tato konstrukce je vhodná v místech kde se předpokládá pohyb meších plavidel. Tato plavidla mohou mezi výhony projet a nejsou jimi příliš omezovány. Délka jednotlivých výhonů je osm metrů a rozestupy jsou pět metrů. Šířka v základně je přibližně 1 m. Výhony tvoří hráz z lomového kamene neupraveného do 200 Kg. Průřezová plocha výhonu šikmého k břehové čáře je průměrně okolo 0,33 m².



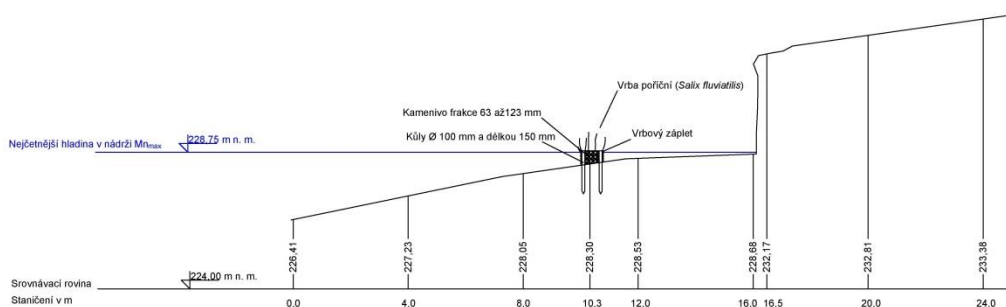
Obrázek č. 6 Schéma návrhu pomocí výhonu šikmého k břehové čáře



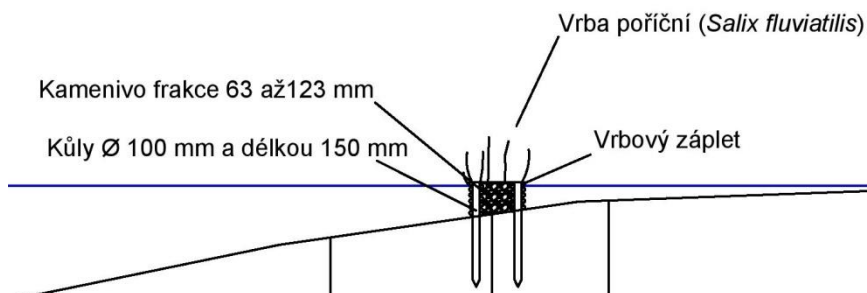
Obrázek č. 7 Schéma návrhu pomocí výhonu šikmého k břehové čáře- půdorys

2.4.5 Návrh úpravy pomocí zápletového plůtku, oživeného vrbovými prýty

Jedná se o biotechnický způsob stabilizace pomocí aktivní protiahrzení konstrukce. Tento způsob navržené stabilizace kombinuje dřevo (zápletový plůtek) s kamenivem tvořící výplň zápletového plůtku, které je navíc oživené vrbovými řízký. Základ prvku tvoří tyčkovina s průměrem 5 - 10 cm. Tyčkovina je dlouhá 150 cm a dvě třetiny (tedy 100 cm) je zaraženo pod zemí. Tyto tyčkoviny jsou umístěny ve dvou řadách vzdálených od sebe 50 cm. V řadách jsou jednotlivé tyčkoviny v osové vzdálenosti 50 cm. V prostoru řad je tyčkovina propletena vrbovými pruty tak, aby tvořila uzavřený prostor. Do prostoru mezi řadami se nasype kamenivo frakce 32 až 123. Z důvodu ušetření finančních nákladů bude použito kamenivo z abrazní plošiny. Zához je oživen vrbovými řízký (ty jsou do plůtku umístěny ještě před nasypáním kameniva a zapuštěny přibližně pět centimetrů do abrazní plošiny). Pata tohoto opatření je na kótě 228,30 m n. m. Výška opatření nad patou je 50 cm bude tedy pět centimetrů vystupovat nad $Mn_{max} = 228,75$ m n. m. To umožní růst vrb. Bude použita vrba poříční (*Salix fluviatilis*). Tato vrba je dle sledování na experimentálních plochách na Vodní nádrži Brno schopna vydržet i zatopení v délce i šesti měsíců a velmi se osvědčila při ochraně údolních nádrží proti abrazi. Má velmi silnou výmladkovou schopnost a nezničí ji ani totální polámání. (Šlezinger, 2013)



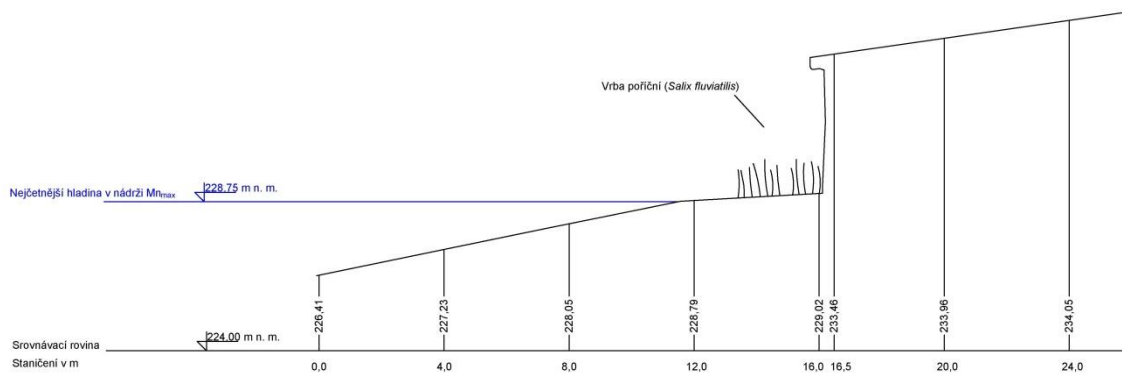
Obrázek č. 8 Schéma návrhu pomoci zápletového plůtku, oživeného vrbovými prýty



Obrázek č. 9 Detail zápletového plůtku

2.4.6 Návrh úpravy pomocí Vrbového porostu

V místech s větším abrazním srubem a zároveň částečně nezatopenou abrazní plošinou je navržena čistě biologická stabilizace pomocí keřových vrby vysazeným v patě abrazního srubu. Tento druh stabilizace je vhodný zejména z hlediska přírodě blízké stabilizace a malé finanční náročnosti. Vysazené vrby zabrání dorážení vln na abrazní srub a svým kořenovým systémem velmi zvýší stabilitu povrchu abrazní plošiny. Bude použita vrba poříční (*Salix fluviatilis*). Tato vrba je dle sledování na experimentálních plochách na Vodní nádrži Brno schopna vydržet i zatopení v délce i šesti měsíců a velmi se osvědčila při ochraně údolních nádrží proti abrazi. Má velmi silnou výmladkovou schopnost a nezničí ji ani totální polámání. (Šlezinger, 2013)



Obrázek č. 10 Schéma návrhu pomocí Vrbového porostu

2.5. Technicko-ekonomické zhodnocení, výsledky hodnocení vlivu na ŽP

Břehová abraze vzniká postupným rozrušováním břehu v místě paty budoucího abrazního srubu, kdy je materiál břehu vyplavován a postupně smýván do nádrže, pod tímto vzniklým abrazním srubem se pozvolna vytváří pobřežní abrazní plošina zakončená akumulacním valem. K tomuto jevu dochází v litorálním břehovém pásmu, a to v případě, že mají břehy vlastnosti, které umožňují jejich přetváření. (Šlezinger, 2004)

Na tento proces má nejzásadnější vliv vlnění hladiny, ale významný podíl mají všechny aspekty, projevující se v rámci interakce voda – břehové území. Některé faktory je velmi nesnadné a mnohdy i nemožné jednoznačně determinovat. Důležitými faktory je především dlouhodobý režim údolní nádrže, úroveň hladin vody (minimální, průměrná a maximální), lodní doprava, geologická stavba území, morfologický tvar břehu, mechanicko-fyzikální vlastnosti hornin, proudění podzemní vody, břehové porosty, klima, sklon břehu, nějaké nahodilé zatížení, různé antropogenní vlivy, vnitřní soudržné síly zeminy a další. Při řešení stability břehů se tedy uplatňují znalosti z široké škály oborů. (Šlezinger, 2004)

Nejzásadnějšími činiteli **podmiňující vznik** abraze jsou geologické a pedologické poměry, fyzikálně-mechanické vlastnosti pokryvných útvarů břehů a sklony svahů břehů. Z hlediska geologických poměrů je důležitá zejména puklinatost, vrstevnatost a břidličnatost hornin, které za nepříznivých okolností mohou způsobit až sesun nadloží. Tyto sesuny mohou dosahovat vysoko nad vlastní abrazní pásmo břehů. Fyzikálně-mechanické vlastnosti pokryvných útvarů břehů zjišťujeme laboratorními zkouškami a mají mnohdy zásadní vliv na stabilitu břehů. Jedná se například o stanovení granulometrického složení (určení zrnitosti zemin), stanovení ulehlosti a objemové hmotnosti. Abraze se nejvíce projevuje u nesoudržných a soudržných zemin. Sklon svahu, tvořících břeh vodního díla je stabilní bez ohledu na složení svahu do sklonu 4-5°. Zde se vytváří plážovité plošiny a vlnění přechází v neškodný výběh vlny na břeh. (Šlezinger, 2004)

Nejzásadnějšími činiteli **způsobující rozvoj břehové abraze** jsou vlnění hladiny eolického původu, kolísání hladiny v nádrži, vlnění způsobené pohybem plavidel, účinky mrazu a tání, vliv ledové pokrývky a pohybu ker, vliv průsaku vody půdním horizontem a antropogenní vlivy. Vlnění eolického původu má zásadní vliv na

rozvoj abraze břehů nádrží. K prvním náznakům vlnění hladiny dochází již při rychlosti větru 0,7 m/s, vlny takto způsobené označujeme jako vlny **vynucené**, při dostatečné hloubce se tato vlna mění na vlnu **postupovou** a při dosažení mělčiny se dále mění na vlnu **transformovanou**. Při překročení kritické hloubky dochází ke zlomení vlny a překlopení jejího hřbetu a její změně na vlnu roztráštěnou. Ta dále postupuje k břehu jako vlna **příbojová**. Tato příbojová vlna při nárazu na strmý břeh působí destruktivně kinetickou energií, výškou výběhu, tlakem i sáním při zpětném toku. U břehu se sklon 1:1 a větším se vlny netřísťí, ale odrážejí zpět a vzájemně se prolínají s dalšími dobíhajícími vlnami ve vlny **stojaté**. (Šlezinger, 2004)

Aby bylo možné posoudit účinky vln na břeh, a také na případné břehové opevnění je nutné znát základní parametry vlny, jako je vlnová délka, výška, postupová rychlost, perioda vln ale také sklon břehu, drsnost a materiál břehu.

V rámci projektové přípravy vodního díla je návrh opevnění břehů považován v mnoha případech za méně podstatnou věc, která bude dořešena po zahájení provozu. Ačkoliv lze ohrožené části břehu, relativně snadno předem vytipovat a navrhnout vhodná preventivní stabilizační opatření, hlavně z ekonomických důvodů řešíme tento problém často až po jeho vzniku (Nechranice, Šance, Orava, Liptovská Mara, Brno aj.) (Šlezinger, 2004)

Ačkoli včasná, vhodná a odborně provedená stabilizace břehů často zabrání vzniku abrazního srubu, nebyla v minulosti v dostatečném předstihu stabilizace břehů příliš prováděna a i dnes v rámci projektové přípravy vodních děl zůstává návrh důsledné stabilizace potenciálně ohrožených břehů nádrží, tedy návrh vhodných preventivních opatření, neustále na okraji zájmu. Hlavními důvody je značná finanční a časová náročnost provádění protiabrazních opatření. Ve velké většině případů, není možné provést dopředu plošnou protiabrazní ochranu všech potenciálně ohrožených břehů vodního díla, právě z důvodu značných finančních nákladů a enormního časového zatížení. (Šlezinger, 2004)

V mnoha případech stačí vhodná vegetační, případně biotechnická opatření a velmi důležitou roli má také sublitorální pásmo (pásmo rákosin). (Šlezinger, 2004)

Vliv porostů je mnohdy v praxi přeceňován, nebo naopak nedoceněn a výsledkem bývá nevhodný návrh biotechnických opatření, s výrazně negativním dopadem na ochranu břehu před abrazií. (Šlezinger, 2004)

Jako nejvhodnější typ opevnění se jeví kombinované – biotechnické opevnění. Technický prvek se umísťuje v místě největšího namáhání břehu, vegetační prvky opevnění v méně namáhané (v oblasti působení výběhu vlny), přičemž oba prvky se ve stykové oblasti prolínají. Jedná se o oživené kamenné záhozy, oživené kamenné rovnaniny, oživené drátokamenné matrace, vegetační tvárnice a další. (Šlezinger, 2004)

V minulosti byl tlak na využití prefabrikátů i tam kde bylo jejich využití z hlediska krajiny, estetického a ekologického přinejmenším sporné. I když materiál plní technické požadavky, znesnadňuje přístup k vodě člověku, zabraňuje zakořenění břehové vegetace a vytvoření přirozených břehových porostů.

Často se opakující chybou je použití čistě vegetačního opevnění. Zde je nutné si uvědomit, že budoucí hladina vodního díla bude zasahovat do míst vysoko nad původní úroveň toku. Rostlinná společenstva tak budou konfrontována s odlišnými podmínkami. Navíc se porosty ze středu zapojeného porostu dostávají na okraj. Mnohé z nich se nejsou schopné adaptovat na nově vzniklé životní podmínky a následně odumírají. Chybou je také představa o využití striktně vegetačního opevnění na březích o větším sklonu než 5%.

Nejvhodnější se jeví kombinace biotechnických způsobů opevnění. Výhoda biotechnických způsobů spočívá v tom, že v místech maximálních destrukčních účinků způsobovaných tlakem a nárazem vlny je umístěná pevná a odolná technická část opevnění a v méně namáhaných místech, kde působí pouze výběh vlny, zajišťuje ochranu živá a pružná vegetační složka opevnění.

Preventivní a následná protiabrazní opatření

V minulosti, ale i dnes jsou preventivní protiabrazní opatření prováděna pouze na místech s vysokou pravděpodobností ohrožení břehu a to především tam, kde tento zásah podmiňuje další stavební aktivity, jako například budování přístavů, komunikací, stavby objektů a podobně. Ve většině těchto případů se jednalo o betonové opěrné zdi, v některých místech doplněnou dlažbou do betonu, nebo těžkým kamenným záhozem. V místech kde nehrozí bezprostřední ohrožení, nejsou ve většině případů preventivní

protiabrazní opatření prováděna a to i přes to, že včasná, vhodná a odborně provedená stabilizace břehů zabrání vzniku abrazního srubu a pokud se přece jen objeví je snadná rychlá a odborná oprava dostatečnou zárukou následné ochrany břehů. (Šlezinger, 2004)

Maximální rychlost postupu břehové abraze, ale také maximální vertikální nárůst **abrazního srubu** nastává v prvních letech (prvních měsících) provozu díla. Proto by mělo být snahou v rámci projektové přípravy navrhnout a vybudovat vhodné protiabrazní opatření na co největší části ohrožených břehů nádrže.

Následná protiabrazní opatření

I když je provádění následných sanačních zásahů technicky i ekonomicky výrazně náročnější, byla a jsou prováděna téměř na všech vodních dílech. V případě sanačních zásahů, lze s úspěchem využít poznatků ekobiologie a vhodným návrhem biotechnických stabilizačních opatření v kombinaci s návrhem vhodné prostorové a druhové skladby břehových stabilizačních porostů zajistit dostatečnou protiabrazní i protierozní ochranu břehu.

Použití polovegetačních tvárnic (trávoconového opevnění) se také neukázalo jako nejvhodnější k širšímu užití. Sanační postupy založené na těchto typech prefabrikátů mohou být dlouhodobě účinné při sklonu břehů přibližně 1:3 a více. Užití při sklonu 1:1,5 nevykazuje dobré výsledky.

Kořenový systém žádné u nás rostoucí dřeviny není schopen dlouhodobě odolat působení vlnění vodní hladiny

Multikriteriální výběrová tabulka – vhodnost použití jednotlivých dřevin.

Metody stabilizace břehů – protiabrazní opatření

Metody můžeme rozdělit do čtyř kategorií.

1. Technické způsoby stabilizace

Kamenné paty svahů, betonové, železobetonové opěrné zdi, kamenné pohozy, záhozy, dlažby, prefabrikátové opevnění, drátokamenné matrace

2. Stabilizační metody inženýrské biologie

Živá vegetační opevnění, břehové porosty, porosty rákosin, travní koberce, stromové porosty

3. Biotechnické způsoby stabilizace

Kombinace technických a biologických stabilizačních prvků, haťové, šterkohaťové válce, zápletové plůtky, oživené kamenné rovnániny aj.

4. Vlnolamy

Zatopené, polozatopené, vynořené, nepropustné, pevné, pohyblivé.

Dle stabilizačního působení můžeme rozdělit protiabrazní konstrukce na

1. Aktivní protiabrazní konstrukce

Podélná břehová lavice, podélná přerušovaná hrázka, výhony kolmé k břehové čáře, výhony šikmé k břehové čáře, propustné vlnolamy, nepropustné vlnolamy

2. Pasivní protiabrazní konstrukce

Opěrné zdi, nevegetační opevnění a obklady břehů, vegetační opevnění břehů, kombinované – biotechnické opevnění – jeví se jako nejvhodnější, břehové vlnolamy

Důvod a specifikace nutnosti provedení navrhovaných úprav

Důvodem navrhované úpravy je pokračující velmi rozvinutá abraze v dané lokalitě. Navrhované úpravy je nutné provést z důvodu zabránění dalšího ústupu břehové čáry. Pokud nedojde k realizaci stabilizačních opatření, bude i nadále rozplavována pata břehu, odnášen materiál z břehu a tím bude docházet k dalšímu výraznému zanášení nádrže. V blízké budoucnosti navíc budou ohroženy některé rekreační objekty v oblasti navrhované úpravy.

Vliv úprav na životní prostředí

Navrhované možnosti stabilizace břehu výrazně neovlivní životní prostředí dané lokality. Vzhledem k tomu, že se jedná o aktivní protiabrazní prvky nedojde k většímu zásahu do břehu a současný stav zůstane v aktuální podobě.

Ekonomické hodnocení

Zde je uvedené porovnání nákladů na realizaci šesti navržených možností stabilizace břehu. Uvedené náklady jsou na běžný metr opatření. Ceny jsou bez DPH. Hlavním rozpočtovým softwarem byl program Kros plus. Z důvodu specifčnosti návrhů a chybějících správných položek v programu Kros plus, byly další položky získávány z vlastního průzkumu cenových nabídek jednotlivých firem. Všechny uvedené ceny jsou bez nákladů na dovoz materiálu. Tyto ceny by se vypočítaly v případě potřeby až dle konkrétních dodavatelů v oblasti.

Jako nejlevnější varianta jednoznačně vyšel návrh úpravy pomocí vrbového porostu. Tato varianta je v porovnání s ostatními představenými možnostmi výrazně levnější. Výsadba vrbové porostu (*Salix viminalis*) z prýtů připravených na místě z porostu, který již v lokalitě je by vyšla na 23 Kč za 10 prýtů na m². Jako nejdražší se jeví návrh úpravy břehu pomocí vlnolamu z šachovnicově postavených kůlů a to zejména kvůli ceně osazení kůlů do země. Cena za 1 metr opatření vychází na 3 710 Kč. Viz následující tabulka.

Tabulka č. 7 Ekonomické porovnání jednotlivých návrhů na stabilizaci břehu ceny jsou uvedeny bez DPH.

Opatření Návrh úpravy břehu pomocí gabionového vlnolamu		Poznámky
Drátokamenná matrace	850 Kč	200x100x30 cm
Drátokamenný koš	800 Kč	200x50x50 cm
Kamenná výplň	0 Kč	Místní materiál
Plnění drátokamenné matrace kamenem frakce 32-63 mm	90 Kč	bm
Úprava terénu pod drátokamennými maticemi	50 Kč	bm
Cena za 1 m běžný	965 Kč	
Návrh úpravy břehu pomocí podélné přerušované hrázky		Poznámky
Kámen lomový neupravený do 200 Kg	579 Kč/t	Kros plus
Průměrné množství na jeden metr	0,56 m ³	
1 m ³ má hmotnost přibližně 2700 Kg	1 563 Kč	1/m ³
Cena pokládky lomového kamene na jeden metr	150 Kč	Kros plus
Cena za 1 m běžný	1 025 Kč	
Návrh úpravy břehu pomocí vlnolamu z šachovnicově postavených kůlů		Poznámky
Osazení řady kůlů v rovině a ve svahu do 1:5 se zadusáním do zeminy, výška kůlu nad zemí do 1,0 m	2 710 Kč	Kros plus
Dubový kůl průměru 12-15 cm délka 150 cm	100 Kč	
Celkem na 1 metru je 10 kůlů	1 000 Kč	
Cena za 1 m běžný	3 710 Kč	
Návrh úpravy břehu pomocí výhonu šikmého k břehové čáře		Poznámky
Kámen lomový neupravený do 200 Kg	579 Kč/t	Kros plus
Průměrné množství na jeden metr	0,33 m ³	
1 m ³ má hmotnost přibližně 2700 Kg	1 563 Kč	1/m ³
Cena pokládky lomového kamene na jeden metr	150 Kč	Kros plus
Cena za 1 m běžný	516 Kč	
Návrh úpravy pomocí zápletového plůtku, oživeného vrbovými prýty		Poznámky
Vybudování zápletového plůtku z klestu vrbového z kůlů D 150 mm v nad 0,4 do 0,6 m dvouřadový	445 Kč	Kros plus
Kamenná výplň přibližné frakce 32-63 mm	0 Kč	Místní materiál
Prořezání keřového porostu	30 Kč/m ²	
Cena za 1 m běžný	475 Kč	
Návrh úpravy pomocí vrbového porostu		Poznámky
Štěrbínová výsadba prýtlů bez přípravy půdy sklon do 1:5 při stupni zahuštění 0 v zemině 1 a 2	23 Kč	10 prýtlů na 1 m ²

2.6. Použitá a doporučená literatura

BRODESSER, Slavomír. Řeka Svratka, krajina a lidé: o proměnách řeky, krajiny a lidských sídel podél ní od pramene po Brněnskou přehradu. Brno: Moravské zemské muzeum, 2003. ISBN 80-7028-196-0.

ČSN 75 0255. Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1988. FIALA, Petr a Robert MARA.

FIALOVÁ, J. -- SCHNEIDER, J. -- ŠLEZINGR, M. -- KUPEC, P. -- PSOTOVÁ, H. -- DOMOKOŠOVÁ, K. Revitalizace v krajině. , verze 1. [CD-ROM]. Mendelu v Brně. 2010. ISBN 978-80-7375-373-3.

HERYNEK, J. -- TLAPÁK, V. Malé vodní nádrže. Brno: MZLU, 2002. 198 s. ISBN 80-7157-635-2.

HUDEC, Karel, Štěpán HUSÁK a Matilda JATIOVÁ. Průvodce brněnskou přírodou. Brno: Uлита, 1995, 198 s.

JŮVA, K. -- TLAPÁK, V. -- HRABAL, A. Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší. 1. vyd. Praha: SZN, 1977. 180 s.

Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta za období 1961-2000 = Climatic regions of the Czech Republic : Quitt's classification during years 1961-2000. Měřítko 1:500 000. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2011, 1 mapa. ISBN 978-80-86690-89-6.

Lodní doprava na Brněnské přehradě 1946-2006. Vyd. 1. Praha: Dopravní vydavatelství Malkus, 2006, 110 s. ISBN 80-903012-9-0.

TLAPÁK, V. Břehové a doprovodné porosty malých toků. ,: Památky a příroda, 1990.

TLAPÁK, V. -- HERYNEK, J. Vazby lesního, vodního a stavebního zákona v praktickém využívání. 13. 6. 2000, Brno (CZ).

TLAPÁK, V. -- HERYNEK, J. Malé vodní nádrže. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. 198 s. ISBN 80-7157-635-2.

ŠLEZINGR, Miloslav. Brněnská přehrada a lidé kolem ní. Brno: Vysoké učení technické, 1998, 83 s. , [4] s. barevných obrazových příloh. ISBN 80-214-1127-9.

ŠLEZINGR, Miloslav a Luboš ÚRADNÍČEK. Vegetační doprovod vodních toků a nádrží. Brno: CERM, 2002, 130 s. ISBN 80-7204-269-6

ŠLEZINGR, M. Abrasion der Ufer : Beitrag zur Problematik zur Sicherung der Uferstabilität. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2206-8

ŠLEZINGR, M. Břehová abraze. Brno: CERM, 2004. 160 s. 1. ISBN 80-7204-342-0.

ŠLEZINGR, M. -- ÚRADNÍČEK, L. Stabilizace břehů za využití armované zemní konstrukce s podporou kořenových systémů dřevin. Brno: Akademické nakladatelství CERM,s.r.o., 2007. 210 s. ISBN 978-80-7204-550-1.

ŠLEZINGR, Miloslav. Základy projektové činnosti - obrazový přehled návrhů stabilizace břehů pomocí břehové armatury. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-833-2.

Internetové zdroje:

Český statistický úřad - <https://www.czso.cz/>

Regionální informační servis <http://www.risy.cz/cs>

Katalog lesnických mapových informací <http://www.uhul.cz/mapy-a-data/katalog-mapovych-informaci>

Informace o elektrárně <http://www.cez.cz/>

Geomorfologické členění <http://geoportal.gov.cz>

Pedologická mapa <http://mapy.geology.cz/>

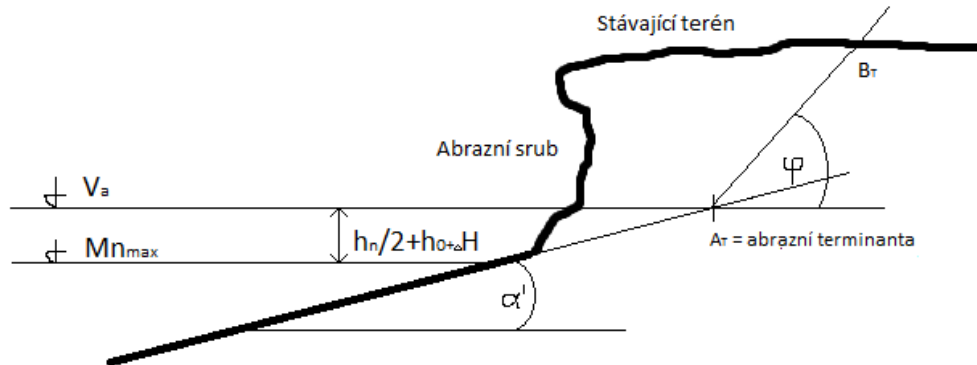
Informace o odběrech vody v Pisárkách <http://www.bvk.cz>

3. Hydrologické výpočty

3.1. Výpočet abrazní terminanty

Stanovení prognózy ústupu břehové čáry

Ke stanovení prognózy ústupu břehové čáry byla použita modifikovaná metoda stanovení abrazní terminanty. Jedná se o metodu, kterou se zjišťuje nejzazší bod, kde se postup abraze samovolně zastaví. Abrazní terminanta je v tomto případě bod určený průsečíkem přímky proložené ustálenou částí abrazní plošiny ve sklonu α a vodorovné přímky proložené nejčtetnější hladinou $M_{n_{\max}}$ zvýšenou o výšku vlny h_n způsobenou větrem o návrhové rychlosti. Jde o nejzazší bod, kde se postup abraze samovolně zastaví. Viz. obrázek č. 11 Grafické znázornění stanovení prognózy ústupu břehové čáry dle modifikované metody. K použití téhle metody tedy potřebujeme znát úroveň nejčtetnější hladiny $M_{n_{\max}}$, dále pak návrhovou výšku vlny h_n , střednici vlny H_0 , také výšku nahnání hladiny větrem ΔH a sklon abrazní plošiny α . Pro samotné stanovení prognózy ústupu břehové čáry je nutné znát nadmořskou výšku paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a . Poté je třeba určit výškovou úroveň abrazní terminanty A_t a následně vynést body nejzazšího ústupu břehové čáry B_t .



Obrázek č. 11 Grafické znázornění stanovení prognózy ústupu břehové čáry dle modifikované metody (Šlezinger, 2004)

- A_T ... abrazní terminanta
- B_T ... bod maximálního ústupu břehové čáry
- Mn_{max} ... nejčtenější hladina (m n.m.)
- V_a ... nadmořská výška paty abrazního srubu (m n.m.)
- α' ... sklon abrazní plošiny ve stupních
- ϕ ... úhel vnitřního tření zeminy

Stanovení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu

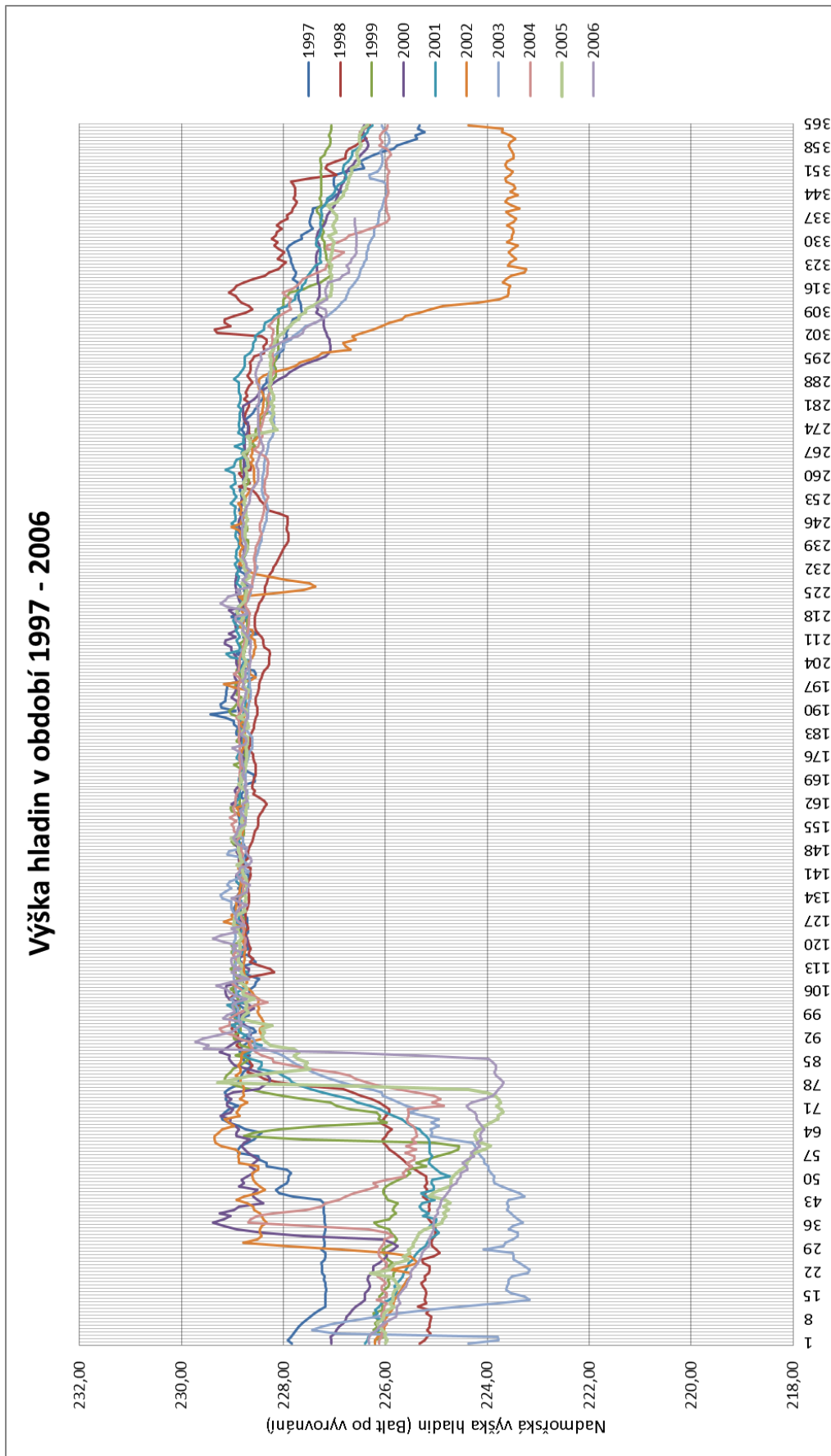
Pro zajištění stability svahu je nutné určit nadmořskou výšku potenciální, případně již vzniklé paty abrazního srubu. Dle teorie se pata abrazního srubu bude neustále posouvat až k abrazní terminantě, kde se ve svém postupu zastaví. K výpočtu tohoto bodu potřebujeme znát nejčtenější hladiny v nádrži a výšku návrhové vlny.

Stanovení nejčtenější hladiny – Mn_{max}

Nejčtenější hladinu Mn_{max} určíme sestavením diagramu četnosti hladin v nádrži. Z hlediska přesnosti je třeba nashromáždit denní měření nadmořských výšek hladin za období alespoň 5 – 10 let. V tomto konkrétním případě byli použity data z let 1997 až 2006. Jedná se o data poskytnutá Povodím Moravy, s.p. (Šlezinger, 2004)

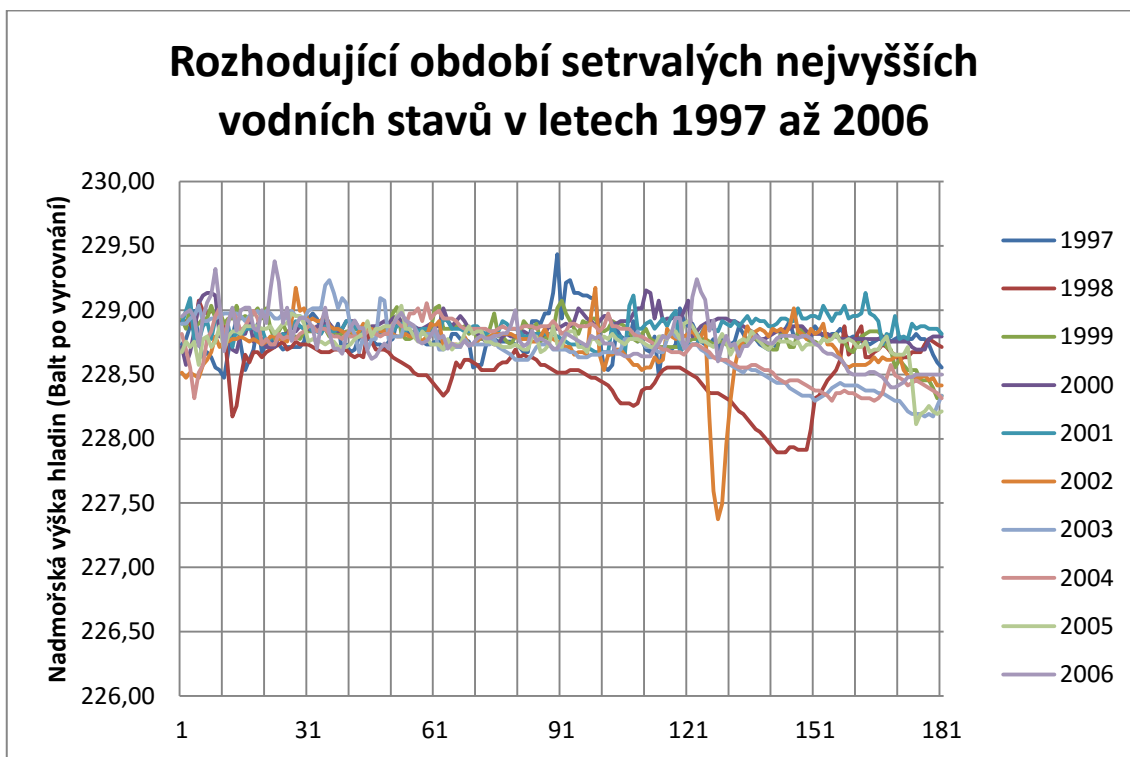
Postup při stanovení nejčtenější hladiny Mn_{max}

1. Získání dat denního měření úrovně hladiny ve Vodní nádrži Brno z let 1997 až 2006.
2. Zpracování těchto dat a vynesení histogramů četnosti výskytu hladin za rozhodující období v jednotlivých letech.
3. Specifikace pojmu rozhodující období a následné vybrání tohoto období z vytvořených grafů průběhu hladin jednotlivých letech. Stanovení období setrvalých nejvyšších vodních stavů a stanovení nejnižší a nejvyšší hladiny, která ohraničuje toto období.
4. Intervaly s nejčtenějším výskytem hladin v rozhodujícím období v jednotlivých letech tvoří třídní intervaly závěrečného vyhodnocení četnosti výskytu za rozhodující období ve stanoveném časovém úseku.
5. Střední hodnota intervalu je nejčtenější hladina Mn_{max} .



Graf č. 1 Vynesené výšky hladin v jednotlivých letech 1997 až 2006

Jako rozhodující období setrvalých nejvyšších vodních stavů v letech 1997 až 2006 bylo vybráno (orientačně dle grafu č. 1), období mezi 100 až 280 dnem daného kalendářního roku.



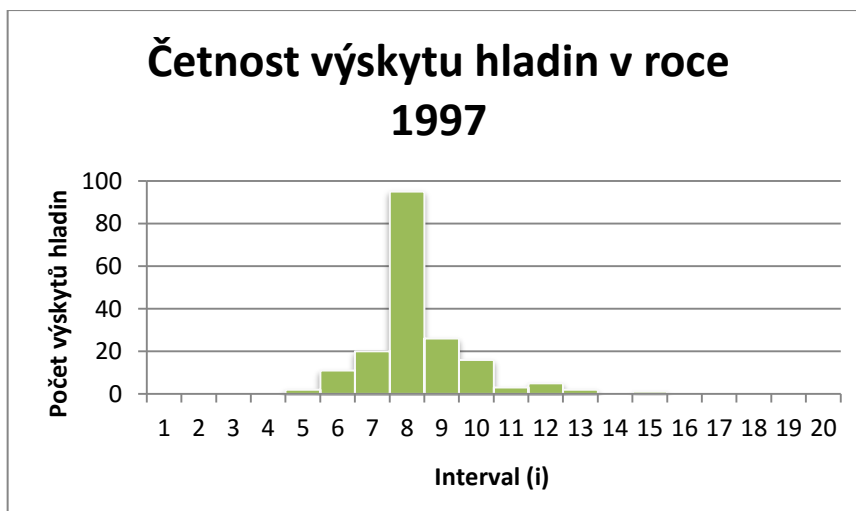
Graf č. 2 Vynesené výšky hladin za rozhodující období setrvalých nejvyšších vodních stavů v letech 1997 až 2006.

Byl zvolen třídní interval 10 cm.

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1997

Tabulka č. 8 Nejvíce se v rozhodujícím období za rok 1997 vyskytovala hladina v intervalu 8, tedy hladina mezi 228,70 až 228,79 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 95 krát

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	0
2	228,10 - 228,19	0
3	228,20 - 228,29	0
4	228,30 - 228,39	0
5	228,40 - 228,49	2
6	228,50 - 228,59	11
7	228,60 - 228,69	20
8	228,70 - 228,79	95
9	228,80 - 228,89	26
10	228,90 - 228,99	16
11	229,00 - 229,09	3
12	229,10 - 229,19	5
13	229,20 - 229,29	2
14	229,30 - 229,39	0
15	229,40 - 229,49	1
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

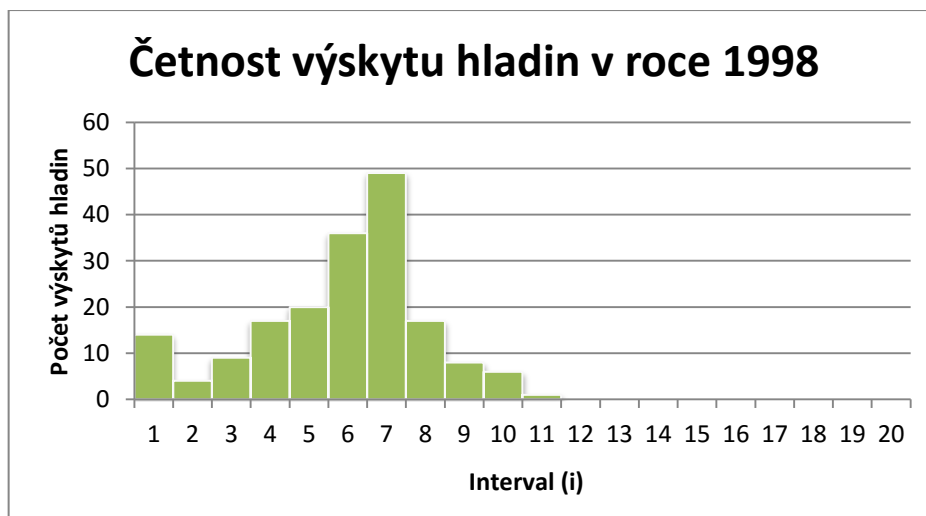


Graf č. 3 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 1997

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1998

Tabulka č. 9 Nejvíce se v rozhodujícím období za rok 1998 vyskytovala hladina v intervalu 7, tedy hladina mezi 228,60 až 228,69 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 49 krát.

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	14
2	228,10 - 228,19	4
3	228,20 - 228,29	9
4	228,30 - 228,39	17
5	228,40 - 228,49	20
6	228,50 - 228,59	36
7	228,60 - 228,69	49
8	228,70 - 228,79	17
9	228,80 - 228,89	8
10	228,90 - 228,99	6
11	229,00 - 229,09	1
12	229,10 - 229,19	0
13	229,20 - 229,29	0
14	229,30 - 229,39	0
15	229,40 - 229,49	0
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

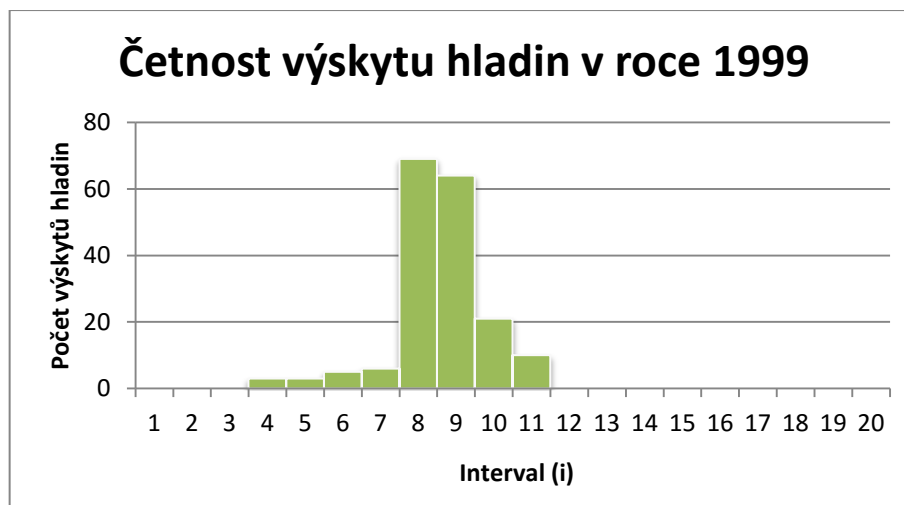


Graf č. 4 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 199

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1999

Tabulka č. 10 Nejvíce se v rozhodujícím období za rok 1999 vyskytovala hladina v intervalu 8, tedy hladina mezi 228,70 až 228,79 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 69 krát.

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	0
2	228,10 - 228,19	0
3	228,20 - 228,29	0
4	228,30 - 228,39	3
5	228,40 - 228,49	3
6	228,50 - 228,59	5
7	228,60 - 228,69	6
8	228,70 - 228,79	69
9	228,80 - 228,89	64
10	228,90 - 228,99	21
11	229,00 - 229,09	10
12	229,10 - 229,19	0
13	229,20 - 229,29	0
14	229,30 - 229,39	0
15	229,40 - 229,49	0
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

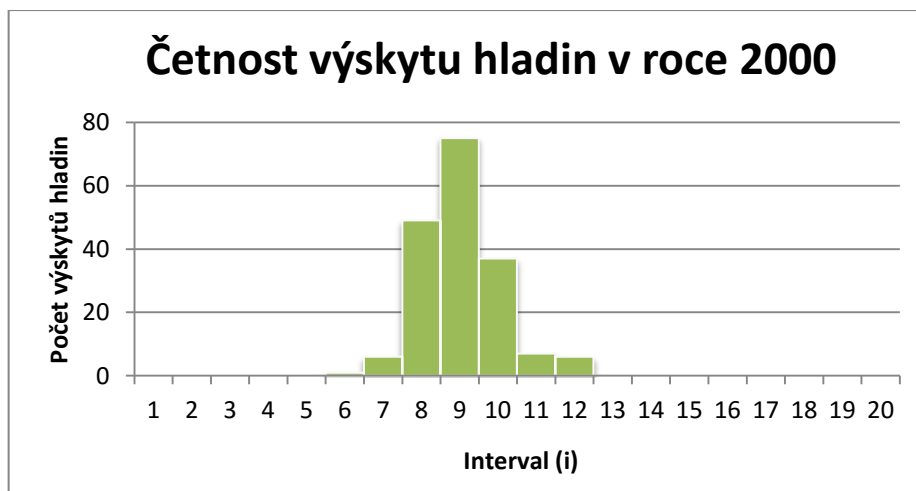


Graf č. 5 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 1999

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2000

Tabulka č. 11 Nejvíce se v rozhodujícím období za rok 2000 vyskytovala hladina v intervalu 9, tedy hladina mezi 228,80 až 228,89 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 75 krát.

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	0
2	228,10 - 228,19	0
3	228,20 - 228,29	0
4	228,30 - 228,39	0
5	228,40 - 228,49	0
6	228,50 - 228,59	1
7	228,60 - 228,69	6
8	228,70 - 228,79	49
9	228,80 - 228,89	75
10	228,90 - 228,99	37
11	229,00 - 229,09	7
12	229,10 - 229,19	6
13	229,20 - 229,29	0
14	229,30 - 229,39	0
15	229,40 - 229,49	0
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

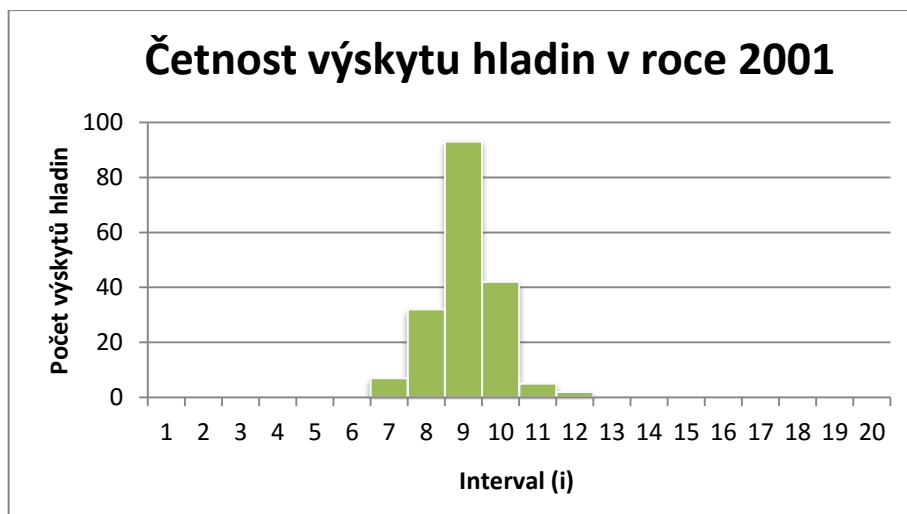


Graf č. 6 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 2000

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2001

Tabulka č. 12 Nejvíce se rozhodujícím období za rok 2001 vyskytovala hladina v intervalu 9, tedy hladina mezi 228,80 až 228,89 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 93 krát.

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	0
2	228,10 - 228,19	0
3	228,20 - 228,29	0
4	228,30 - 228,39	0
5	228,40 - 228,49	0
6	228,50 - 228,59	0
7	228,60 - 228,69	7
8	228,70 - 228,79	32
9	228,80 - 228,89	93
10	228,90 - 228,99	42
11	229,00 - 229,09	5
12	229,10 - 229,19	2
13	229,20 - 229,29	0
14	229,30 - 229,39	0
15	229,40 - 229,49	0
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

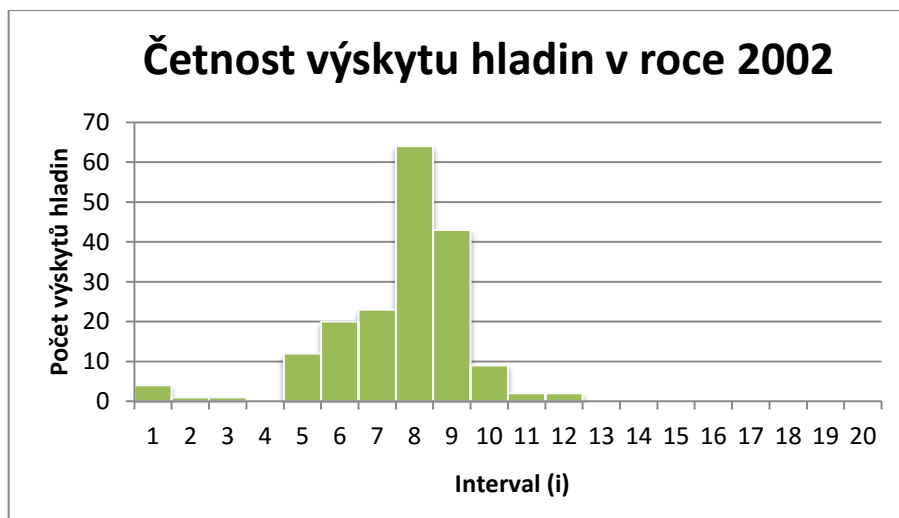


Graf č. 7 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 2001

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2002

Tabulka č. 13 Nejvíce se v rozhodujícím období za rok 2002 vyskytovala hladina v intervalu 8, tedy hladina mezi 228,70 až 228,79 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 64 krát.

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	4
2	228,10 - 228,19	1
3	228,20 - 228,29	1
4	228,30 - 228,39	0
5	228,40 - 228,49	12
6	228,50 - 228,59	20
7	228,60 - 228,69	23
8	228,70 - 228,79	64
9	228,80 - 228,89	43
10	228,90 - 228,99	9
11	229,00 - 229,09	2
12	229,10 - 229,19	2
13	229,20 - 229,29	0
14	229,30 - 229,39	0
15	229,40 - 229,49	0
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

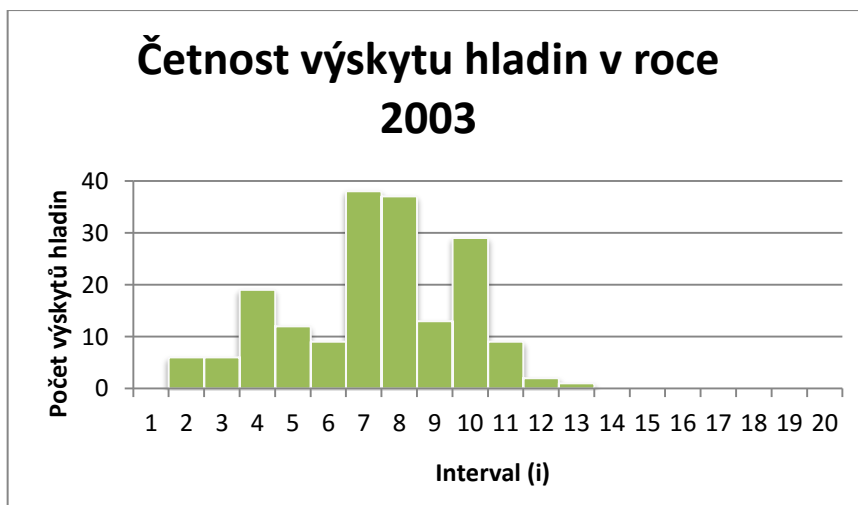


Graf č. 8 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 2002

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2003

Tabulka č. 14 Nejvíce se v rozhodujícím období za rok 2003 vyskytovala hladina v intervalu 7, tedy hladina mezi 228,60 až 228,69 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 38 krát.

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	0
2	228,10 - 228,19	6
3	228,20 - 228,29	6
4	228,30 - 228,39	19
5	228,40 - 228,49	12
6	228,50 - 228,59	9
7	228,60 - 228,69	38
8	228,70 - 228,79	37
9	228,80 - 228,89	13
10	228,90 - 228,99	29
11	229,00 - 229,09	9
12	229,10 - 229,19	2
13	229,20 - 229,29	1
14	229,30 - 229,39	0
15	229,40 - 229,49	0
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

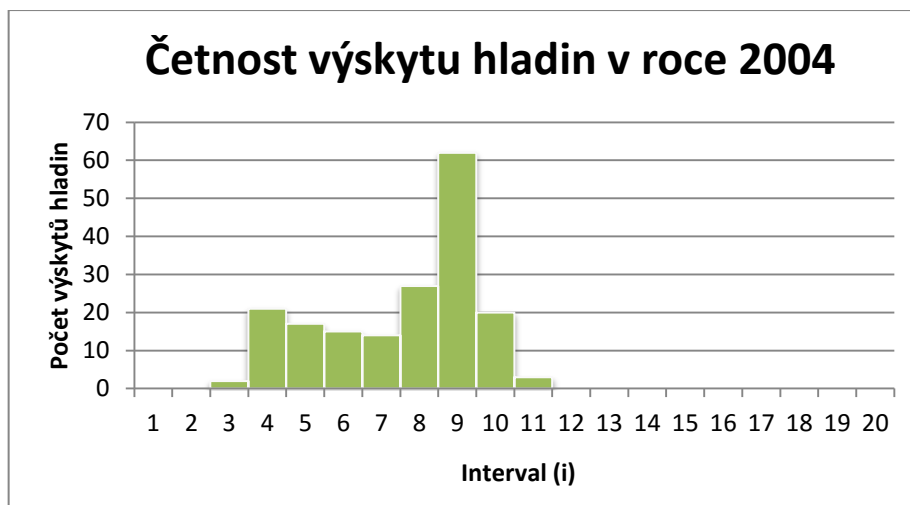


Graf č. 9 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 2003

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2004

Tabulka č. 15 Nejvíce se v rozhodujícím období za rok 2004 vyskytovala hladina v intervalu 9, tedy hladina mezi 228,80 až 229,69 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 62 krát.

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	0
2	228,10 - 228,19	0
3	228,20 - 228,29	2
4	228,30 - 228,39	21
5	228,40 - 228,49	17
6	228,50 - 228,59	15
7	228,60 - 228,69	14
8	228,70 - 228,79	27
9	228,80 - 228,89	62
10	228,90 - 228,99	20
11	229,00 - 229,09	3
12	229,10 - 229,19	0
13	229,20 - 229,29	0
14	229,30 - 229,39	0
15	229,40 - 229,49	0
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

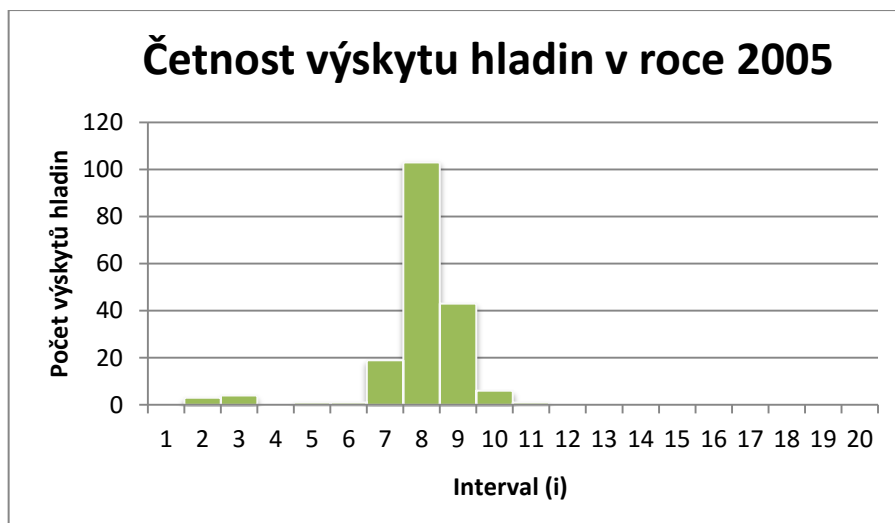


Graf č. 10 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 2004

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2005

Tabulka č. 16 Nejvíce se v rozhodujícím období za rok 2005 vyskytovala hladina v intervalu 7, tedy hladina mezi 228,70 až 228,79 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 103 krát.

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	0
2	228,10 - 228,19	3
3	228,20 - 228,29	4
4	228,30 - 228,39	0
5	228,40 - 228,49	1
6	228,50 - 228,59	1
7	228,60 - 228,69	19
8	228,70 - 228,79	103
9	228,80 - 228,89	43
10	228,90 - 228,99	6
11	229,00 - 229,09	1
12	229,10 - 229,19	0
13	229,20 - 229,29	0
14	229,30 - 229,39	0
15	229,40 - 229,49	0
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

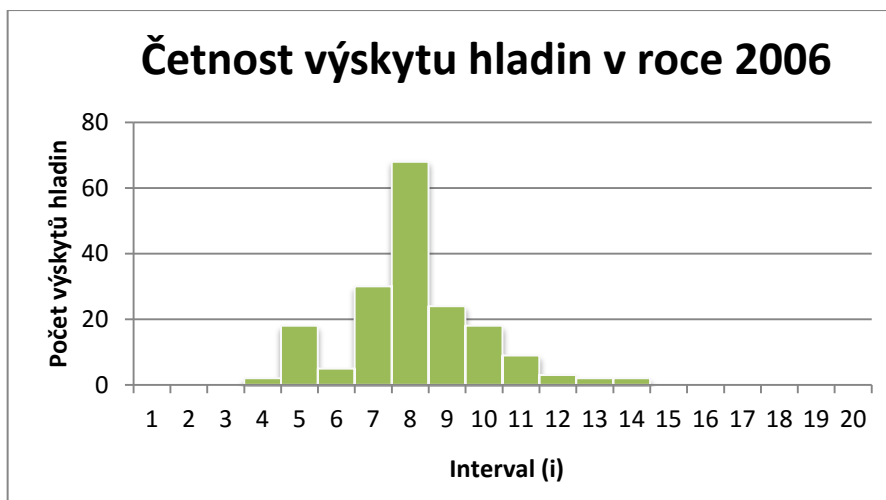


Graf č. 11 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 2005

Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 2006

Tabulka č. 17 Nejvíce se v rozhodujícím období za rok 2006 vyskytovala hladina v intervalu 8, tedy hladina mezi 228,70 až 228,79 m n. m. Hladina v této úrovni se v tomto rozhodujícím období vyskytla celkem 68 krát.

i	Interval (m n.m.)	četnost
1	228,00 - 228,09	0
2	228,10 - 228,19	0
3	228,20 - 228,29	0
4	228,30 - 228,39	2
5	228,40 - 228,49	18
6	228,50 - 228,59	5
7	228,60 - 228,69	30
8	228,70 - 228,79	68
9	228,80 - 228,89	24
10	228,90 - 228,99	18
11	229,00 - 229,09	9
12	229,10 - 229,19	3
13	229,20 - 229,29	2
14	229,30 - 229,39	2
15	229,40 - 229,49	0
16	229,50 - 229,59	0
17	229,60 - 229,69	0
18	229,70 - 229,79	0
19	229,80 - 229,89	0
20	229,90 - 229,99	0

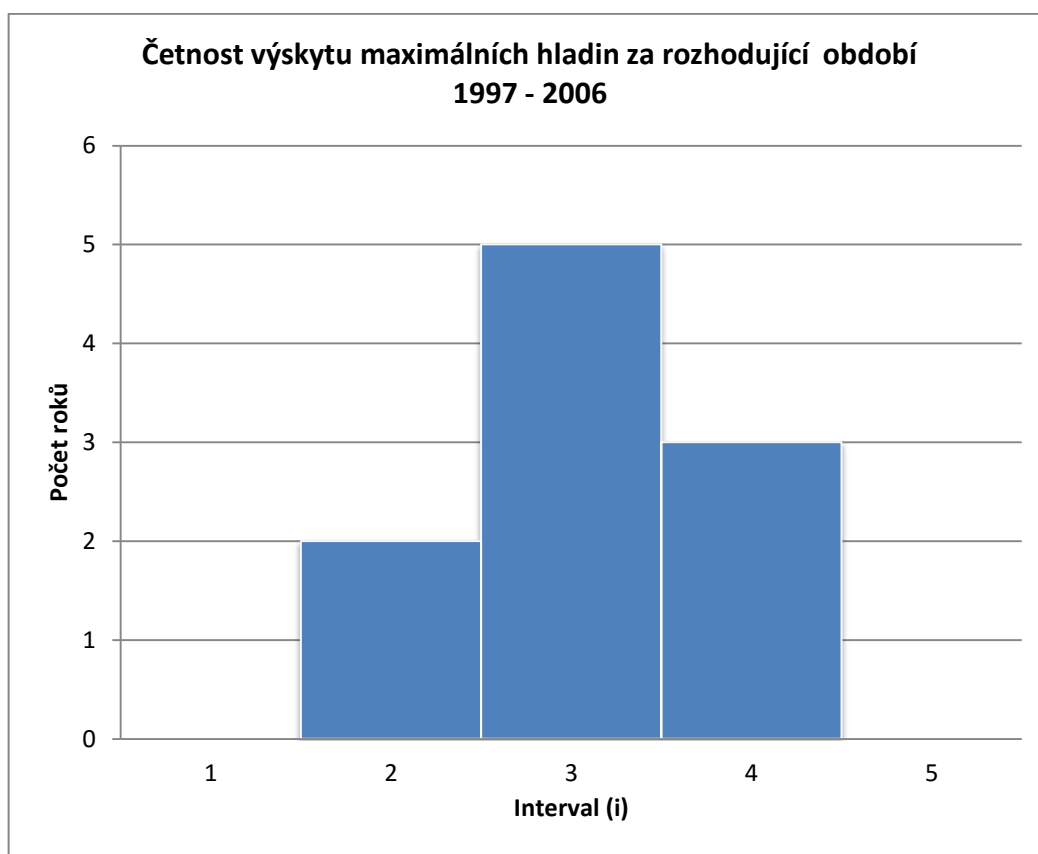


Graf č. 12 Ukazuje četnost výskytu hladin v roce 2006

Četnost výskytu maximálních hladin za rozhodující období v roce 1997 – 2006

Tabulka č. 18 Nejčastěji se v rozhodujícím období 1997 - 2006 vyskytovala hladina v intervalu 8, tedy hladina mezi 228,70 až 228,79 m n. m. Hladina v této úrovni byla maximální hladinou v celkem v pěti letech.

Interval (i)	Střední hladina (m n.m.)	Četnost
6	228,55	0
7	228,65	2
8	228,75	5
9	228,85	3
10	228,95	0



Graf č. 13 Graf ukazující četnost výskytu maximálních hladin za rozhodující období 1997 – 2006

Určení efektivní délky rozběhu větru L_{ef}

Hodnotu L_{ef} , tedy hodnotu efektivní délky rozběhu vlny stanovíme z 15 radiál vedených sledovanými body pobřeží tak, že střední radiála je shodná s hlavním směrem větru. Sedm radiál po každé straně vykreslíme v intervalech po 6° až ke hraně břehu. Tento postup volíme, protože vycházíme z předpokladu, že vítr vane účinně v hlavním směru $\pm 42^\circ$.

Hlavní vítr je jihovýchodní. Vycházíme z měření prof. Stanislava Kratochvíla prováděného v šedesátých letech dvacátého století na Vodní nádrži Brno. Ten určil jihovýchodní vítr jako třetí nejčastější v lokalitě, hned po západním a severozápadním větru. Severozápadní ani západní vítr nemá v dané lokalitě smysl řešit, neboť na ni vzhledem k jižní až jihojihozápadní orientaci posuzovaného břehu nemá vliv. Jako střední rychlost větru, po konzultaci s prof. Šlezingrem, je pro výpočet brána rychlost větru 15 m/s.

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i * \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i}$$

L_i = délka každé jednotlivé radiály

Φ_i = úhel, který svírá každá radiála s hlavním směrem větru, tedy 6° , 12° , 18° , 24° , 30° , 36° a 42°

Tabulka hodnot pro jihovýchodní vítr. Počáteční bod byl zvolen v místě s nejvyšším abrazním srubem v lokalitě.

Tabulka č. 19 Hodnoty radiál a úhlů pro jihovýchodní vítr

φ	Li	úhel	$\cos \varphi$	$Li \cos^2 \varphi$
42	44	93°	0,743	24,230
36	42	99°	0,809	27,489
30	42	105°	0,866	31,500
24	42	111°	0,914	35,052
18	41	117°	0,951	37,085
12	41	123°	0,978	39,228
6	42	129°	0,995	41,541
0	47	135°	1	47,000
6	51	141°	0,995	50,442
12	58	147°	0,978	55,492
18	90	153°	0,951	81,406
24	1741	159°	0,914	1452,978
30	2026	165°	0,866	1519,500
36	1875	171°	0,809	1227,203
42	1238	177°	0,743	683,703

Suma $\cos \varphi = 13,512$

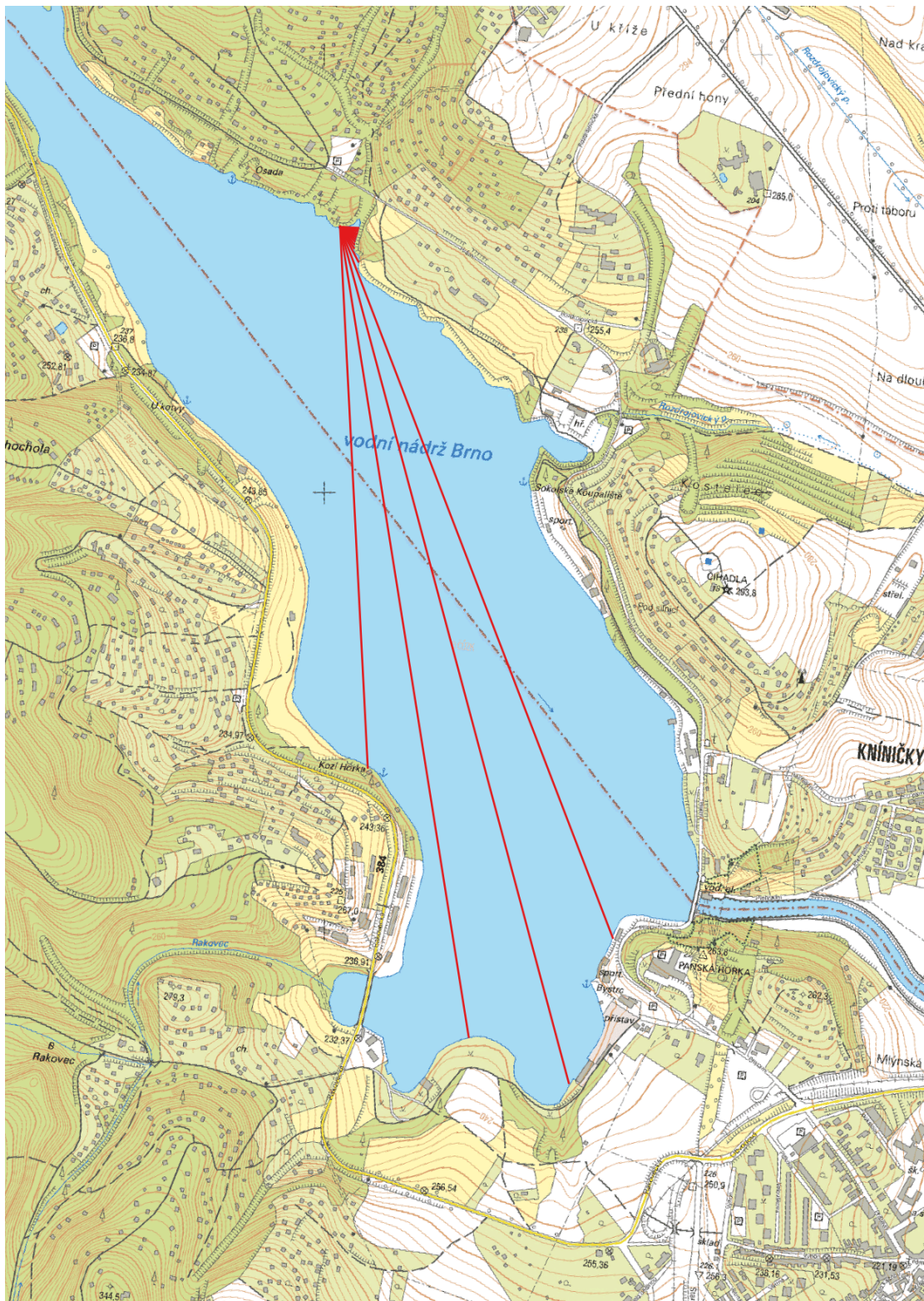
Suma $Li \cos^2 \varphi = 5353,849$

$$Lef = \frac{\sum_{i=1}^{15} Li \cdot \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} = 5353,849 / 13,512 = 396, 229 \text{ m}$$

Z výpočtu vyplývá, že efektivní délka rozběhu větru v místě nejvyššího abrazního srubu v lokalitě je **396,229 metru**. Skutečná rozběhová dráha větru je 47metů. Jako rozběhová dráha větru je uvedena přímá vzdálenost posuzovaného bodu a protějšího břehu v posuzovaném směru větru.

V případě, kdy je efektivní délka rozběhu větru větší než skutečná rozběhová dráha větru v přímém směru, bereme do dalších výpočtů hodnotu efektivní délky rozběhu větru. V tomto případě tedy platí vztah $L_{ef} \geq L$.

Schéma k výpočtu efektivní délky rozběhu větru L_{ef}



Obrázek č. 12 Schéma k výpočtu efektivní délky rozběhu větru L_{ef}



Obrázek č. 13 Detail schématu k výpočtu efektivní délky rozběhu větru L_{ef}

Stanovení návrhové výšky vlny h_n

Pro stanovení návrhové výšky vlny h_n je nutno znát návrhovou rychlost větru, efektivní délku rozběhu větru a tíhové zrychlení.

Návrhová rychlost větru $w_{10} = 15 \text{ m/s}$

Efektivní délka rozběhu větru $L_{ef} = 396,229 \text{ m}$

Tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Výpočet pro návrhovou výšku vlny je dán vztahem:

$$h_n = 0,0026 \times \frac{w_{10}^{1,06} \times L^{0,47}}{g^{0,53}} = 0,0026 \times \frac{293,556}{3,354} = 0,228 \text{ m}$$

Určení hodnoty nahnání hladiny větrem ΔH

Ve směru větru dochází k mírnému hromadění vody v oblasti protilehlých břehů. Toto nahnání vody je mnohdy nepatrné a zvýšení hladiny se projeví v milimetrech. U nádrží kde skutečná délka rozběhu větru nepřekročí 1000 m, jej zanedbáváme.

V tomto případě je skutečná délka 47 m a proto se $\Delta H = 0$

Určení střednice vlny H_0

Dle ČSN 75 02 55 můžeme pro střednici vlny uvažovat taktéž nulovou hodnotu, jelikož předpokládáme sinusový profil vlny. Střednici vlny ztotožníme s hladinou v klidu.

V tomto případě je tedy $H_0=0$

Stanovení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu

Kvůli zajištění stability břehu je nutné určit nadmořskou výšku paty nejvýše položeného abrazního srubu. Toto určení vychází právě z předchozích výpočtů a je třeba k němu znát zejména nejčtetnější hladiny v nádrži, výšku návrhové vlny, střednici vlny a výšku nahnání hladiny větrem.

Nejčtetnější hladina v nádrži $Mn_{max} = 228,75$ m n.m.

Výška návrhové vlny $H_n = 0,228$ m

Střednice vlny $H_0 = 0$ m

Výška nahnání hladiny větrem $\Delta H = 0$

Vztah pro výpočet paty nejvýše položeného abrazního srubu

$$Va = Mn_{max} + \frac{H_n}{2} + H_0 + \Delta H = 228,75 + 0,114 + 0 + 0 = \mathbf{228,864\ m}$$

Výšková úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu je 228,864 m

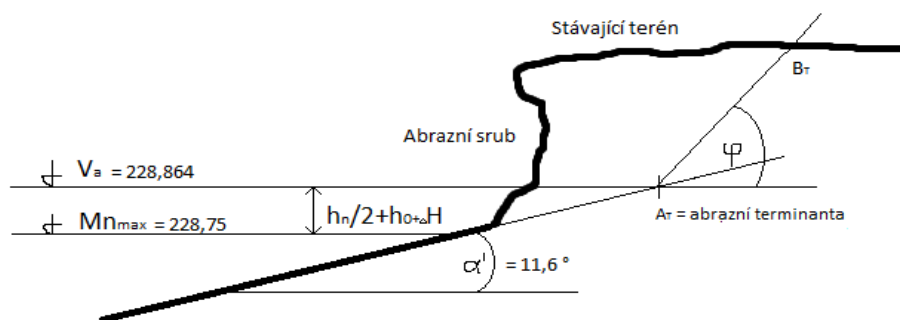
Sklon abrazní plošiny

Sklon abrazní plošiny můžeme získat buď podrobným zaměřením příčných profilů v terénu nebo orientačně z grafu dle Pyškyna, který je však možné použít pouze pro homogenní materiál. V tomto případě došlo k zaměření v terénu. Na tomto krátkém úseku byl pomocí latě, vodováhy a metru změřen sklon abrazní plošiny na celkem sedmi místech a hodnoty byly zprůměrovány. Sklon byl měřen pomocí 150 cm dlouhé latě vždy od paty abrazního srubu až do vzdálenosti tří metrů.

Tabulka č. 20 Sklon abrazní plošiny zaměřený v terénu

Profil číslo	0 - 1,5 m	1,5 - 3,0 m	Průměrný sklon daného profilu
1	20	25	15
2	18	25	14
3	16	14	10
4	17	10	9
5	21	18	13
6	11	12	7,7
7	18	19	12,3
Průměrný sklon abrazní plošiny			11,6 °

Vlastní prognóza ústupu břehové čáry



Obrázek č. 14 Grafické znázornění modifikované metody stanovené abrazní terminanty s doplněnými konkrétními údaji získanými na základě předchozích výpočtů.

4. Závěr

Předkládaná diplomová práce se zabývá stabilizací břehu Vodní nádrže Brno v lokalitě Osada. Práce je rozdělena do tří kapitol, které podrobně analyzují prostředí Vodní nádrže Brno a navrhují jednotlivá řešení této problematiky.

Úvodem své práce shrnuji poznatky získané na základě průvodní zprávy a analyzuji prostředí v okolí výše zmíněné vodní nádrže. V rámci této kapitoly jsem mimo jiné popsal na základě vlastního pozorování i současný stav přírodního prostředí v okolí Vodní nádrže Brno.

V praktické části jsem na základě výše zmíněné studie, vlastního pozorování a výpočtů (dle modifikované metody stanovení abrazní terminanty) stanovil, že se ústup břehové čáry zastaví na kótě 228,864 m. n. m. Na základě analýzy možných řešení této situace jsem stanovil šest dílčích opatření, která zastaví ústup břehové čáry. Všech šest navržených možností počítá s použitím aktivních protiabrazních konstrukcí. Navržená řešení nejsou jedinými možnými, ale vzhledem k finanční náročnosti projektu a jeho realizovatelnosti jsou dle mého názoru nejlepší možná. Výsledkem realizace mnou navrhovaných řešení, by bylo zachování unikátních abrazních srubů v lokalitě Osada, stejně jako zachování současného rázu krajiny. Při pokračování současného ústupu břehové čáry by situace vedla k dalšímu odnosu materiálu z břehů, ohrožení rekreačních objektů a dalšímu zanášení nádrže materiálem z břehů.

5. Summary

This thesis deals with the stabilization of shoreline of Brno water reservoir at position Osada. The whole thesis is divided in three parts which analyses the natural environment of the reservoir and proposes various solutions of this problem.

In the introduction I sum up all known facts mentioned in accompanying report and I analyse the environment of the water reservoir. I also described the actual state of the natural environment around the reservoir.

In the practical part I calculated (by using the modified method of calculating the water abrasion terminant) that the shoreline retreat will not stop until it reaches dimension 228,864 meters above the sea level. I analysed the possible solutions of this situation and proposed six measurements to prevent another shoreline retreat. All of the six measures use the active antiabrasion structures. Those solutions are not the only one that can prevent another shoreline retreat, but due to the financial possibilities and its feasibility of the project I propose them as the best ones.

Implementing my proposals to the environment of the water reservoir will result in preservation of the abrasion cabins as well as the preservation of the contemporary landscape. Vice versa will result in further portorage of the material from the shoreline and it would be a great thread to the rereational structures around the water reservoir.

6. Grafické přílohy

1. Fotografie
2. Přehledná situace 1:50 000
3. Podrobná situace 1:1000
4. Vzorový příčný řez návrhu stabilizace č. 1 1:100
5. Vzorový příčný řez návrhu stabilizace č. 2 1:100
6. Vzorový příčný řez návrhu stabilizace č. 3 1:100
7. Vzorový příčný řez návrhu stabilizace č. 4 1:100
8. Vzorový příčný řez návrhu stabilizace č. 5 1:100
9. Vzorový příčný řez návrhu stabilizace č. 6 1:100
10. Příčné řezy 1 až 5 1:100
11. Příčné řezy 6 až 10 1:100
12. Příčné řezy 11 až 15 1:100
13. Příčné řezy 16 až 20 1:100
14. Příčné řezy 21 až 25 1:100
15. Příčné řezy 26 a 27 1:100



Fotografie č. 2 Pohled na upuštěnou vodní plochu Vodní nádrže Brno



Fotografie č. 3 Pohled na vybranou lokalitu



Fotografie č. 4 Nejohroženější část břehu s největším abrazním srubem



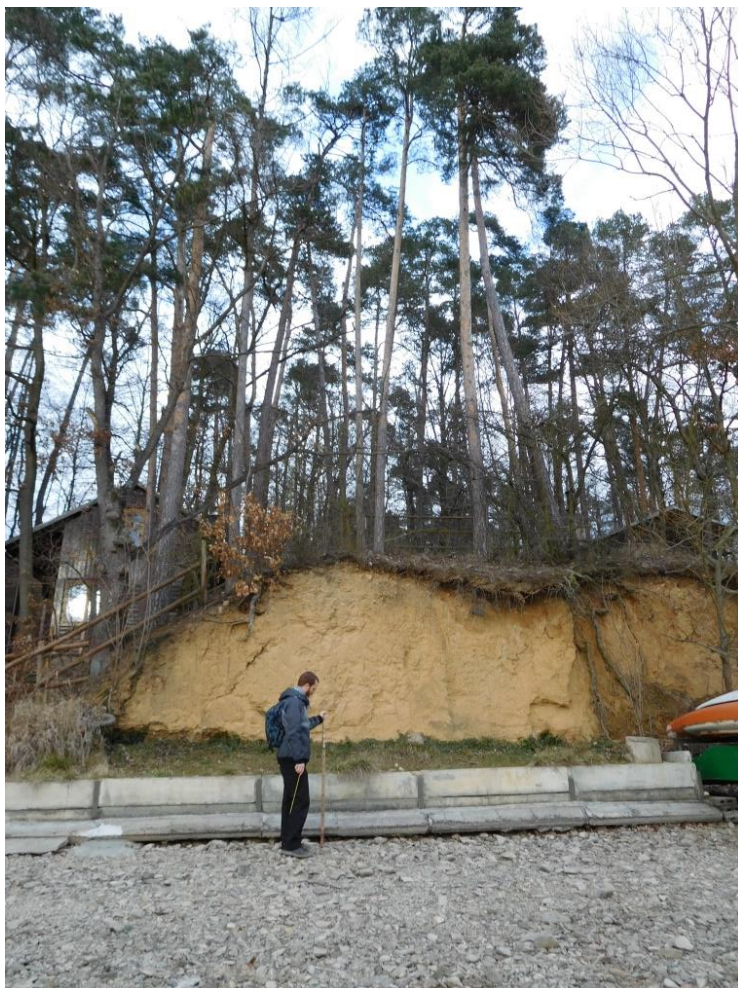
Fotografie č. 5 Pohled na část řešeného území



Fotografie č. 6 Měření sklonu abrazní plošiny v terénu



Fotografie č. 7 Pokračující postup abraze



Fotografie č. 8 Stabilizace břehu u rekreačního objektu