



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

STANOVENÍ PROGNÓZY ÚSTUPU BŘEHOVÉ ČÁRY

ESTABLISHMENT OF BANK SLOPE RETREAT FORECAST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Čuda Ondřej

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Dr. Ing. MILOSLAV ŠLEZINGR

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Ondřej Čuda
Název	Stanovení prognózy ústupu břehové čáry
Vedoucí práce	prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezingr
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Lukáč, M. a kol. Účinky větrovných vln na konstrukciu priehrady, svahy nádrže a protiabrázne opatrenia, STU Bratislava 1977

Spanilá, T. Problematika přetváření břehů na vodních nádržích, In. Přehradní dny 1992

Šlezinger, M. Břehová abraze, CERM Brno 2004

Šlezinger, M. Vegetační doprovod vodních toků a nádrží, CERM Brno 1996

Úradníček, L., Šlezinger, M. Stabilizace břehů, VUT Brno 2007

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Posouzení stávajícího stavu břehů

Zaměření řešené části vybrané lokality

Zpracování teorie využití prvků břehové stabilizace

Hydrotechnické výpočty a výpočty ústupu břehové čáry

Zpracování výkresové dokumentace - řezy břehovým územím s návrhem stabilizačních prvků

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá posouzením stavu břehového území zatopené štěrkopískovny Hulín, následným návrhem aktivních protiabrazních konstrukcí a stanovením prognózy ústupu břehové čáry. V rámci posouzení byla provedena osobní terénní pochůzka, při které byl po dohodě s vedoucím práce určen břehový úsek pro následný návrh stabilizačního opatření a jeho fotodokumentace. Z dat poskytnutých vedoucím práce byly následně vypočítány charakteristiky vln, rozběhová délka větru, úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu a graficky byl určen bod maximálního ústupu břehové čáry v zaměřeném příčném profilu řešeného úseku. Součástí diplomové práce je návrh celkem šesti aktivních protiabrazních konstrukcí, jejichž konstrukce zamezí dalšímu ústupu břehové čáry a podpoří tvorbu biotopu pro tamější živočichy.

KLÍČOVÁ SLOVA

abraze, abrazní terminanta, břehová čára, návrh stabilizace, vodní nádrž

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the assessment of the condition of the riparian area of the flooded gravel sand pit Hulín, the subsequent design of active anti-abrasion structures and the determination of the prognosis of the retreat of the shoreline. As part of the assessment, a personal field trip was carried out, during which the following shore section was agreed with the supervisor for the subsequent proposal of a stabilization measure and its photo documentation. From the data provided by the supervisors, the characteristics of the waves, the diverted wind length, the level of the heel of the highest abrasive log house were subsequently calculated and the point of maximum retreat of the shoreline in the focused incoming profile of the Greek section was given graphically. Part of the diploma thesis is the design of a total of six active anti-abrasive structures, the structure of the structure will prevent further retreat of the shoreline and support the creation of habitats for local animals.

KEYWORDS

abrasion, abrasive terminant, bank line, stabilization proposal, water reservoir

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Ondřej Čuda *Stanovení prognózy ústupu břehové čáry*. Brno, 2021. 69 s., 9 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.
Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Stanovení prognózy ústupu břehové čáry* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Ondřej Čuda
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Stanovení prognózy ústupu břehové čáry* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Ondřej Čuda
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

V této části bych rád poděkoval svému vedoucímu práce prof. Dr. Ing. Miloslavu Šlezingrovi za jeho odborné rady, cenné připomínky, čas strávený při konzultacích a poskytnuté materiály pro řešení problematiky týkající se břehové abraze. Také bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu a v neposlední řadě také celému učitelskému sboru a kamarádům.

OBSAH

ÚVOD	1
1 PRŮVODNÍ ZPRÁVA	2
1.1 SPRÁVNÍ ÚDAJE	2
1.2 GEODETICKÉ PODKLADY	3
1.3 HYDROLOGICKÉ POMĚRY	4
1.3.1 Řeka Rusava.....	5
1.3.2 Záhlinické rybníky.....	5
1.3.3 Odtokové poměry.....	5
1.3.4 Klimatické poměry.....	6
1.3.5 Srážkové poměry.....	7
1.3.6 Teplota vzduchu.....	7
1.3.7 Podzemní vody.....	7
1.4 GEOLOGICKÉ POMĚRY	8
1.4.1 Geomorfologické poměry.....	9
1.4.2 Základní petrologická charakteristika.....	9
1.4.3 Půdní poměry.....	10
1.5 POŽADAVKY NA ODBĚRY	11
1.6 ČISTOTA VOD	11
1.6.1 Výskyt chráněných rostlin a živočichů.....	12
1.6.2 Rybí pásma.....	13
1.7 PRŮMYSL	13
1.8 ZEMĚDĚLSTVÍ	13
1.9 LESNICTVÍ	14
1.10 REKREAČNÍ VYUŽITÍ	14
1.10.1 Rybolov.....	14
1.11 SPLAVNOST	14
1.11.1 Ocelové pontony.....	15
1.12 ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	16
1.12.1 Lužní lesy.....	16
1.12.2 Vegetační doprovod.....	16
1.12.3 Fotodokumentace stávajícího stavu vegetace.....	17
2 TEORETICKÉ ASPEKTY – VZNIK ABRAZE	19
2.1 PŘEDPOKLADY VZNIKU A ROZVOJE ABRAZE	19
2.1.1 Geologické a pedologické poměry.....	19
2.1.2 Fyzikálně-mechanické vlastnosti pokryvu břehů.....	20
2.1.3 Sklon svahů břehů.....	20
2.2 ČINITELÉ ZPŮSOBUJÍCÍ VZNIK ABRAZE	21
2.2.1 Vlnění eolického původu.....	21

2.2.2	Kolísání hladiny v nádrži	22
2.2.3	Vlnění způsobené pohybem plavidel	22
2.2.4	Účinky mrazu a tání	22
2.2.5	Vliv ledové pokrývky a ledových ker	23
2.2.6	Vliv průsaku vody půdním horizontem	23
2.2.7	Antropogenní vlivy	23
2.3	POSOUZENÍ ROZSAHU ABRAZE	24
2.4	PROTIABRAZNÍ OPATŘENÍ.....	24
2.4.1	Aktivní protiabrazní konstrukce	24
2.4.2	Pasivní protiabrazní konstrukce	25
2.4.3	Metody stabilizace břehů.....	25
3	TECHNICKÁ ZPRÁVA	26
3.1	SPRÁVNÍ ORIENTACE	26
3.2	ÚVODNÍ ČÁST	26
3.3	POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU	27
3.4	VLASTNÍ NÁVRH BŘEHOVÉ STABILIZACE	29
3.4.1	Dvojitý zápleťový plůtek vyplněný kamenivem	30
3.4.2	Dvojitý zápleťový plůtek s kulatinou a kamenivem.....	31
3.4.3	Gabionové koše plněné kamenivem.....	32
3.4.4	Dvouřadá pilotová stěna	33
3.4.5	Podélná břehová kamenná lavice s oživením	34
3.4.6	Dvojitý zápleťový plůtek s haťošterkovými válci	35
3.5	TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	36
4	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	39
4.1	PROGNÓZA ÚSTUPU BŘEHOVÉ ČÁRY	39
4.1.1	Grafické znázornění metody stanovení abrazní terminanty	40
4.1.2	Určení efektivní délky rozběhu větru L_{ef}	41
4.1.3	Stanovení návrhové výšky vlny h_n	43
4.1.4	Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH	44
4.1.5	Určení střednice vlny h_0	46
4.1.6	Určení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a	46
4.1.7	Stanovení sklonu abrazní plošiny, abrazní terminanty a bodu maximálního ústupu břehové čáry	47
5	FOTODOKUMENTACE	48
ZÁVĚR	52	
POUŽITÁ LITERATURA A PROGRAMY	53	
SEZNAM TABULEK	55	

SEZNAM OBRÁZKŮ	56
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	58
SEZNAM PŘÍLOH	59

ÚVOD

Břehová abraze je jev, který je velkým problémem velké většiny vodních nádrží, a to nejen v České republice, ale i celosvětově. Je to proces, při kterém dochází k obrušování dna a břehů pohybem vody a následným transportem a sedimentací uvolněného materiálu. Pohyb vody a následné vlnění hladiny je způsobeno především vlivem větru, vlivem lodních plavidel a kolísáním vodní hladiny v nádrži. Následkem vzniku a postupného vývoje abraze je pak především výrazné poškození břehů nádrže, vznik abrazních srubů a odplavení velkého množství zeminy. Následně vzniká také riziko sesuvu půdy, které ohrožuje na břehu stojící objekty či komunikace. [1]

Náchylná místa pro tvorbu břehové abraze jsou snadno vytipovatelná, ale i přes tuto skutečnost se abrazi nevěnuje dostatečná pozornost v projektové přípravě vodních děl. Samotný problém se tak mnohdy řeší ve chvíli, kdy je břeh již porušen a dochází tak k ohrožení přilehlých pozemků. [1]

Tato práce se zabývá posouzením břehového území na zadané lokalitě a následným návrhem aktivních protiabrazních konstrukcí, které by v budoucnu měli omezit tvorbu abraze na nejvíce rizikové části břehu. Jako zkoumaná lokalita mi byla zadána zatopená štěrkopískovna Hulín, kde je tvorba břehové abraze eolickým vlivem aktuálním problémem.

Diplomová práce byla zpracována na základě osobní prohlídky štěrkopískovny Hulín a řešeného úseku. Cílem terénní prohlídky bylo seznámení se současným stavem břehů, pořízení fotodokumentace a získání doplňujících informací o zkoumané lokalitě a jejím okolí. Prohlídka byla provedena v listopadu 2018 a červnu 2020 za účasti prof. Dr. Ing. Miloslava Šlezingra.

1 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

1.1 SPRÁVNÍ ÚDAJE

Štěrkopískovna Hulín se nachází ve Zlínském kraji České republiky na okraji města Hulín, které se nachází asi 6 km východně od města Kroměříž. V nadmořské výšce asi 191 m n. m. se zde nachází ložisko štěrkopísků s vodní plochou o rozloze asi 1 km². V současné době je správcem a provozovatelem Českomoravský štěrk, a.s. Těžební činnost zde byla zahájena v roce 1977 a těženými surovinami jsou primárně písek a štěrkopísek. Těžba zde probíhá pod hladinou vody užitím drapákových a sacích bagrů, které jsou umístěny na plovoucích ocelových pontonech.

Pískovna dodává výrobky do oblastí střední Moravy, a to především do okresu Zlín, Kroměříž a Přerov. Výrobky jsou využívány například jako příměsí do různých druhů betonů, omítek, malt a komplexně pro silniční stavby. [17]

Název akce:	Stanovení prognózy ústupu břehové čáry
Oficiální název:	Štěrkopískovna Hulín
Kraj:	Zlínský
Okres:	Kroměříž
Město:	Hulín
Katastrální území:	Hulín
Provozovatel pískovny:	Českomoravský štěrk, a.s. 768 24, Hulín, Záhlinická 806 IČO – 255 02 247 email – expedice.hulin@cmsterk.cz
Rozloha:	93,5 ha
GPS:	49°18'8.085"N, 17°28'46.058"E



Obr. 1. 1 – Letecký snímek štěrkopískovny Hulín (foto: Českomoravský štěrk, a.s.)

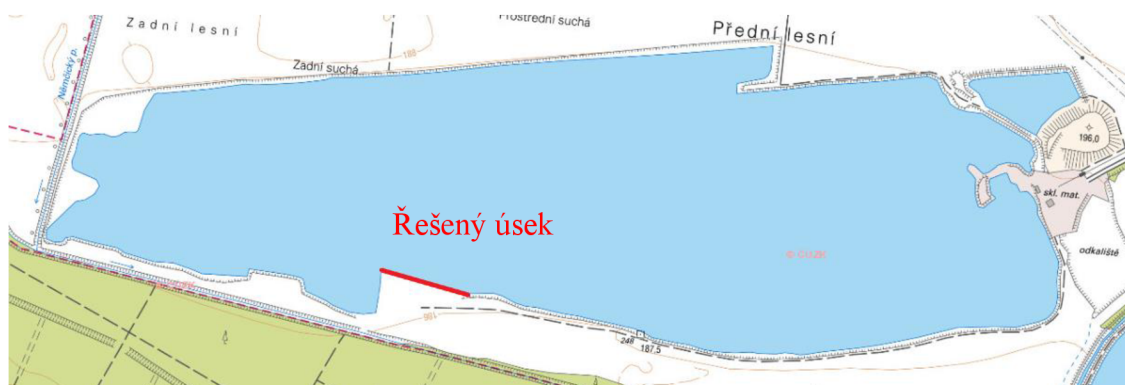
1.2 GEODETICKÉ PODKLADY



Obr. 1. 2 – Lokalizace řešeného území na mapě ČR [7]



Obr. 1. 3 – Lokalizace řešeného území – Štěrkopískovna Hulín [5]



Obr. 1. 4 – Řešený úsek lokality [5]

1.3 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Řešená lokalita leží v povodí řeky Moravy. V blízkosti lokality protéká Němčický potok, který se jihozápadně od pískovny vlévá do potoka Stonač, který pak ústí do řeky Rusavy. Rusava je vedle řeky Moravy dalším vodohospodářsky významným tokem a skrze město Hulín protéká lichoběžníkovým korytem se zatravněnými břehy. Jihovýchodně od štěrkopískovny se nachází soustava čtyř rybníků, která je součástí Přírodního parku Záhlinické rybníky s celkovou rozlohou asi 239 ha.

1.3.1 Řeka Rusava

Řeka Rusava je levostranný přítok řeky Moravy s průměrným průtokem $0,80 \text{ m}^3/\text{s}$, má délku 29,8 km a povodí o rozloze $148,4 \text{ km}^2$. Do řeky Moravy se vlévá pod Kroměříží v nadmořské výšce 184 m.

1.3.2 Záhlinické rybníky

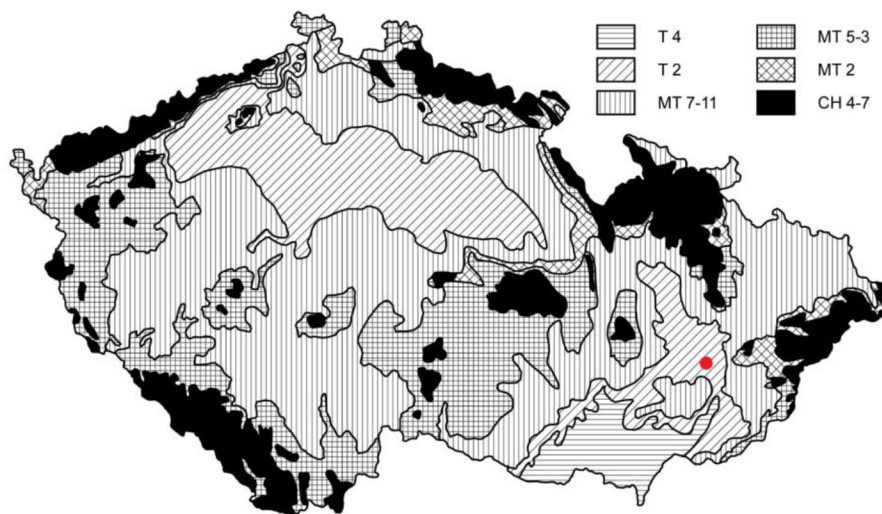
Záhlinické rybníky je soustava čtyř rybníků – Svárovského rybníka, Pláňavského rybníka, Doubravického rybníka a Němčického rybníka. V současné době má rybníky pronajatá firma Rybařství Hulín a chová zde kapry, amury, tolstolobiky, sumce a štiky. Komplex se nachází jižně od města Hulín v nadmořské výšce 187 m n. m. a společně s přiléhajícím lesem Zámeček byl v roce 1995 vyhlášen jako Přírodní park.

1.3.3 Odtokové poměry

Ve štěrkopískovně Hulín nedochází k ovlivnění přítokem či odtokem, proto se jedná o vodní nádrž bezodtokou. Na kolísání hladiny v nádrži má vliv množství a intenzita srážek či pohyb hladin podzemní vody. Do štěrkopískovny jsou rovněž svedeny vody z těžební úpravy surovin obsahující významný podíl nerozpuštěných látek, které následně sedimentují na dně. Objem sedimentovaného materiálu je závislý na objemu těžby.

1.3.4 Klimatické poměry

Podle klasifikace klimatu E. Quitta (Obr. 1.5) leží řešené území v teplé oblasti T2, na mapě znázorněno červeně. Lokalita je charakterizována dlouhým, teplým a suchým létem, velmi krátkým přechodným obdobím a teplým až mírně teplým jarem a podzimem, krátkou, mírně teplou a suchou až velmi suchou zimou. [9] Na rozdíl od ostatních krajů ČR se ve Zlínském kraji vyskytuje poměrně značný počet bouřek a ostatně jako na celé východní Moravě jsou zde častější srážky s vyšší intenzitou a kratší dobou trvání. Detailnější výpis konkrétních charakteristik oblasti T2 je uveden v Tab. 1.1.



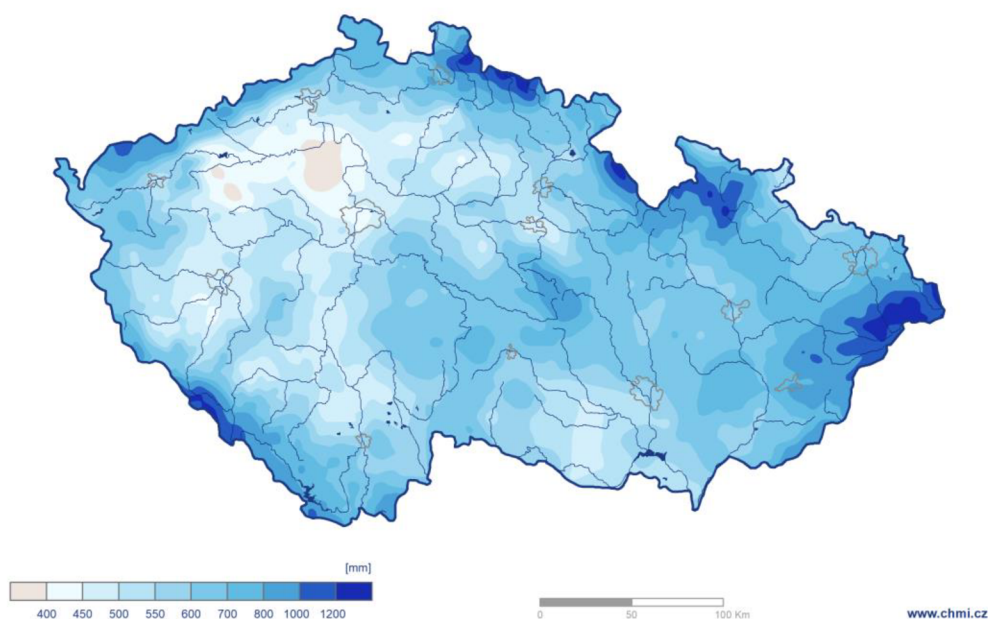
Obr. 1. 5 – Klasifikace klimatu ČR dle E. Quitta [9]

Klimatické charakteristiky oblasti T2	
Počet letních dní ($t_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)	50-60
Počet dní s prům. teplotou $\geq 10^{\circ}\text{C}$	160-170
Počet dní s mrazem ($t_{\min} \leq -0,1^{\circ}\text{C}$)	100-110
Počet ledových dní ($t_{\max} \leq -0,1^{\circ}\text{C}$)	30-40
Prům. lednová teplota	-2 až -3
Prům. červencová teplota	18-19
Prům. dubnová teplota	8-9
Prům. říjnová teplota	7-9
Prům. počet dní se srážkami ≥ 1 mm	90-100
Suma srážek ve vegetačním období (duben-září)	350-400
Suma srážek v zimním období (říjen-březen)	200-300
Suma srážek celkem	550-700
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40-50
Počet zatažených dní	120-140
Počet jasných dní	40-50

Tab. 1. 1 - Klimatické charakteristiky oblasti T2 [8]

1.3.5 Srážkové poměry

Průměrný roční úhrn atmosférických srážek se pohybuje nad hodnotou 650 mm. Roční úhrn srážek však stoupá v závislosti na nadmořské výšce. Nejvyšší srážkový úhrn bývá v květnu až srpnu a nejméně v únoru a březnu. V letních měsících je zde častý výskyt přívalových srážek bouřkového charakteru, které však postihují pouze malá území. Sněhová pokrývka se ve Zlínském kraji objevuje od poloviny prosince až do poloviny března.



Obr. 1. 6 - Úhrn srážek v roce 2019 [10]

1.3.6 Teplota vzduchu

Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje kolem 8,5 °C. Nejchladnějším měsícem bývá leden a nejteplejším červenec. V nejteplejším měsíci se denní maximum pohybuje kolem 24,0 °C a průměrná denní minima se v lednu dostávají na hodnotu -5 °C.

1.3.7 Podzemní vody

V řešeném území jsou podzemní vody vázány na zvodnělé vrstvy sedimentů Hornomoravského úvalu a jejich výskyt je dán geologickou stavbou. Nejvýznamnější zásoby podzemních vod jsou ve fluvialních sedimentech údolní nivy řeky Moravy a jejích přítoků. Jedná se o zvodně nad třetihorním nepropustným podložím v souvrství štěrků a písků, které je překryto polopropustným souvrstvím povodňových sedimentů. [14]

1.4 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Ložisko tvoří fluviální sedimenty Moravy - štěrkopísky a přeplavené neogenní písky, které se uložily na podložní tortonské jíly. Hranice mezi štěrkopísky a písky je ostrá, v píscích jsou ve větší míře zastoupeny jílové vložky. V lokalitě nebylo zjištěno tektonické porušení.

Litologicko-stratigrafický profil:

1. nivní hlíny a jíly, holocénního stáří, mocnost 1-4 m (průměr 3 m)
2. fluviální štěrkopísky Moravy pliocén kvartér , 4-12 m
3. fluviolakustrinní písky neogénino (terciér) stáří, 20-25 m
4. jíly torton terciér

Morfologicky je území ložiska široké údolí, které je omezeno na východu strmějšími svahy paleogenních flyšových sedimentů. Samotné ložisko je protaženo ve směru V-Z v délce 1850 m se šířkou 700 m a je podle zrnitostního složení děleno ve vertikálním profilu na štěrkopísky s mocností 2,2-12,3 m a podložní písky s mocností 1,2-28,4 m. Reliéf ložiska je značně nerovný a nepravidelný. Hloubkové omezení ložiska je zčásti umělé – dané technologií těžby (h = 30 m) a z části geologické. [12]



- 1 – navážka
- 6 – nivní sediment
- 13 – kamenitý sediment
- 16 – spraš
- 24 - písek

Obr. 1. 7 - Geologická mapa území [11]

1.4.1 Geomorfologické poměry

Dle současného geomorfologického členění leží řešená oblast v provincii Západní Karpaty. Regionální členění reliéfu ukazuje následující přehled:

Provincie:	Západní Karpaty
Subprovincie:	Vněkarpatské sníženiny
Oblast:	Západní Vněkarpatské sníženiny
Celek:	Hornomoravský úval
Podcelek:	Středomoravská niva
Okresek:	Holešovská plošina

Reliéf má charakter ploché pořiční krajiny vzniklé na poklesové struktuře Hornomoravského úvalu ve Vněkarpatských sníženinách, který je vyplněn mladými terciárními a kvartérními sedimenty. Středomoravská niva směrem na východ postupně přechází v Holešovskou plošinu. Jedná se o akumulární rovinu podél řeky Moravy táhnoucí se od Litovle až k Napajedlům. Šířka se pohybuje v rozmezí 2 až 13 km a délka dosahuje přibližně 70 km. Je tvořena dvěma vrstvami, ve spodní vrstvě štěrkopísky a ve své vrchní vrstvě písčitymi hlínami a hlinitými písky. Sklon reliéfu se pohybuje zhruba v rozmezí 0,4 ‰ - až 2,5 ‰. [13]

1.4.2 Základní petrologická charakteristika

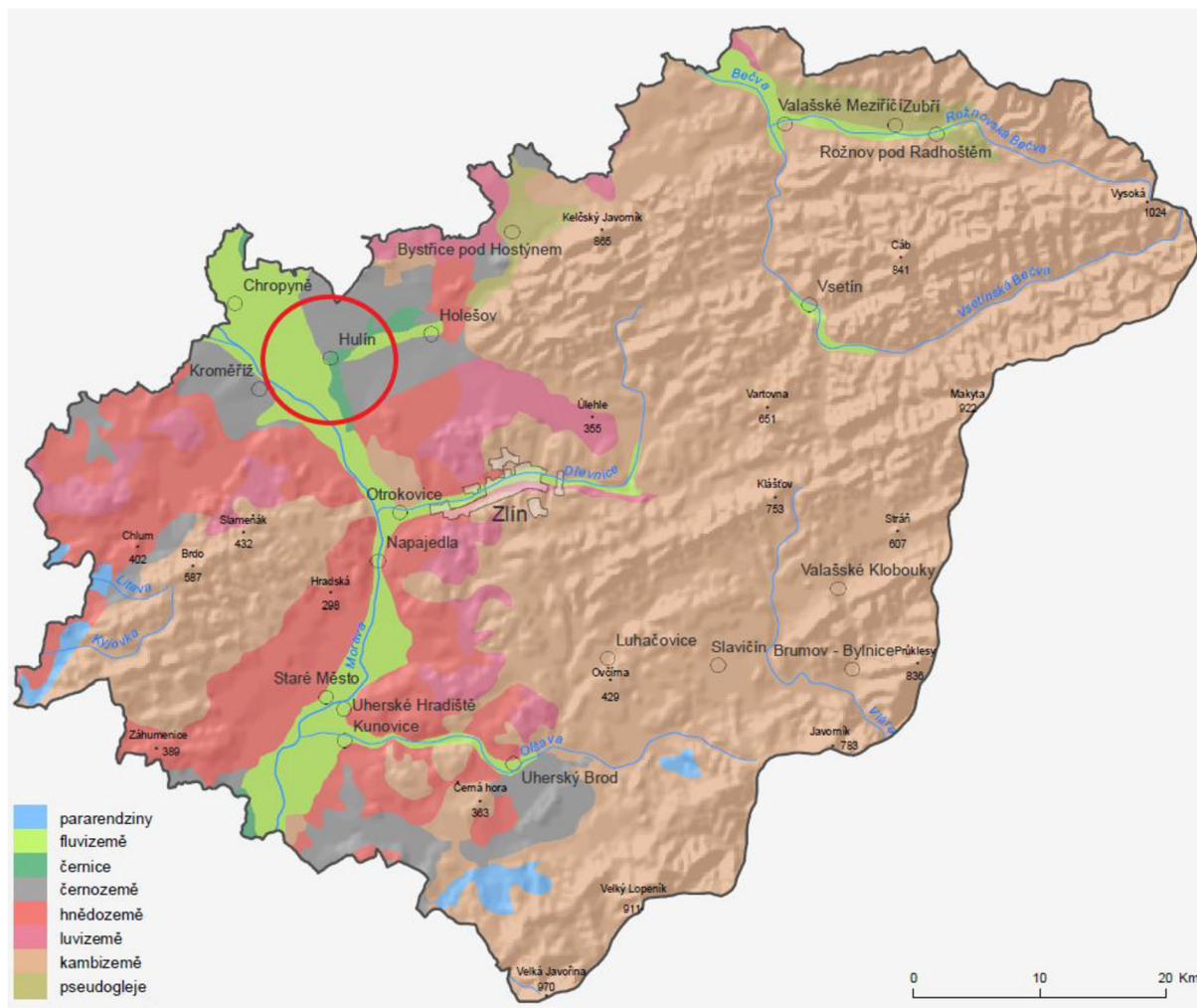
Štěrkopísek tvořící terasovité stupně řeky Moravy je šedý, tvořený středně až dobře opracovanými valouny pískovce, křemene, žulou, rulou, slepencem, pegmatitem a fylitem. Podložní písky jsou šedé, tvořené křemenem, živcem, dále sericitem, muskovitem, granátem, amfibolem, biotitem a zrnitostně převládá hrubá písčité frakce. [12]

1.4.3 Půdní poměry

Matečným půdním substrátem řešeného území jsou fluviální uloženiny. Jedná se o aluviální, povodňové sedimenty. Naprosto dominují fluviální půdy a lužní půdy.

Fluviální půdy jsou vytvořené na naplaveninách vodních toků a zauímají nejnižší polohy území. Pro tyto půdy je velmi typická odlišná mocnost humusové vrstvy a odlišné zrnitostní složení v závislosti na původu zemin, které připlavila voda. Hlavní fyzikálně-chemickou vlastností těchto půd je schopnost poutat živiny a uvolňovat je pro rostliny.

Lužní půdy neboli černice jsou středně těžké, hluboké půdy bez skeletu. Vyvinuly se většinou na vápnatých zeminách v podmínkách zvýšeného ovhčeni půdy. Nejběžněji se vyskytují v polohách nivních, kde půdotvorný proces trval delší dobu a nebyl rušen záplavami a dále v mělkých sníženinách v plošinách. Z hlediska stanovištních poměrů jsou tyto půdy skoro stejné s nivními půdami. Liší se od nich kvalitnějším humusem, větším obsahem humusu a mocnější humusovou vrstvou. [14]



Obr. 1. 8 - Půdní typy Zlínského kraje [15]

1.5 POŽADAVKY NA ODBĚRY

V zájmovém území nejsou žádné požadavky na odběry.

1.6 ČISTOTA VOD

Štěrkopískovna je bezodtoká, tudíž nemá na jakost vody vliv žádný přítok. Na možné znečištění nádrže mají vliv srážky v dané lokalitě a následný smyv půdy z přilehlých polí a luk. Další možné znečištění je v důsledku užívání nádrže jako koupaliště lidmi nebo únik paliva z těžebního stroje. Díky stále probíhající těžbě je však voda v jezeru čistá a nezávadná.



Obr. 1. 9 – Hladina štěrkopískovny Hulín [6]

Po České republice se vyskytuje mnoho jezer po bývalých pískovnách, které v současnosti slouží k rekreaci právě díky disponující čistotě a nezávadnosti vody. Důkazem kvality vody je i skutečnost, že se asi 200 m severně od pískovny Hulín čerpá pitná voda. Obecně se pitná voda s oblibou čerpá právě u štěrkopískoven nebo i přímo z nich. Průsak přes štěrkopísky zvyšuje kvalitu vody a obsah minerálů.

1.6.1 Výskyt chráněných rostlin a živočichů [16]

Na březích těžebního jezera se vyvíjejí přírodovědně cenné biotopy, díky kterým by se lokalita, s vhodnou vegetací, mohla stát významným sídlištěm živočichů. V důsledku poklesu vodní hladiny v roce 2015 došlo k obnažení značných částí břehových ploch. V závislosti na složení substrátu břehů se zde nachází převážně ruderalní bylinná vegetace, pro kterou je typická vysoká koncentrace živin. Ruderalní bylinná pásma pak střídají obnažená dna, na jejichž biotop se specializují někteří ohrožení živočichové – střevlík světlohnědý (*Nebria livida*) a slíďák kouřový (*Pardosa nabulosa*), pro kterého je štěrkopískovna Hulín jednou z mála vhodných lokalit u nás.

Na zkoumaném úseku, pro který jsou charakteristické pozvolné písčité břehy, se vyskytuje celá řada ohrožených rostlin – lakušník Rionův (*Batrachium rionii*), šáchor hnědý (*Cyperus fucus*) nebo vrbovka malokvětá (*Epilobium parviflorum*).

Nejdůležitějším a nejrozsáhlejším biotopem je samotné těžební jezero. I přes čistotu vody je zde však malá diverzita vodních živočichů. Díky absenci litorální břehové zóny štěrkopískovna neposkytuje ideální podmínky pro vodní ptáky či obojživelníky.

Na vodní hladině pískovny se vyskytují umělé hnízdni ostrůvky, které jsou často využívány rybákem obecným (*Sterna hirundo*).



Obr. 1. 10 – Plovoucí dřevěný ostrůvek (foto: klub300.cz, 19.6.2015)

Ve srovnání s okolní zemědělskou krajinou tak štěrkopískovna dosahuje poměrně četné druhové bohatosti, a proto je považována jako významné centrum biodiverzity. Lze tedy konstatovat, že aktivity spojené s probíhající těžbou převažují nad negativy.

1.6.2 Rybí pásma

V řešené vodní nádrži je možnost výskytu Cejnového pásma. Toto pásmo je typické právě pro vodní nádrže s písčitým dnem a teplou vodou s nízkým obsahem kyslíku. Naopak v zimě s vodou studenou s poměrně nízkým obsahem kyslíku. Charakteristickými druhy ryb Cejnového pásma jsou kapři, cejní, štiky aj.

1.7 PRŮMYSL

Řešené území spadá do Zlínského kraje, jehož průmyslový potenciál tvoří především podniky zpracovatelského průmyslu. Průmyslové podniky se zabývají zejména dřevozpracujícím, kovodělným, textilním či elektrotechnickým průmyslem.

Textilní průmysl:

Baťovy závody – výroba obuvi, kožešiny a textilu

Strojírenský průmysl:

ZPS (Závody přesného strojírenství) – výroba strojů na výrobu obuvi

Potravinářský průmysl:

Hamé, OTMA – výroba konzervantů

Rudolf Jelínek – výroba lihovin

LINEA – výroba nápojů

Dřevozpracující průmysl:

TON – výroba nábytku

1.8 ZEMĚDĚLSTVÍ

Zlínský kraj lze geograficky rozdělit na dvě části. Jednu z nich tvoří nížinné oblasti, které se vyskytují v blízkosti řeky Moravy. Druhá část je tvořena především horami a je téměř nedotčená. Ve Zlínském kraji je zemědělství provozováno na ploše o rozloze asi 192 739 ha. Samotná zemědělská výroba je pak soustředěna v nížinných oblastech, kde se pěstuje ovoce, brambory, kukuřice a obiloviny. V podhorských oblastech se chová skot či ovce. Na samotném území města Hulín převažuje rostlinná výroba a s tím související úprava dané plodiny. Je zde zastoupen také chov ryb a chov sportovních koní. V blízkosti štěrkopískovny Hulín se nachází pole zemědělsky nevyužitá, jelikož se počítá s budoucím rozšířením těžby.

1.9 LESNICTVÍ

Ve Zlínském kraji zásadně převažuje podíl listnatých stromů. Již 5 let se kraj potýká s kácením lesů ve velkém objemu v důsledku napadení dřevin kůrovcem. V roce 2020 bylo v plánu vysadit 5 milionů sazenic mladých stromů, převážně buky, duby, smrky a borovice. Jižně od štěrkopískovny se nachází les Zámeček s přílehlými lužními lesy. Navrhované protiabrazní úpravy nijak neohrozí stávající ekosystém komplexu.

1.10 REKREAČNÍ VYUŽITÍ

Primárním využitím štěrkopískovny Hulín je těžba. Platí zde zákaz provozování vodních sportů (včetně plavání) a rybolov je zde omezen dle pravidel blíže specifikovaných v kapitole 1.10.1. Dokud zde bude aktivně probíhat těžba, není cílem realizovat žádné úpravy za účelem vytvoření podmínek pro provozování vodních sportu a rekreaci.

1.10.1 Rybolov

Vodní nádrž spadá dle Moravského rybářského svazu do Mimopstruhového revíru, Morava 13A. Zákaz rybolovu na nádrži je dán v závislosti na poloze ocelového pontonu s těžebním zařízením. Rybolov se nesmí povozovat ve vzdálenosti 200 m vpravo i vlevo od těžebního zařízení. Dále 100 m vpravo i vlevo od trafostanice a 100 m na obě strany od výsypky štěrku.

1.11 SPLAVNOST

Štěrkopískovna Hulín je splavná, ale jejím primárním využitím je těžba. Těžba zde probíhá pomocí drapákových, korečkových a sacích bagrů, které jsou umístěny na ocelových pontonech. Ponton je speciální člun či dutý plovák konstruovaný pro plovoucí stavby. Přeprava vytěžené suroviny probíhá pomocí tlačné sestavy skládající se z tlačného remorkéru a samovýsypného člunu. Na dopravu materiálu z jednoho rýpadla jsou potřeba dva čluny.

1.11.1 Ocelové pontony

Na zájmové lokalitě jsou těžební stroje umístěny na ocelových pontonech, které jsou kotveny ocelovými lany na březích. V současnosti je tento druh pontonů nejrozšířenější a nachází využití od jednoduchých přístavních mol až po plovoucí stroje, jako je tomu na štěrkopískovně. Ocel však musí být vhodně a pravidelně ošetřována, jinak by docházelo působením vody ke korozi.



Obr. 1. 11 – Drapákový bagr na pontonu [6]



Obr. 1. 12 – Těžební přístroj na pontonu kotvený ocelovým lanem k břehu [6]

1.12 ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Území štěrkopískovny není poddolované, není výrazně poškozené důsledkem antropogenní činnosti na březích a není poškozené důsledkem živelné katastrofy. Navržené řešení aktivních protiabrazních konstrukcí v dané lokalitě nebude mít výrazný vliv na životní prostředí. Pokud by došlo k jakémukoliv ovlivnění životního prostředí, bude vyvinuta maximální snaha o nápravu.

1.12.1 Lužní lesy

Lužní lesy poblíž zájmového území se nachází především podél řeky Moravy, která se stala hlavním střediskem zdejší přírody. V lužním lese se nachází četné tůně se zachovalými starými porosty. Bohatě jsou zde zastoupeny rákosiny a rozptýlená zeleň včetně mokřadní louky. Jižně od štěrkopískovny Hulín se nachází les Zámeček, který byl v roce 1995 prohlášen s přiléhajícími rybníky za Přírodní park Záhlinické rybníky o rozloze asi 10 km².

1.12.2 Vegetační doprovod

Na zájmovém území nebyl proveden žádný vegetační průzkum, a proto byl břehový vegetační doprovod zjišťován pouze při terénní pochůzce. Převažují zde hlavně vrby, rákosiny a travní směsi, které zamezují eroznímu smyvu půdy z okolích luk do jezera. V předchozích letech zde proběhla výsadba vrbových řízků. Na březích se také vyskytuje nechtěná vegetace (kopřivy, náletové dřeviny), která svojí přítomností ohrožuje rostliny významné pro rozvoj biotopů na březích. Dále se zde vyskytují i chráněné druhy rostlin, které byly blíže popsány v kapitole 1.6.1.

V okolí štěrkopískovny byla vegetace vymýcena za účelem budoucího rozšiřování těžebního jezera. Rozšíření vodní plochy štěrkopískovny v rámci těžby proběhlo v uplynulých letech na severozápadě.

1.12.3 Fotodokumentace stávajícího stavu vegetace



Obr. 1. 13 – Současný stav břehové vegetace [6]



Obr. 1. 14 – Současný stav břehové vegetace řešeného úseku [6]



Obr. 1. 15 – Břehová vegetace řešeného úseku v porovnání s člověkem [6]



Obr. 1. 16 – Břehová vegetace – orobinec u břehové čáry [6]

2 TEORETICKÉ ASPEKTY – VZNIK ABRAZE

2.1 PŘEDPOKLADY VZNIKU A ROZVOJE ABRAZE [3]

Problémy s břehovou abrazí se potýká většina zátopových oblastí našich nádrží. K abrazi dochází primárně v litorálním pásmu břehů v závislosti na jejich vlastnostech, které podmiňují vznik abraze.

Vlastnosti břehů jsou charakterizovány zejména nevhodným geologickým a pedologickým složením břehového materiálu, výrazným sklonem svahu v kombinaci s vertikálním či horizontálním pohybem vodní hladiny. V úvodní fázi je tedy nutné si definovat činitele podmiňující vznik abraze.

Vznik a následný rozvoj abraze tedy závisí primárně na:

1. geologických a pedologických poměrech
2. fyzikálně-mechanických vlastnostech pokryvných útvarů břehů
3. sklonu svahů

2.1.1 Geologické a pedologické poměry

Vznik a následný rozvoj břehové abraze je výrazně ovlivněn litografickým a petrografickým složením hornin tvořících břeh nádrže. Je-li oblast tvořena skalním podkladem, je třeba dávat pozor směr případných puklin, který by neměl být souběžný se sklonem břehu. Dalším nepříznivým kritériem, na které je třeba si dávat pozor, je břidličnatost a vrstevnatost hornin v důsledku čehož vznikají tzv. „předurčené plochy odlučnosti“, které mohou mít vliv na případný sesuv nadloží.

Rozvoj abraze závisí také na samotné odolnosti hornin vůči působení vlnění a geomorfologických poměrech břehů.

Dle zmíněné odolnosti hornin je možné rozdělit horniny do následujících skupin:

1. skupina = horniny zcela odolné – kompaktní horniny vyvřelé, usazené, přeměněné a kamenné suti. Zde se abraze neprojevuje.

2. skupina = horniny méně odolné – povrchově navětralé horniny usazené, zpevněné horniny flyšového pásma, horniny poloskalní a zvětralé. Podle stupně navětrání a způsobu uložení mohou být abradovány, nikoli však do větších hloubek.

3. skupina = horniny málo odolné – nesoudržné hrubozrnné sypké horniny – eluviální písčité šterky, terasové říční šterky či šterky s příměsí hlín a jílu. Jedná se tedy o lehce rozmyvatelné horniny, u kterých se abraze projevuje výrazně – vznikem abrazního srubu.

4. skupina = horniny a zeminy zcela neodolné – středně až jemnozrnné písky, prachové písky, písčité hlíny, sprašové hlíny a organické zeminy. Jedná se tedy opět o lehce rozmyvatelné horniny, u kterých dochází k největším abrazním poškozením a tvorbě vysokých abrazních srubů.

Při této kategorizaci hornin je důležité brát v úvahu i fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin, které mají vliv na tvorbu abrazních srubů. Dále také kolísání vodní hladiny v nádrži, vystavení břehů větrným nárazům, srážkové poměry oblasti – působení deště, expozice břehů vůči slunečnímu záření aj.

2.1.2 Fyzikálně-mechanické vlastnosti pokryvu břehů

Jedná se o vlastnosti břehů, které mají zásadní vliv na jejich stabilitu. Tyto vlastnosti určujeme nejčastěji laboratorními zkouškami, kde nás nejvíce zajímá zrnitost zemin, objemová hmotnost zemin, ulehlost zemin a další faktory.

Abraze se nejvíce projevuje u nesoudržných a soudržných zemin. V závislosti na pohybu a úrovni hladiny se zeminy stávají nasycenými či plně saturevanými pod hladinou. Přítomnost vody v zemině má pak negativní vliv na její fyzikálně-mechanické vlastnosti. S růstem vlhkosti roste i propustnost zemin, v důsledku čehož může dojít až k vyplavování jemných částic zeminy, tedy vnitřní destrukci zeminy. Zhoršení fyzikálně-mechanických vlastností hornin má pak výrazný vliv na stabilitu břehů, jelikož je tak břeh více náchylný k abraznímu poškození.

2.1.3 Sklon svahů břehů

Z měření a pozorování bylo prokázáno, že se břehy jeví jako stabilní do sklonu svahu asi 4-5°. Do tohoto sklonu se vytvářejí pouze tzv. „plážovité pobřežní plošiny“. Abrazní poškození se pak začíná projevovat v závislosti na svahu a hornině, kterou je břeh tvořen.

Hlinité písky	2-4°
Jemnozrnné písky	3-5°
Svahové a sprašové hlíny	4-6°
Jíly	7-8°
Šterky s hlinitou příměsí	18-22°
Šterkokamenité suti	22-26°

Tab. 2. 1 – Orientační hodnoty úhlů sklonu svahů [3]

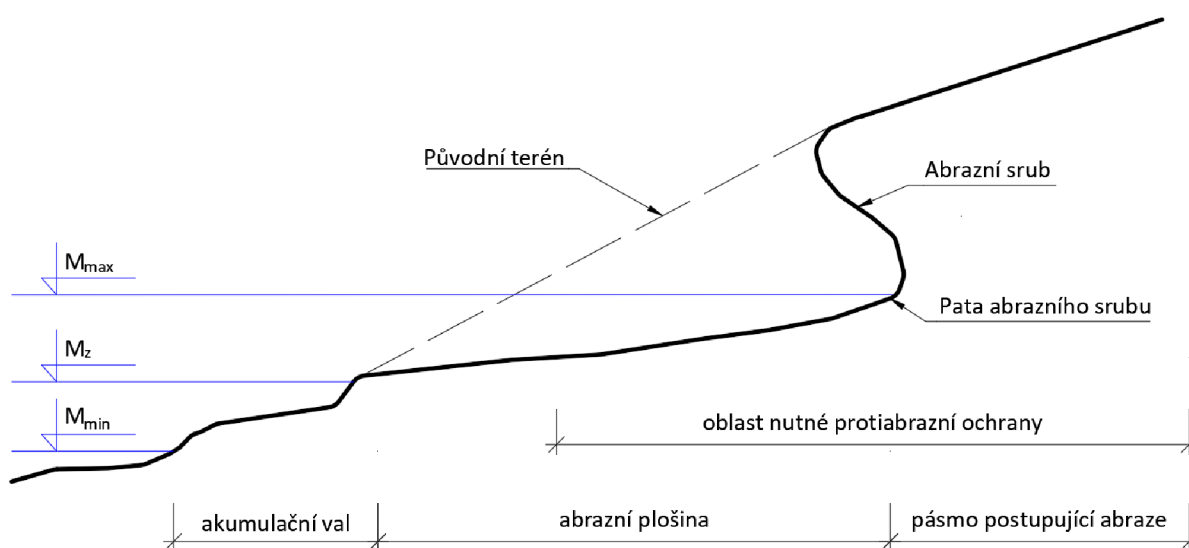
2.2 ČINITELÉ ZPŮSOBUJÍCÍ VZNIK ABRAZE [3]

2.2.1 Vlnění eolického původu

Projevuje se pohybem vzduchových mas po vodní hladině, díky čemuž se dostávají vodní částice do kmitavého pohybu a ve směru větru se pak částice dostávají do vlnitého periodického pohybu. Prvotní vlnění vodní hladiny nastává při rychlosti větru $\omega = 0,7$ m/s. Takto vzniklé vlny se označují jako vynucené. Při dostatečné hloubce se z nich stávají vlny postupové a při dosažení mělčiny se mění na vlny transformované. Vlastnosti těchto vln jsou výrazně ovlivněny hloubkou, při dosažení kritické hloubky dochází k jejich zlomení, překlopení jejich hřbetu a změnu ve vlny roztržité. Tyto vlny pak postupují k břehu jako vlny příbojové. Při nárazu příbojové vlny na strmý břeh působí destruktivně svojí kinetickou energií, výškou výběhu, tlakem i sáním při zpětném toku.

Vlny postupně rozrušují břeh v místě paty budoucího abrazního srubu. Přemisťují, vyplavují a rozrušují břehový materiál, který je pak vodou transportován do nádrže, kde sedimentuje. Výsledkem přeměny kinetické energie vln v efekt pracovní je nově vznikající abrazní srub, pod kterým se vytváří abrazní plošina, která je zakončena akumulacním valem.

Pro posouzení účinků vln na břeh a následnému návrhu břehového opevnění je třeba znát několik charakteristik vln – vlnovou délku, výšku, postupovou rychlost, periodu vlny, ale také sklon břehu, drsnost a materiál břehu.



Obr. 2. 1 – Pobřežní území postižené rozvinutou abrazí [3]

2.2.2 Kolísání hladiny v nádrži

Kolísání hladin v nádrži se nejvíce projevuje u akumulčních nádrží přečerpávacích vodních elektráren. Obecně tedy u energeticky využívaných nádrží, kde pravidelně dochází k velkým změnám hladiny – až několik metrů.

Obzvláště citlivé na kolísání hladiny jsou břehové pokryvy tvořené soudržnými zeminami, které se nachází na strmých svazích. Ty se často nachází na hranici mezi písčitymi nebo štěrkopísčitymi vrstvami.

Výrazný vertikální pohyb hladiny má negativní vliv zejména na soudržnost zemin. V důsledku nasycení zeminy vodou pak dochází k vnitřní sufozi jemnozrnných částic, tedy rozbíjení zeminy a následně roste pravděpodobnost sesuvů.

2.2.3 Vlnění způsobené pohybem plavidel

Vznikající vlny v důsledku pohybu plavidel na vodní nádrži mohou také negativně podpořit přetváření břehů. Pro vlny vznikající při pohybu plavidel na vodní nádrži je charakteristické složité oscilační vlnění. Oscilační vlnění závisí na rychlosti pohybu plavidla, tvaru ponořené části plavidla, hloubce ponoru, délce a šířce plavidla, typu pohonu, vzdálenosti plavidla od břehu aj.

Účinek vln vzniklých pohybem plavidla se liší od vln větrových hlavně směrem náběhu vln na břeh. Vlny od plavidel často postupují k břehu pod ostrým úhlem, jakmile se k břehu dostanou, tak postupují ve směru plavby plavidla podél břehu a působí na něj frázovitě.

2.2.4 Účinky mrazu a tání

Na rozvoj břehové abraze mají výrazný vliv především mnohaleté cykly zámrazu a tání. Při změně skupenství uvnitř zeminy z kapalného na pevné se z vody stává led, který má objem asi o 9% vyšší. V důsledku toho se zvětšuje objem zeminy a dochází k jejímu porušení formou trhlin. V případě značně promrzlé zeminy se projevují problémy při jarním tání, kdy nejprve taje povrchová vrstva a následně vrstvy hlubší. Voda obsažená v povrchové vrstvě nemůže prosakovat a zůstává v ní, následně klesá úhel vnitřního tření a zemina rozbíjí. Následkem rozbíjení zemin je právě jarní období kritické, jelikož dochází k sesuvům častěji než jindy.

2.2.5 Vliv ledové pokrývky a ledových ker

K zámrazu vodní hladiny nádrží dochází pravidelně. Při snižování či zvyšování vodní hladiny je po abrazní plošině posunován štěrk i kameny spolu s odlomenými částmi ledu a ledovými krami. Při těchto pohybech může docházet k mechanickému poškození abrazní plošiny. Ledové kry s sebou strhávají štěrk a kameny, které se následně usazují na dně nádrže.

Výraznější vliv na abrazní poškození má zámraz před snížením vodní hladiny. Souvislý ledový kryv působí na břehy statickým tlakem důsledkem rozpínání ledu při vyšších teplotách. Při jarním tání dochází k rychlému zvýšení vodní hladiny a tím i pohybu velkých ledových ker. Tímto pohybem a následnými nárazy se ledové kry podílejí na posunu břehové čáry a rozrušování stěn vzniklých abrazních srubů

2.2.6 Vliv průsaku vody půdním horizontem

K výraznému průsaku vody půdním horizontem dochází především při dlouhotrvajících deštích následkem čehož dochází k pohybu podzemní vody ve směru méně propustných či nepropustných vrstev. Obzvláště v místech postižených abrazí pak může dojít k výronům takto se pohybující podzemní vody. Následkem je pak vyplavování jemnozrnných částic zeminy.

2.2.7 Antropogenní vlivy

Lidská činnost je jedním z hlavních faktorů ovlivňující vznik a následný rozvoj břehové abraze. Jedná se primárně o těžební zásahy, nevhodnou úpravu břehu či nevhodné odvodnění. Jakékoli porušení přirozeného půdního pokryvu v oblasti budoucí paty abrazního srubu má za následek neodvratný vznik abrazního srubu, obzvláště pak břehy se sklonem větším než 4° . Ničení břehové vegetace, například v důsledku budování lepšího přístupu k hladině, má pak za následek tvorbu erozních rýh.

2.3 POSOUZENÍ ROZSAHU ABRAZE [3]

Stupeň a velikost abrazního poškození břehů na vodních nádržích lze posoudit dle těchto kritérií:

1. stupeň abraze – rozsáhlé poškození břehů vlivem nejintenzivnější abrazní činnosti, především vlnovou činností. Sklon svahů je strmý až svislý, odpor vůči rozrušování je minimální. Výška abrazních srubů je více než 3 m.

2. stupeň abraze – poškození břehů vlivem intenzivní abrazní činnosti. Pro abrazní sruby jsou charakteristické strmé až kolmé stěny. Výška abrazních srubů dosahuje 1–3 m.

3. stupeň abraze – nevýrazné abrazní poškození břehů, které tvoří mírné rozmyvatelné horniny. Jedná se především o mírné svahy tvořící břeh. Abrazní sruby dosahují výšky 0,5 - 1 m.

4. stupeň abraze – velmi mírné abrazní poškození s charakteristicky malým množstvím rozrušeného materiálu. Břeh je v tomto případě tvořen převážně nerozmyvatelnými horninami. Výše abrazních srubů dosahuje maximální hodnoty 0,5 m.

5. stupeň abraze – břehy bez abrazního poškození, které tvoří těžko rozmyvatelné horniny.

2.4 PROTIABRAZNÍ OPATŘENÍ [3]

2.4.1 Aktivní protiabrazní konstrukce

Jako aktivní protiabrazní konstrukce se označují především podélné usměrňovací stavby, které jsou budovány v určité vzdálenosti od pobřeží. Mezi podélné konstrukce patří podélná břehová lavice a podélná přerušovaná hrázka. Příčné usměrňovací stavby jsou budovány kolmo nebo šikmo na břehovou linii. Jako příčné konstrukce se budují zejména výhony kolmé k břehové čáře a výhony šikmé k břehové čáře.

Kombinované usměrňovací stavby jsou tvořeny podélnými stavbami a na ně kolmými příčnými stavbami, které je spojují s břehem. Podélné konstrukce mají vliv především na eliminaci vlivu vlnění a na ně vázané příčné konstrukce zabraňují odnosu materiálu. Zástupce kombinovaných usměrňovacích staveb jsou například ponořené břehové vlnolamy, jejichž hlavní funkcí je zmenšení výšky vlny za vlnolamem a redukci transportu materiálu do nádrže.

2.4.2 Pasivní protiabrazní konstrukce

Pasivní protiabrazní konstrukce se budují především u břehů nádrží, kde je potřeba zajistit stabilitu břehů – to zajišťují například opěrné zdi. Dalšími zástupci těchto konstrukcí jsou nevegetační opevnění a obklady břehů. Pro tyto konstrukce je charakteristické využití těžkých kamenných záhozů, kamenných svahovaných pat či různých druhů betonových konstrukcí. Mezi pasivní konstrukce se řadí také ryze vegetační opevnění břehů, kde jsou dnes v rámci dřevinných břehových porostů využívány hlavně dřeviny rodu *Salix*, které je však nutné doplnit bylinným patrem či protierozním travním kobercem.

Jako nejvýhodnější typ břehového opevnění se využívá kombinované – biotechnické opevnění. Základem je technický prvek, který je doprovázen vegetačním oživením. Technický prvek se umísťuje v oblasti nejvíce namáhané a vegetační doprovod v oblasti méně namáhané. Oba prvky se vzájemně prolínají na stykové oblasti. Dalším typem jsou břehové vlnolamy, zde se jedná převážně o ponořené nepropustné vlnolamy. Tento typ konstrukce se u nás využívá výjimečně.

2.4.3 Metody stabilizace břehů

1. Technické způsoby stabilizace břehů – zde se jedná především o kamenné paty a opevnění svahů, betonové či železobetonové opěrné zdi, kamenné pohozy a záhozy, dlažby, prefabrikovaná opevnění aj.

2. Stabilizační metody inženýrské biologie – obecně jde o živé vegetační opevnění, především o břehové porosty keřových vrb v eulitorálním pásmu, porosty rákosin v pásmu sublitorálním a travní koberce. Ryze biologická stabilizace se využívá v případech, kdy není břeh postižený výraznou břehovou abrazí.

3. Biotechnické způsoby stabilizace – z názvu vyplývá, že se jedná o kombinaci předchozích dvou stabilizačních typů, tedy technické stabilizace doplněné o biologický prvek – oživení. Jde především o haťošťerkové válce, zápletové plůtky, oživené kamenné rovnániny aj.

4. Vlnolamy – mohou být propustné či nepropustné, zatopené či nezatopené, pevné či pohyblivé. Jejich primárním účelem je lom vln před dosažením břehové čáry a tím snížení jejich intenzity a síly.

3 TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1 SPRÁVNÍ ORIENTACE

Název akce:	Stanovení prognózy ústupu břehové čáry
Oficiální název:	Štěrkopískovna Hulín
Kraj:	Zlínský
Okres:	Kroměříž
Město:	Hulín
Katastrální území:	Hulín
Provozovatel pískovny:	Českomoravský štěrk, a.s. 768 24, Hulín, Záhlinická 806 IČO – 255 02 247 email – expedice.hulin@cmsterk.cz
Rozloha:	93,5 ha
GPS:	49°18'8.085"N, 17°28'46.058"E

3.2 ÚVODNÍ ČÁST

Cílem diplomové práce je posouzení břehového území zatopené štěrkopískovny Hulín a následný návrh aktivních protiabrazních konstrukcí na zadaném úseku za účelem zmírnění či úplného zamezení transportu vln k břehu a následnému rozšiřování abrazního poškození. Součástí práce jsou také hydrotechnické výpočty, kde jsou vypočítány charakteristiky vlnění, efektivní délka rozběhu větru a určení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu. Dále je součástí práce schematické určení bodu maximálního ústupu břehové čáry B_T v zaměřeném příčném profilu.

Pro zpracování diplomové práce byly využity následující podklady:

1. Základní mapa ČR
2. Mapové podklady programu ArcGIS
3. Nadmořská výška nejčtenější hladiny ve štěrkopískovně
4. Zaměřený příčný profil břehu řešené lokality
5. Fotodokumentace na základě osobní terénní prohlídky 2018-2020

3.3 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

Zájmová oblast se nachází ve Zlínském kraji poblíž města Hulín v nadmořské výšce asi 191 m. n. m. Jedná se o zatopenou štěrkopískovnu Hulín s hladinou o rozloze asi 93,5 ha, kde aktivně probíhá těžba od roku 1977. Po konzultaci s vedoucím práce a osobní prohlídce řešené lokality byl jako nejrizikovější vyhodnocen asi 120 metrů dlouhý úsek jižního břehu pískovny. Tento úsek je tvořen jemnými písčnými a hlinitými materiály o malých frakcích, a proto je nejvíce náchylný k abraznímu poškození. Na březích se vyskytuje četná vegetace. Tato vegetace mírně přispívá ke stabilizaci břehů a plní také protierozní funkci. V okolí pískovny byla vymýcena vegetace kvůli případnému rozšiřování břehů v závislosti na těžbě. Vlivem vlnění eolického původu se zde jemnozrný materiál vyplavuje do nádrže, kde sedimentuje.



Obr. 3. 1 – Detail materiálu tvořícího břeh řešeného úseku [6]

První posouzení stávajícího stavu břehů a rozsahu abraze bylo provedeno v listopadu roku 2018, kdy jsem řešil tuto oblast v rámci své bakalářské práce. Další posouzení stavu proběhlo osobní prohlídkou v červnu roku 2020. Terénní prohlídky byly provedeny za účasti prof. Dr. Ing. Miloslava Šlezingra. Hladina vodní nádrže nám umožnila fotodokumentaci abrazních plošin a celkového abrazního porušení břehů. Vybrané snímky z fotodokumentace jsou součástí diplomové práce.



Obr. 3. 2 – Břehová čára úseku (listopad, 2018) [6]



Obr. 3. 3 – Stav řešeného úseku (listopad, 2018) [6]

3.4 VLASTNÍ NÁVRH BŘEHOVÉ STABILIZACE

Při vlastním návrhu stabilizace břehů na řešeném úseku bylo využito prvků aktivních protiabrazních konstrukcí biotechnického charakteru. Břehová vegetace je na řešené lokalitě poměrně vzrostlá a zajišťuje tak dostatečnou stabilizační a protierozní funkci. Součástí návrhu konstrukcí proto nebyl návrh doprovodné břehové vegetace, avšak případné doplnění vegetace (výsadba vrbových řízků) je zohledněno v technicko-ekonomickém zhodnocení.

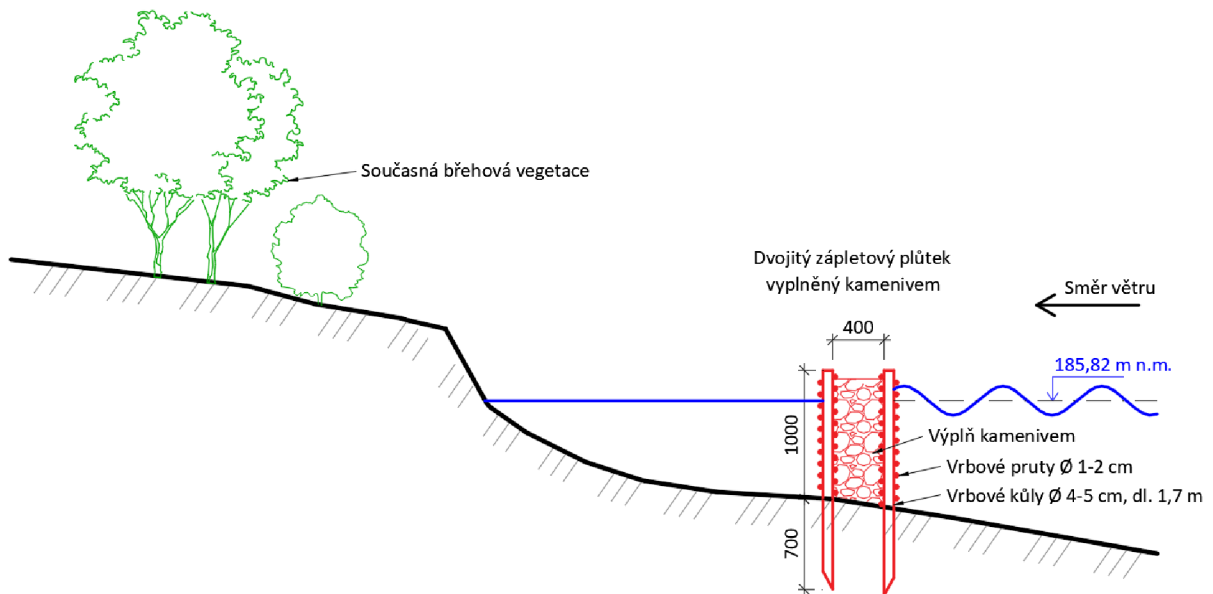
Při oživení protiabrazních konstrukcí bylo využito vrbových řízků, které získáme ořezáním spodní části již vyzrálých prutů nožem či zahradnickými nůžkami. Řízky by měli být široké asi 6-8 mm a dlouhé 30-50 cm. Horní konec by měl být těsně nad pupenem. Po odříznutí je třeba vrbový řízek dezinfikovat a do doby výsadby uchovat ve vlhkém písku či rašelině. Četnost výsadby bude uvažována 15-25 ks/m², aby došlo k vytvoření hustého a kvalitního porostu. Zasazený řízek by měl vyčnívat alespoň 5-10 cm nad povrch.

V případě výsadby břehové vegetace v prostoru za navrženými konstrukcemi jsou vhodné především keřové vrby v pásmu eulitorálním a porosty rákosin v pásmu sublitorálním. Řešená lokalita se nachází v nížené oblasti (100 – 250 m n.m.), a proto se jeví jako vhodná volba vrba košíkářská (*Salix viminalis*), vrba nachová (*Salix purpurea*) a vrba popelavá (*Salix cinerea*). Z rákosin je vhodný například orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*).



Obr. 3. 4 – Současná břehová vegetace (červen, 2020) [6]

3.4.1 Dvojitý zápleťový plůtek vyplněný kamenivem

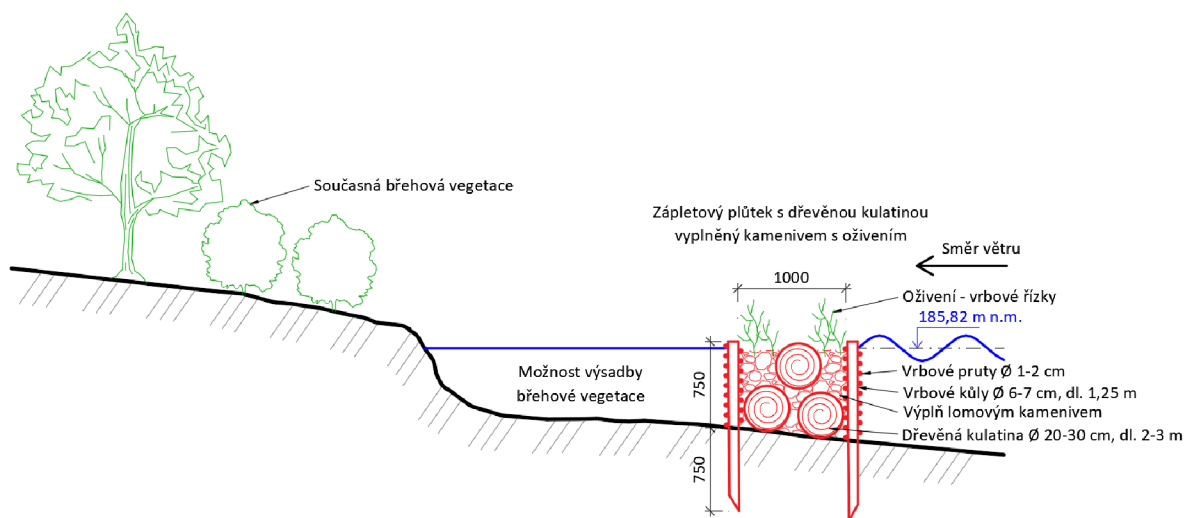


Obr. 3. 5 – Schematický návrh stabilizace – TYP A

Jako první způsob aktivní protiabrazní konstrukce byl navržen dvojitý zápleťový plůtek, který bude vyplněn kamenivem frakce 50-150 mm. Toto břehové opatření je vhodné zejména díky tomu, že lze na část jeho konstrukce použít místní materiál. Sousedící části břehů jsou tvořeny především kamenivem, které je vhodné použít pro výplň zápleťového plůtku. Na březích se vyskytuje také četná vrbová vegetace, ze které by bylo vhodné brát vrbové pruty menších průměrů na záplet a zpevnění konstrukce mezi vrbovými kůly. Největší náklady by tedy byly hlavně na vrbové kůly a jejich dopravu. Tuto stabilizaci je vhodné použít právě v lokalitách s dostatkem stavebního materiálu. Konstrukce je taktéž nenáročná na provedení a bez započítání dopravních nákladů také poměrně finančně dostupná. Konstrukce byla mimo jiné odzkoušena na Brněnské přehradě.

Konstrukce je tedy biotechnická, kde jako technická složka figuruje kamenivo a jako složka biologická vrbové proutě a kůly. Vrbové kůly jsou na koncích zkoseny pod úhlem 30° pro lepší zápich do dna. Pro zajištění stabilizační funkce jsou kůly založeny alespoň 0,7 m ve dně. Výška zápleťového plůtku je asi 1 m nade dnem a sahá nad nejčtetnější hladinu vody v nádrži a splňuje tak požadavek na deformaci a lom vln, které způsobuje především vítr. Životnost konstrukce je dána výdrží a degradací využitých vrbových prvků.

3.4.2 Dvojitý zápleťový plůtek s kulatinou a kamenivem



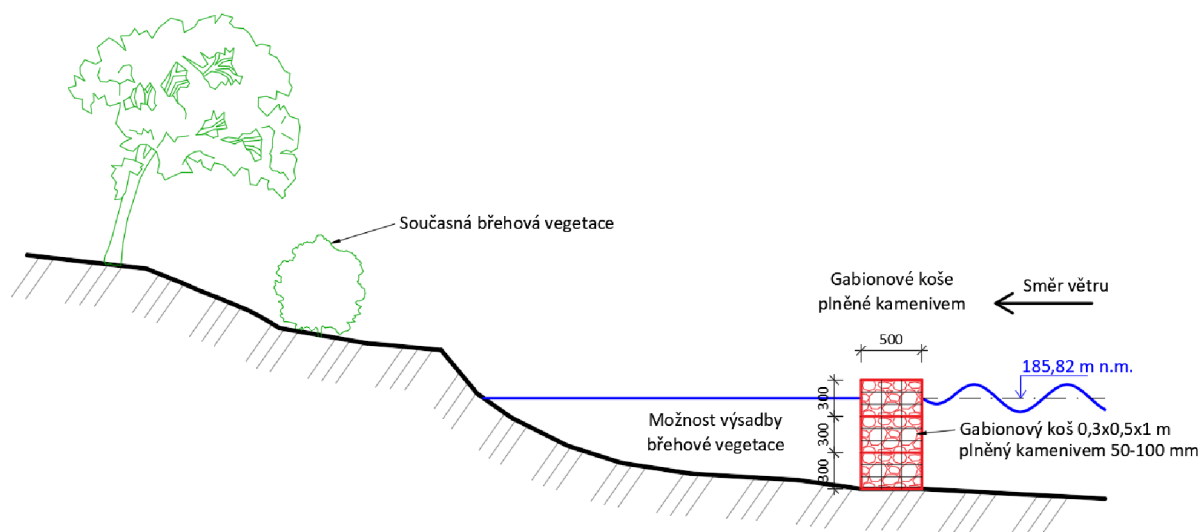
Obr. 3. 6 – Schematický návrh stabilizace – TYP B

Další způsob aktivního břehového opatření je opět biotechnického charakteru. Technický prvek je zde opět kamenivo a prvek biologický vrbové pruty, vrbové kůly a oživení vrbovými řízkami. Oproti předchozí stabilizaci je tato finančně náročnější především v důsledku využití dřevěné kulatiny. Konstrukce opět sahá nad nejčtenější hladinu v nádrži a zabraňuje tak úplnému šíření vln k břehové čáře.

Stabilizaci dřevěné kulatiny zajišťují vrbové kůly o délce 1,5 m, které jsou na konci opět zkosené a ve dně jsou založeny alespoň v hloubce 0,75 m. Vrbové kůly jsou propletené vrbovým proutím průměru 1-2 cm. V zápleťovém plůtku jsou na sobě naskládány dřevěné kulatiny o průměru 20-30 cm a délce od 2 do 3 metrů. Pro stabilizační funkci je kulatina obsypána kamenivem frakce 50-150 mm. Horní část stabilizace je oživena vrbovými řízkami, které si budou brát živiny z vodní hladiny a následně svými kořeny umocní stabilizační funkci konstrukce a její odolnost. Životnost konstrukce je dána výdrží a degradací využitých vrbových prvků.

V prostoru za zápleťovým plůtkem by mohla být v budoucnu vysázena vegetace tvořená rákosinami a keřovými vrbami, které by podpořili tvorbu a stabilizaci biotopu živočichů sídlících na březích nádrže. Zejména rákosiny mají dobrý vliv na stabilizaci břehů nádrží, avšak u mělkých nádrží mohou způsobovat zarůstání. U vrbových porostů se v rámci údržby musí klást důraz na seřezávání. V okolí nádrže by se měli poškozené a proschlé porosty odstraňovat.

3.4.3 Gabinové koše plněné kamenivem



Obr. 3. 7 – Schematický návrh stabilizace – TYP C

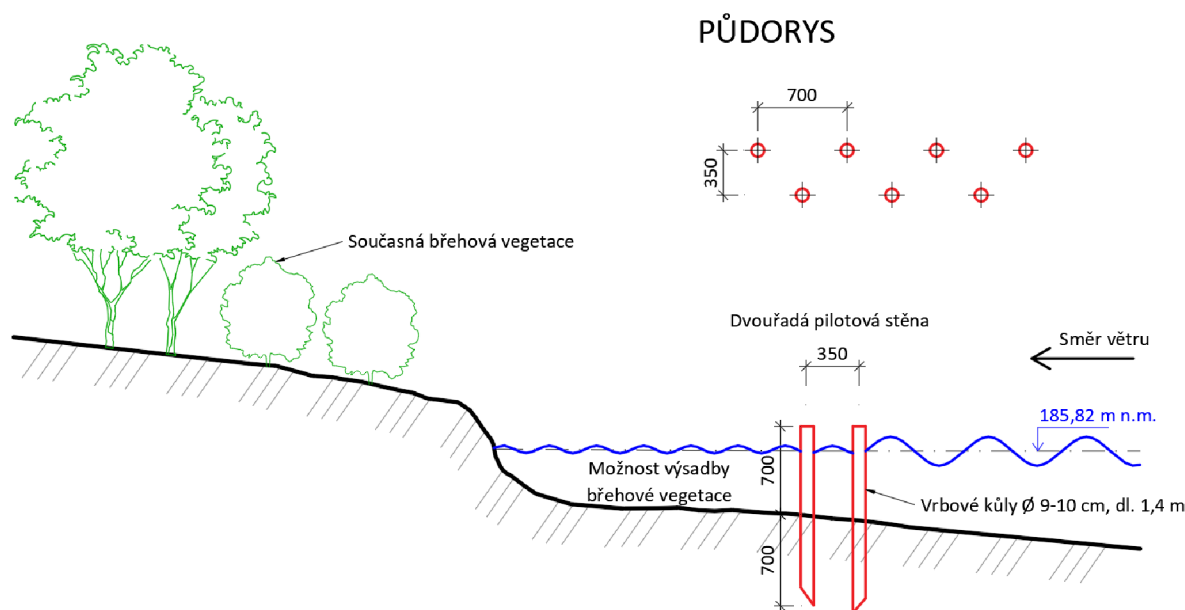
Drátokamenné koše plněné kamenivem neboli gabiony jsou často využívány jako opevnění břehů nádrží či toků a jedná se o ryze technický způsob stabilizace. V tomto případě jsou však gabiony využity jako vlnolam pro zamezení prostupu vln k břehové čáře. Na řešeném úseku je proto využití této stabilizace poměrně efektivním řešením. Kamenná výplň kamenných košů může být využita živočichy jako úkryt.

Konstrukce se skládá ze tří na sobě uložených gabionových košů o rozměrech 0,3x0,5x1 m. Pro výplň košů je využito kamenivo frakce 50-100 mm. Před pokladem již svařených gabionových košů by mělo být dno zarovnáno, pro zajištění lepší stability konstrukce. Výhodou této konstrukce je poměrně velká odolnost, schopnost kopírovat terén a časová nenáročnost.

Prostor za gabiony by mohl být v budoucnu osázen břehovou vegetací pro podporu tvorby břehového biotopu a stabilizace. Jako doprovodnou vegetaci bych volil rákosiny či keřové vrby.

Například: rákos obecný (*phragmites communis*), vrba poříční (*Salix fluviatlis*),
vrba popelavá (*Salix cinerea*), orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*)

3.4.4 Dvouřadá pilotová stěna



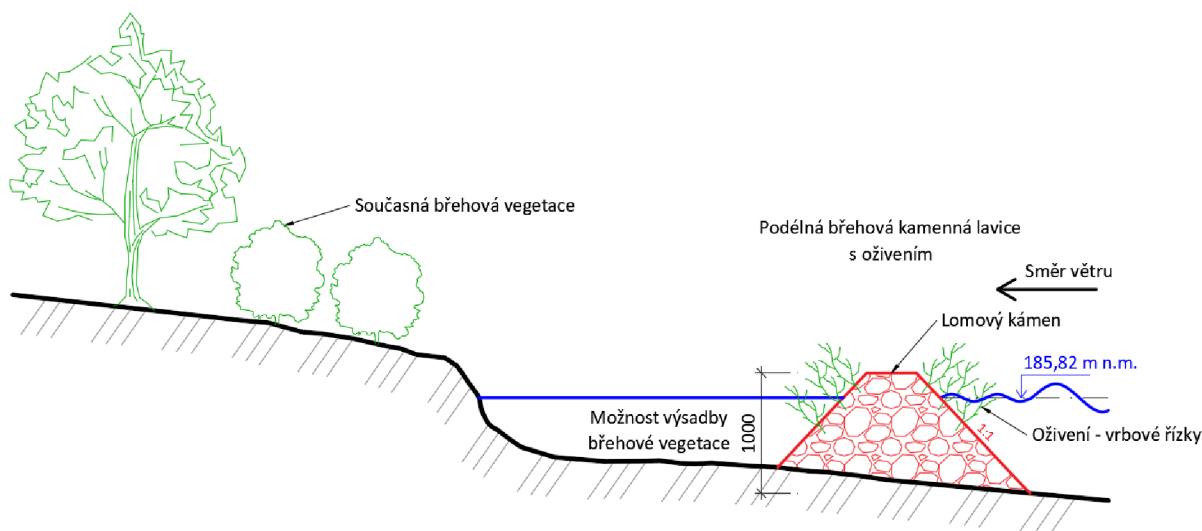
Obr. 3. 8 – Schematický návrh stabilizace – TYP D

Výše navržená aktivní protiabrazní konstrukce je ryze biologického charakteru a je tvořena vrbovými kůly o průměru asi 10 cm, které jsou šachovitě zatlučeny podél břehové čáry v hloubce asi 70 cm. Vrbové kůly jsou umístěny ve vzdálenosti asi 2 m od abrazního srubu. Budování této konstrukce je vhodné zejména na vodních nádržích, kde mají na vznik břehové abraze velký vliv vlny, což je celý řešený úsek. Výhodou této protiabrazní konstrukce je finanční nenáročnost, jelikož se na její konstrukci může použít místní břehový materiál a samotné budování není časové či fyzicky náročné.

V prostoru za pilotovou stěnou je opět možnost výsadby podpůrné vegetace – rákosiny, keřové vrby.

Například: rákos obecný (*phragmites communis*), vrba poříční (*Salix fluviatlis*),
vrba popelavá (*Salix cinerea*), orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*)

3.4.5 Podélná břehová kamenná lavice s oživením



Obr. 3. 9 – Schematický návrh stabilizace – TYP E

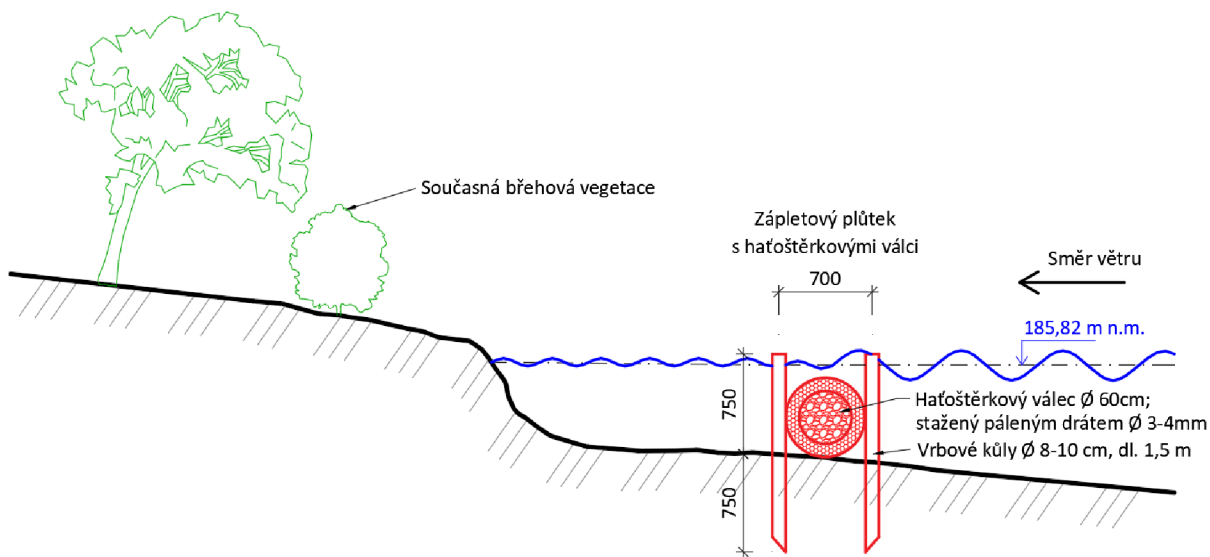
Podélné břehové kamenné lavice jsou typickým zástupcem aktivních protiabrazních konstrukcí. V tomto návrhu jsou využity jako vlnolam. Návrh kamenných lavic je vhodný především v oblastech, kde je břehová abraze způsobována vlněním vodní hladiny, jako je to na řešené lokalitě. Kamenná lavice je propustná, sahá do výšky asi 1 m a zároveň alespoň 10-15 cm nad nejčtetnější hladinu v nádrži Mn_{max} .

Podélná břehová kamenná lavice je navržena souběžně s břehovou čarou řešeného úseku a je tvořena lomovým kamenem o velikosti 150–500 mm. Celková výška lavice je asi 1 m a návodní strana bude ve sklonu 1:1. Lomový kámen bude oživen pomocí vrbových řízků, které svými kořeny umocní stabilizační funkci konstrukce a podpoří její soudržnost. Stabilizace taktéž podpoří tvorbu břehových biotopů, a to zejména jako úkryt živočichů. Výhodou konstrukce je možnost využití místních materiálů, tuhost či časová odolnost.

V prostoru za kamennou lavicí je opět možnost výsadby podpůrné vegetace – rákosiny, keřové vrby.

Například: rákos obecný (*phragmites communis*), vrba poříční (*Salix fluviatilis*),
vrba popelavá (*Salix cinerea*), orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*)

3.4.6 Dvojitý zápleťový plůtek s hařoštěrkovými válci



Obr. 3. 10 – Schematický návrh stabilizace – TYP F

Základem navržené konstrukce jsou hařoštěrkové válce, které se vyrábí v průměru 60 až 100 cm a jsou ponorné. Skládají se z vnějšího klestového obalu tloušťky asi 15 cm a z vnitřní části, která je vyplněna říčním štěrkem s obsahem nejvýše 20 % písku nebo odpadu z lomu. Při požadované velké tíze válců je možné je vyplnit přímo lomovým kamenem. Klestový obal tvoří otepi vrbových prutů, které se překrývají z 1/3 a vzniká tak nekonečný pás, který se následně svazuje páleným drátem. Nevýhodou hařoštěrkových válců je časová náročnost na budování. Stabilizaci hařoštěrkových válců zajišťují vrbové kůly o délce asi 1,5 m, které jsou na konci zkosené pod úhlem 30° a ve dně jsou založeny alespoň v hloubce 0,75 m.

3.5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Finanční náklady jsou zpracovány vždy pro jednotlivé typy aktivních protiabrazních konstrukcí a jsou spočítány na délku 1 bm. Ve výpočtech jsou započítány náklady na základní materiál použitý pro konstrukci. Nejsou zde zahrnuty náklady na dopravu, lidské zdroje či použití mechanizace. Při výpočtu taktéž neuvažují s využitím místního materiálu. Většina cen materiálu je převzatá dle aktuální nabídky dodavatelů z internetových stránek a mého následného odhadu. Výsledné ceny za 1 bm jsou tedy pouze přibližné.

TYP A – Dvojitý zápleťový plůtek vyplněný kamenivem

<u>Materiál pro konstrukci:</u>	
Vrbové kůly – ø 5 cm, dl. 1,7 m	110 Kč/kus
Vrbové pruty – ø 1-2 cm, dl. 2 m	10 Kč/kus
Lomový kámen frakce 50-150 mm	700 Kč/t
<u>Finanční náklady na 1 bm:</u>	
Vrbové kůly – ø 5 cm, dl. 1,7 m	4 x 110 Kč
Vrbové pruty – ø 1-2 cm, dl. 2 m	25 x 10 Kč
Lomový kámen 50-150 mm	448 Kč
Náklady na 1 bm	1 138 Kč

TYP B – Dvojitý zápleťový plůtek s kulatinou a kamenivem

<u>Materiál pro konstrukci:</u>	
Vrbové kůly – ø 7 cm, dl. 1,5 m	110 Kč/kus
Vrbové pruty – ø 1-2 cm, dl. 2 m	10 Kč/kus
Lomový kámen frakce 50-150 mm	700 Kč/t
Frézovaná dřevěná kulatina ø 200-300 mm, dl. 2-3 m	550 Kč/kus
<u>Finanční náklady na 1 bm:</u>	
Vrbové kůly – ø 7 cm, dl. 1,5 m	4 x 110 Kč
Vrbové pruty – ø 1-2 cm, dl. 2 m	20 x 10 Kč
Frézovaná dřevěná kulatina ø 200-300 mm, dl. 2-3 m	3 x 550 Kč
Oživení vrbovými řízků	20 x 10 Kč
Lomový kámen frakce 50-150 mm	403 Kč
Náklady na 1 bm	2 893 Kč

TYP C – Gabionové koše plněné kamenivem

<u>Materiál pro konstrukci:</u>	
Gabionový koš 0,3x0,5x1 m	550 Kč/kus
Kamenivo frakce 50-100 mm	440 Kč/t
<u>Finanční náklady na 1 bm:</u>	
Gabionový koš 0,3x0,5x1 m	3x 550 Kč
Kamenivo frakce 50-100 mm	554 Kč
Náklady na 1 bm	2 204 Kč

TYP D – „Pilotová stěna“

<u>Materiál pro konstrukci:</u>	
Vrbové kůly – ø 10 cm, dl. 1,4 m	135 Kč/kus
<u>Finanční náklady na 1 bm:</u>	
Vrbové kůly – ø 10 cm, dl. 1,4 m	4 x 135 Kč
Náklady na 1 bm	540 Kč

TYP E – Podélná břehová lavice s oživením

<u>Materiál pro konstrukci:</u>	
Lomový kámen frakce 150-500 mm	850 Kč/t
Oživení vrbovými řízků	10 Kč/kus
<u>Finanční náklady na 1 bm:</u>	
Lomový kámen frakce 150-500 mm	1480 Kč
Oživení vrbovými řízků	20 x 10 Kč
Náklady na 1 bm	1 680 Kč

TYP F – Dvojitý zápleťový plůtek s haťošťerkovými válci

<u>Materiál pro konstrukci:</u>	
Vrbové kůly – ø 10 cm, dl. 1,5 m	140 Kč/kus
Vnitřní výplň haťošťerkových válců	500 Kč/t
Vnější obal haťošťerkových válců (vrbové pruty)	5 Kč/kus
<u>Finanční náklady na 1 bm:</u>	
Vrbové kůly – ø 10 cm, dl. 1,5 m	4 x 140 Kč
Vnitřní výplň haťošťerkových válců	370 Kč
Vnější obal haťošťerkových válců	100 x 5 Kč
Náklady na 1 bm	1 430 Kč

Finanční náklady za jednotlivé typy stabilizací se pohybují v rozpětí 500 až 3 000 Kč za bm konstrukce. Do finanční rozvahy byly započítány pouze přibližné ceny použitých materiálů na základě mého odhadu. Jako nejlevnější konstrukce dle finanční rozvahy vychází stabilizace vrbovými kůly – dvouřadá pilotová stěna. Finanční náklady na tuto konstrukci činí asi 540 Kč/bm. Naopak nejdražší je dle finanční rozvahy stabilizace konstrukcí zápleťového plůtku, který tvoří dřevěná kulatina obsypaná kamenivem. Tato stabilizace vychází asi 2 893 Kč/bm.

Kromě finančních nákladů na stabilizace je třeba brát v úvahu jaké objekty bude tato stabilizace chránit, v jakém stádiu je břehová abraze řešeného území a jaké hrozí riziko v případě postupující abrazy. Vhodné je také přihlédnout k možnému použití břehového materiálu na řešené lokalitě a tím snížení nákladů.

V uplynulých letech došlo k rozšíření vodní plochy šterkopískovny na severozápadě za účelem těžby. V blízkosti jižního břehu, kde se řešený úsek nachází, v současné době neprobíhá aktivní těžba, a proto je vhodné realizovat navržené stabilizační konstrukce.

4 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

4.1 PROGNÓZA ÚSTUPU BŘEHOVÉ ČÁRY

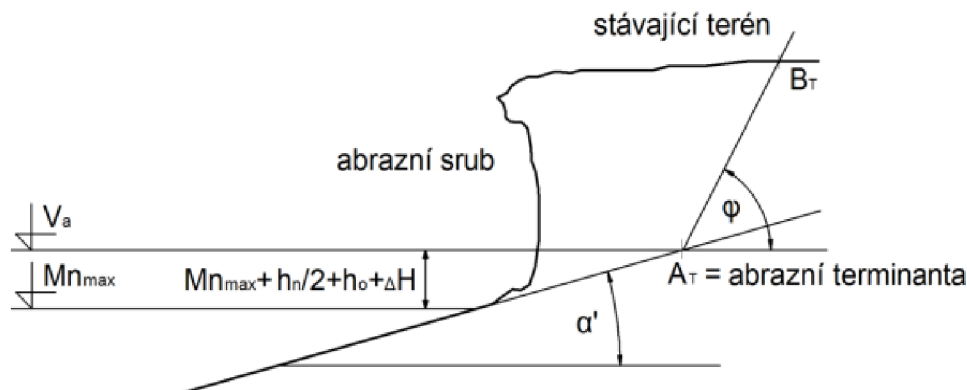
Tato prognóza má v obecné rovině dlouhodobý charakter, a to zejména jedná-li se o dosažení bodu maximálního ústupu břehové čáry B_T . Avšak i dosažení bodu abrazní terminanty A_T (bod, ve kterém se postup abrazního poškození samovolně zastaví) se odehrává v horizontu několika desítek let. U většiny nádrží k dosažení těchto bodů samovolně nedojde, případně je jejich dosažení časově posunuto pomocí vhodných stabilizačních zásahů v břehové oblasti. [3]

Pro stanovení prognózy ústupu břehové čáry byla využita metoda založená na stanovení bodu abrazní terminanty A_T . Tato metoda byla navržena již v padesátých letech 20. století a byla později modifikována a odzkoušena prof. Šlezingrem na údolní nádrži Brno.

Pro využití této metody a následné stanovení ústupu břehové čáry je nutné znát nejčtetnější hladinu v nádrži $M_{n_{max}}$, návrhovou výšku vlny h_n , výšku hladiny nahnání větrem ΔH , střednici vlny h_0 , nadmořskou výšku paty abrazního srubu V_a , ustálený sklon abrazní plošiny α' a úhel vnitřního tření zeminy φ . Všechny hodnoty vždy pro určitý abrazní srub na zkoumané lokalitě. Výše zmíněné hodnoty dosadíme do vzorců a dostaneme umístění bodů A_T a B_T , které znázorňují ústup břehové čáry.

V následujícím výpočtu nejsou zahrnuty vlivy činitelů, které není možné přesně definovat. Jedná se zejména o činitele antropogenního a biologického charakteru. Právě tyto činitele mohou mít zásadní vliv na ústup břehové čáry. Z toho vyplývá, že výsledek a stanovení ústupu břehové čáry bude vždy zkresleno o tyto těžko specifikovatelné činitele.

4.1.1 Grafické znázornění metody stanovení abrazní terminanty



Obr. 4. 1 – Grafické znázornění stanovení abrazní terminanty dle modifikované metody [3]

A_T abrazní terminanta

B_T bod maximálního ústupu břehové čáry (hledaný bod)

$M_{n_{max}}$ nejčtenější hladina v nádrži [m n. m.]

V_a nadmořská výška paty abrazního srubu [m n. m.]

α' sklon abrazní plošiny [$^\circ$]

φ úhel vnitřního tření zeminy [$^\circ$]

h_n výška návrhové vlny [m]

h_0 střednice vlny [m]

ΔH výška nahnání hladiny větrem [m]

Z obecného grafického znázornění výše je patrné, že bod abrazní terminanty A_T je určen průsečíkem dvou přímek. První přímka charakterizuje sklon α' ustálené části abrazní plošiny a druhá přímka reprezentuje výškovou úroveň nejčtenější hladiny v nádrži $M_{n_{max}}$ navýšenou o polovinu výšky návrhové vlny h_n , střednici vlny h_0 a výšku nahnání hladiny větrem ΔH . Pomocí tohoto způsobu se dosáhne bodu abrazní terminanty A_T . Tato metoda byla aplikována na zaměřený příčný profil řešeného úseku. Vzorový příčný profil včetně grafického znázornění bodů A_T a B_T je součástí výkresových příloh práce.

4.1.2 Určení efektivní délky rozběhu větru L_{ef}

Pro stanovení efektivní délky rozběhu větru L_{ef} je nutné znát převládající směr větru, který má na tvorbu abrazních srubů největší vliv. Hlavní směr větru byl po konzultaci s vedoucím práce prof. Šlezingrem určen jako severní. K určení efektivní délky je zapotřebí vycházet z předpokladu, že vítr vane v rozpětí úhlu 90° , přičemž je osa úhlu shodná se směrem převládajícího větru. Efektivní délka rozběhu větru L_{ef} se následně stanoví z 15-ti radiál vedených zkoumaným bodem pobřeží. Střední radiála je totožná s hlavním směrem větru a následně se vykreslí na každou stranu od střední radiály dalších 7 radiál v intervalu 6° až k protějšímu břehu. [3]

Výpočet efektivní délky rozběhu větru L_{ef} byl proveden dle vztahu:

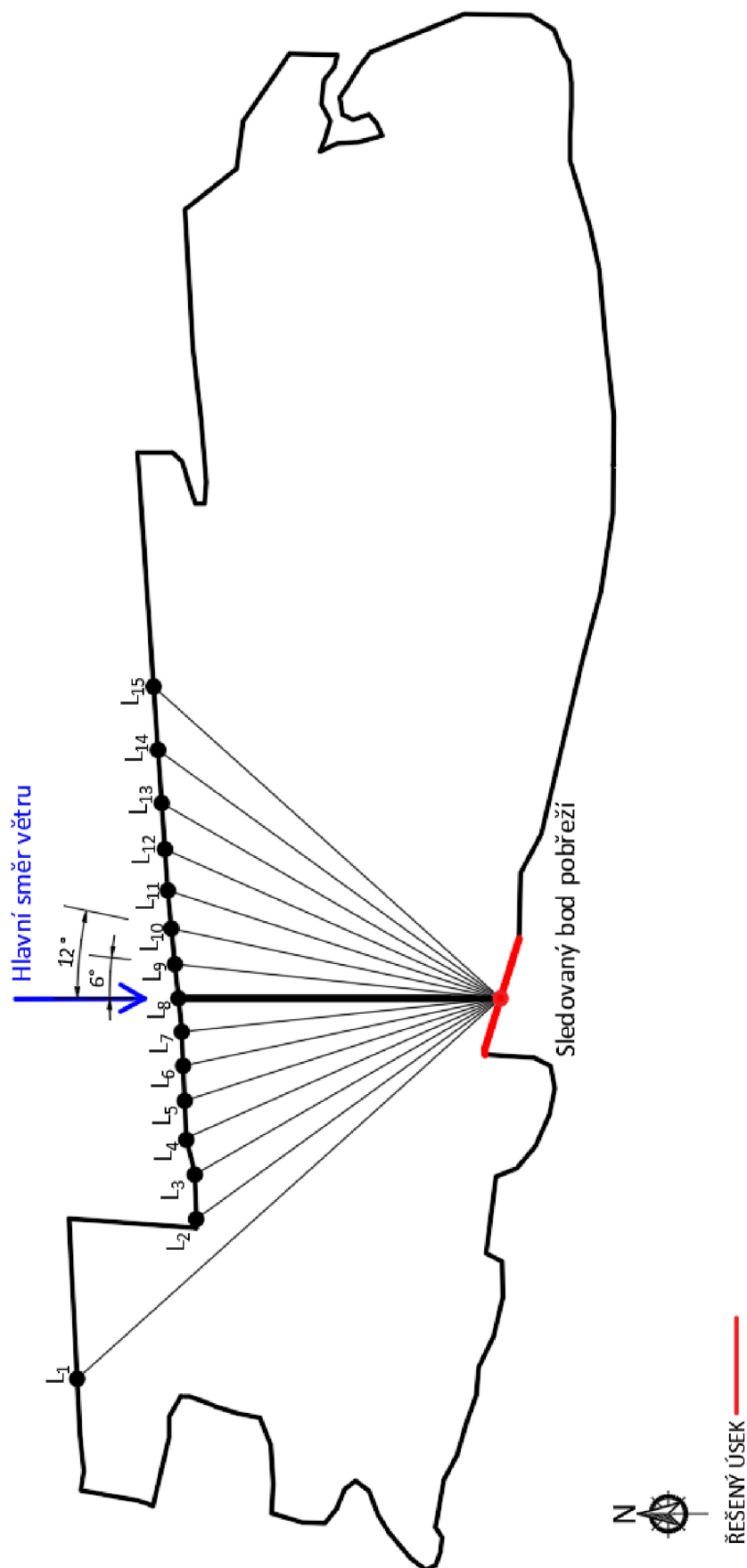
$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cdot \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} \quad (4.1.2)$$

kde i i -tá radiála (1-15)

L_i délka i -té radiály [m]

φ_i úhel mezi hlavním směrem větru a i -tou radiálou [$^\circ$]

Po určení efektivní délky rozběhu větru L_{ef} může dojít k situaci, kdy skutečná rozběhová délka větru L je delší než efektivní L_{ef} . Je tedy vždy doporučeno porovnat vypočtenou hodnotu L_{ef} se skutečnou délkou L . Jestliže je skutečná rozběhová délka větru L delší než efektivní L_{ef} , je vhodné k výpočtu použít vyšší hodnotu, tedy skutečnou délku rozběhu větru L . Obecně tedy platí, že je do následného výpočtu vždy uvažována vyšší hodnota ze zmíněných dvou.



Obr. 4. 2 – Grafické znázornění pro výpočet efektivní délky rozběhu větru L_{ef}

Radiála	1	2	3	4	5	6	7	8
Délka [m]	606,86	450,03	452,18	464,72	467,12	469,38	471,57	476,26
φ [°]	42	36	30	24	18	12	6	0
φ [rad]	0,7330	0,6283	0,5236	0,4188	0,3141	0,2094	0,1047	0

Radiála	9	10	11	12	13	14	15
Délka [m]	481,61	486,85	492,11	496,38	501,14	506,61	513,07
φ [°]	6	12	18	24	30	36	42
φ [rad]	0,1047	0,2094	0,3141	0,4188	0,5236	0,6283	0,7330

Tab. 4. 1 - Tabulka základních hodnot pro výpočet L_{ef}

Dosazení do vztahu pro výpočet efektivní délky rozběhu větru L_{ef} :

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cdot \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} = \frac{5963,258}{13,511} = 441,363 \text{ m}$$

Skutečná rozběhová délka větru v severním směru L je : 476,26 m.

Vypočtená efektivní délka rozběhu větru v severním směru L_{ef} je: 441,363 m.

$$\frac{L_{ef}}{L} = \frac{441,363}{476,26} = 0,927 < 1$$

Z poměru vypočteného výše vyplývá, že je skutečná délka rozběhu větru větší než efektivní, a proto bude v dalších výpočtech použita skutečná délka rozběhové dráhy větru $L = 476,26$ m.

4.1.3 Stanovení návrhové výšky vlny h_n

Pro výpočet návrhové výšky vlny h_n je nezbytné znát délku rozběhu větru v severním směru, jelikož tento vítr nejvíce ovlivňuje ústup břehové čáry na řešeném úseku. Z poměru L_{ef}/L provedeného výše je patrné, že pro výpočet návrhové výšky vlny bude použita skutečná délka rozběhové dráhy větru L . Dalším vstupním údajem pro výpočet návrhové výšky vlny je návrhová rychlost větru w_{10} . Největší vliv na tvorbu abrazních srubů má obecně vítr o rychlosti v rozmezí 10-20 m/s, a proto byla po dohodě s vedoucím práce zvolena hodnota $w_{10} = 15$ m/s.

Vztah pro výpočet návrhové výšky vlny h_n :

$$h_n = 0,0026 \cdot \frac{w_{10}^{1,06} \cdot L^{0,47}}{g^{0,53}} \quad (4.1.3)$$

kde w_{10} návrhová rychlost větru [m/s]
 L skutečná délka rozběhu větru [m]
 g tíhové zrychlení [m/s²]

Dosazení hodnot do vzorce a výpočet návrhové výšky vlny h_n :

$$h_n = 0,0026 \cdot \frac{w_{10}^{1,06} \cdot L^{0,47}}{g^{0,53}} = \frac{15^{1,06} \cdot 476,26^{0,47}}{9,81^{0,53}} = 0,25 \text{ m}$$

Z výpočtu výše vyplývá, že je návrhová výška vlny h_n je rovna 0,25 m.

4.1.4 Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem ΔH

Na nádržích o větších plochách dochází ve směru působení větru k nahnání hladiny vody větrem mezi protilehlými břehy. Nahnání vody ve směru větru je mnohdy zanedbatelné, a i zvýšení úrovně hladiny se ve většině případů projeví v milimetrech, případně v centimetrech. I přes nepatrné dopady na celkový výpočet přispívá hodnota nahnání hladiny ke konečné úrovni nejvýše položeného abrazního srubu V_a . U nádrží, kde rozběhová délka větru nepřesáhne 1000 m, se hodnota nahnání hladiny větrem nemusí brát vůbec v úvahu.[3] Výpočet byl i tak proveden pro demonstraci veličin vstupujících do výpočtu.

Pro výpočet velikosti nahnání hladiny větrem je zapotřebí znát průměrnou hloubku vody v nádrži ve směru působení hlavního větru, úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru δ , skutečnou délku rozběhu větru L a rychlost větru ve výšce 10 m nad hladinou vody.

K výpočtu „nahnání“ hladiny větrem ΔH využijeme vzorec:

$$\Delta H = k_w \cdot \frac{w_{10v} \cdot L}{g \cdot H} \cdot \cos\delta \quad (3.1.5)$$

kde k_w součinitel závislý na rychlosti větru

pro $w_{10v} < 20$ m/s platí $2,1 \cdot 10^{-6}$

pro $w_{10v} < 30$ m/s platí $3,0 \cdot 10^{-6}$

pro hodnoty mezi 20 a 30 m/s se hodnota určí lineární interpolací

w_{10v} rychlost větru ve výši 10 m nad hladinou vody [m/s]

L skutečná délka rozběhu větru [m]

g tíhové zrychlení [m/s^2]

H hloubka vody v nádrži [m]

δ úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru [$^\circ$]

Skutečná délka rozběhu větru je 476,26 m, úhel mezi podélnou osou pískovny Hulín a směrem větru je 90° , průměrná hloubka vody v nádrži ve směru nejčtetnějšího větru je 20 m a rychlost větru ve výšce 10 m nad hladinou nádrže je 15 m/s.

Dosazení hodnot do vzorce a výpočet „nahnání“ hladiny větrem ΔH :

$$\Delta H = k_w \cdot \frac{w_{10v} \cdot L}{g \cdot H} \cdot \cos\delta = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{15^2 \cdot 476,26}{9,81 \cdot 20} \cdot \cos(90^\circ) = 0 \text{ m}$$

Vypočtená hodnota „nahnání“ hladiny větrem bývá většinou zanedbatelná, tedy řádově v milimetrech. V tomto případě vyšlo „nahnání“ hladiny větrem nulové, jelikož je úhel svírající severním větrem a podélnou osou nádrže roven 90° .

4.1.5 Určení střednice vlny h_0

Jelikož u výpočtu předpokládáme sinusový profil vlny dle ČSN 75 0255, můžeme střednici vlny h_0 ztotožnit s klidnou hladinou. To znamená, že nedochází k žádnému převýšení a střednice vlny je rovna nule.

$$h_0 = 0 \text{ m}$$

4.1.6 Určení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a

Pro zajištění stability břehu je nutné určit nadmořskou výšku potenciální nebo již vzniklé paty abrazního srubu. Výšková úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu definuje oblast, na kterou by měl být kladen nejvyšší důraz při opevnění břehů.

Pata abrazního srubu se bude posouvat až k abrazní terminantě, kde svůj postup samovolně zastaví. Nad abrazní terminantou bude břeh následně erodovat až se sklon břehu ustálí v závislosti na úhlu vnitřního tření zeminy φ .

Výpočet nejvyšší úrovně paty položeného srubu spočteme dle vztahu:

$$V_a = Mn_{\max} + \frac{h_n}{2} + h_0 + \Delta H \quad (4.1.6)$$

kde V_a nadmořská výška paty abrazního srubu [m n. m.]

Mn_{\max} ... nejčtetnější hladina [m n. m.]

h_n výška návrhové vlny [m]

h_0 střednice vlny [m]

ΔH výška nahnání hladiny větrem [m]

Na zkoumané lokalitě není prováděn pravidelný odečet hladiny nádrže. Jako vstupní hodnotu nejčtetnější hladiny Mn_{\max} pro výpočet budeme tedy uvažovat hodnotu hladiny ze dne 10.4.2019, která byla 185,82 m n. m., návrhová výška vlny $h_n = 0,25$ m, střednice vlny $h_0 = 0$ m a výška nahnání hladiny $\Delta H = 0$ m.

Dosazení do vzorce (4.1.6) :

$$V_a = 185,82 + \frac{0,25}{2} + 0 + 0 = 185,945 \text{ m n. m.}$$

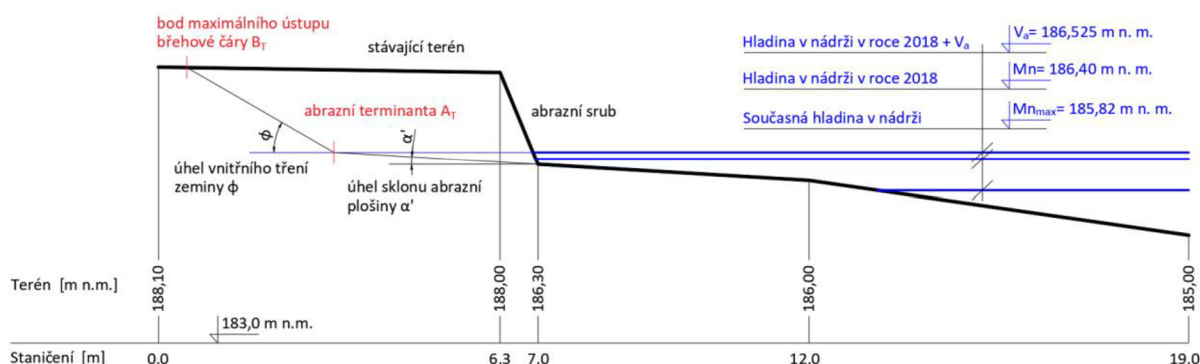
Úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu V_a je rovna 185,945 m n. m.

4.1.7 Stanovení sklonu abrazní plošiny, abrazní terminanty a bodu maximálního ústupu břehové čáry

Na řešeném úseku nebylo provedeno podrobné geodetické zaměření sklonu abrazní plošiny, a proto byla tato hodnota označena obecně jako α' . Díky realizaci terénní pochůzky lze konstatovat, že sklon abrazní plošiny byl mírného charakteru do úhlu $\alpha' = 4\text{--}5^\circ$.

Krajní část břehu je tvořena především jemnozrnnými písky a zahliněnými písky, a proto byla pro schematické naznačení bodu maximálního ústupu břehové čáry použita hodnota úhlu vnitřního tření zeminy $\varphi = 30^\circ$.

Průřezem čáry demonstrující úhel vnitřního tření zeminy a stávajícího terénu dostaneme bod charakterizující maximální ústup břehové čáry B_T .



Obr. 4. 3 – Konkrétní schéma určení abrazní terminanty a B_T

Na závěr hydrotechnických výpočtů je třeba zmínit, že na zkoumané lokalitě není v současné době dosaženo bodu abrazní terminanty A_T . Příčný řez pro schematické naznačení prognózy ústupu břehové čáry (Obr.4.3) byl vytvořen z poskytnutého zaměření vedoucím práce. Schematický výkres stanovení prognózy ústupu břehové čáry je součástí výkresové dokumentace (příloha č.3). Současná hladina šterkopískovny Hulín je o poznání níže než v předešlých letech, což je dáno faktem, že je šterkopískovna bezodtoká a na její hladinu mají výrazný vliv především srážky.

5 FOTODOKUMENTACE



Obr. 5. 1 – Odkrytá abrazní plošina řešeného úseku (listopad, 2018) [7]



Obr. 5. 2 – Stav řešeného úseku (listopad, 2018) [7]



Obr. 5. 3 – Břehová vegetace (červen, 2020) [6]



Obr. 5. 4 – Břehový materiál na řešeném úseku (červen, 2020) [6]



Obr. 5. 5 – Abrazní srub na řešené lokalitě o výšce asi 0,7 m (listopad, 2018) [6]



Obr. 5. 6 – Stav vegetace Štěrkopískovny Hulín (listopad, 2018) [6]



Obr. 5. 7 – Břehová vegetace řešeného úseku (červen, 2020) [6]



Obr. 5. 8 – Břehová vegetace řešeného úseku (červen, 2020) [6]

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo posouzení břehového území zadané lokality, následný návrh aktivních protiabrazních konstrukcí a určení prognózy ústupu břehové čáry. Jednalo se o úsek táhnoucí se podél jižní části štěrkopískovny v délce asi 120 m. Břehové území je zde tvořeno převážně jemnými písčitymi a hlinitými materiály o malých frakcích, a proto bylo vyhodnoceno v rámci terénní pochůzky jako nejnáchylnější k abraznímu poškození eolického původu.

Diplomová práce se dělí na pět hlavních kapitol, a sice na průvodní zprávu, teorii popisující vznik a vývoj abraze, technickou zprávu, hydrotechnické výpočty, fotodokumentaci a výkresovou dokumentaci – přehledná/podrobná situace, prognóza ústupu břehové čáry a schematický návrh celkem šesti stabilizací.

Při zpracování návrhu stabilizace byl kladen důraz na využití aktivních protiabrazních konstrukcí. Při návrhu bylo využito převážně konstrukcí biotechnického charakteru, jelikož tento způsob představuje kompromis ve využití vhodných vlastností biologických stabilizačních prvků (vrbové kůly, vegetační oživení, ...) a technických částí stabilizace (kámen, šterk). Mezi přednosti biotechnických opatření patří schopnost zajistit dostatečnou ochranu břehu a zároveň díky vegetačnímu doprovodu také podporu tvorby živočišného biotopu. Tento typ stabilizace plní kritéria ekologická i estetická. Součástí diplomové práce je i finanční zhodnocení nákladů na konstrukci jednotlivých typů stabilizačního opatření.

Veškeré navrhované stabilizace mají za účel zamezit ústupu břehové čáry, či alespoň zpomalit její průběh. Pro návrh bylo zapotřebí porozumět místním podmínkám a důvodu vzniku abraze. Diplomová práce obsahuje celkem devět grafických příloh, na kterých je detailní znázornění řešeného úseku a popis jednotlivých návrhů stabilizace řešeného úseku.

Součástí diplomové práce jsou dále hydrotechnické výpočty, kde je vypočten vliv nejrozsáhlejšího větru, schematické znázornění prognózy ústupu břehové čáry a určení paty nejvýše položeného abrazního srubu.

Ve výkresové dokumentaci jsou zpracované schematické stabilizační návrhy a zaměřený příčný profil s grafickým znázorněním bodu maximálního ústupu břehové čáry B_T .

POUŽITÁ LITERATURA A PROGRAMY

- [1] ŠLEZINGR, Miloslav. *Břehová abraze: příspěvek k problematice zajištění stability břehů*. Brno: Zdeněk Novotný, 2003. ISBN 80-86510-75-1.
- [2] ŠLEZINGR, Miloslav. *Základy projektové činnosti - obrazový přehled návrhů stabilizace břehů pomocí břehové armatury*. Brno: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-833-2.
- [3] ŠLEZINGR, Miloslav. *Břehová abraze - možnosti stabilizace břehů - monografie*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. ISBN 978-80-7375-566-9.
- [4] Norma: *ČSN 750255 - Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích*. Praha: Český normalizační institut, 1988.
- [5] *ArcMap Desktop 10.5* Verze: 10.5.0.6491, Copyright © 1995-2016 Esri
- [6] Místní šetření za účasti prof. Dr. Ing. Miloslava Šlezingra (2018, 2020)

POUŽITÉ INTERNETOVÉ ZDROJE

- [7] *Zlínský kraj | Cestovatelský ráj. Cestovatelský ráj* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <http://cestovatelskyraj.cz/2016/01/02/zlinsky-kraj/>
- [8] *Moravske-Karpaty.cz* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/klima/klimaticke-oblasti-dle-e-quitta-1971/>
- [9] *Herber.kvalitne.cz* [online] [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: http://www.herber.kvalitne.cz/FG_CR/obrazky/klima/Quitt1.jpg
- [10] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/SRA_2019.gif
- [11] *Česká geologická služba* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr500/?center=-534800%2C-1153600%2C102067&level=6>
- [12] GODANY, Josef. *PASPORTIZACE LOMŮ PŘÍRODNÍHO KAMENIVA ČR*. Praha: 2014 [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_4_6_5_KAMENIVO/kamenivo.pdf.pdf
- [13] *Moravske-Karpaty.cz* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geomorfologie/stredomoravska-niva/>
- [14] *Arvita P, spol. s r.o. Plánované rozšíření těžby na ložisku Hulín: Pedologický průzkum*. Otrokovice, 2007. Dostupné z: http://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_MZP242
- [15] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/\\$FILE/OOOPK-zlinsky_kraj-20140311.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/$FILE/OOOPK-zlinsky_kraj-20140311.pdf)
- [16] *Časopis Ochrana přírody* [online]. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/zamereno-na-verejnost/mohou-byt-aktivni-tezebni-prostory-hodnotne-z-hlediska-ochrany-prirody/>

- [17] *Českomoravský štěrk a.s.* [online]. [cit. 2021-14-01]. Dostupné z:
<https://www.heidelbergcement.cz/cs/kontakty/cms/provozovny/hulin>

SEZNAM TABULEK

Kapitola 1

Tab. 1. 1 – Klimatické charakteristiky oblasti T2 [8].....6

Kapitola 2

Tab. 2. 1 – Orientační hodnoty úhlů sklonu svahů [3] 20

Kapitola 4

Tab. 4. 1 – Tabulka základních hodnot pro výpočet L_{ef}43

SEZNAM OBRÁZKŮ

Kapitola 1

Obr. 1. 1 – Letecký snímek štěrkopískovny Hulín (<i>foto: Českomoravský štěrk, a.s.</i>)	3
Obr. 1. 2 – Lokalizace řešeného území na mapě ČR [7].....	3
Obr. 1. 3 – Lokalizace řešeného území – Štěrkopískovna Hulín [5]	4
Obr. 1. 4 – Řešený úsek lokality [5].....	4
Obr. 1. 5 – Klasifikace klimatu ČR dle E. Quitta [9]	6
Obr. 1. 6 – Úhrn srážek v roce 2019 [10]	7
Obr. 1. 7 – Geologická mapa území [11]	8
Obr. 1. 8 – Půdní typy Zlínského kraje [15].....	10
Obr. 1. 9 – Hladina štěrkopískovny Hulín [6]	11
Obr. 1. 10 – Plovoucí dřevěný ostrůvek (<i>foto: klub300.cz, 19.6.2015</i>).....	12
Obr. 1. 11 – Drapákový bagr na pontonu [6]	15
Obr. 1. 12 – Těžební přístroj na pontonu kotvený ocelovým lanem k břehu [6]	15
Obr. 1. 13 – Současný stav břehové vegetace [6].....	17
Obr. 1. 14 – Současný stav břehové vegetace řešeného úseku [6]	17
Obr. 1. 15 – Břehová vegetace řešeného úseku v porovnání s člověkem [6].....	18
Obr. 1. 16 – Břehová vegetace – orobinec u břehové čáry [6].....	18

Kapitola 3

Obr. 3. 1 – Detail materiálu tvořícího břeh řešeného úseku [6]	27
Obr. 3. 2 – Břehová čára úseku (listopad, 2018) [6]	28
Obr. 3. 3 – Stav řešeného úseku (listopad, 2018) [6]	28
Obr. 3. 4 – Současná břehová vegetace (červen, 2020) [6]	29
Obr. 3. 5 – Schematický návrh stabilizace – TYP A.....	30
Obr. 3. 6 – Schematický návrh stabilizace – TYP B	31
Obr. 3. 7 – Schematický návrh stabilizace – TYP C	32
Obr. 3. 8 – Schematický návrh stabilizace – TYP D.....	33
Obr. 3. 9 – Schematický návrh stabilizace – TYP E	34
Obr. 3. 10 – Schematický návrh stabilizace – TYP F	35

Kapitola 4

Obr. 4. 1 – Grafické znázornění abrazní terminanty dle modifikované metody [3]	40
Obr. 4. 2 – Grafické znázornění pro výpočet efektivní délky rozběhu větru L_{ef}	42
Obr. 4. 3 – Konkrétní schéma určení abrazní terminanty a B_T	49

Kapitola 5

Obr. 5. 1 – Odkrytá abrazní plošina řešeného úseku (listopad, 2018) [7]	48
Obr. 5. 2 – Stav řešeného úseku (listopad, 2018) [7]	48
Obr. 5. 3 – Břehová vegetace (červen, 2020) [6]	49
Obr. 5. 4 – Břehový materiál na řešeném úseku (červen, 2020) [6].....	49
Obr. 5. 5 – Abrazní srub na řešené lokalitě o výšce asi 0,7 m (listopad, 2018) [6].....	50
Obr. 5. 6 – Stav vegetace Štěrkopískovny Hulín (listopad, 2018) [6].....	50
Obr. 5. 7 – Břehová vegetace řešeného úseku (červen, 2020) [6]	51
Obr. 5. 8 – Břehová vegetace řešeného úseku (červen, 2020) [6].....	51

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

α'	sklon ustálené části abrazní plošiny [°]
δ	úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru [°]
ΔH	výška nahnání hladiny větrem [m]
φ	úhel vnitřního tření zeminy [°]
φ_i	úhel mezi hlavním směrem větru a i-tou radiálou [°]
A_T	abrazní terminanta (bod)
B_T	bod maximálního ústupu břehové čáry
B.p.v.	Balt po vyrovnání
ČSN	Česká státní norma
GPS	globální družicový polohový systém
g	gravitační zrychlení [m/s^2]
H	hloubka vody v nádrži [m]
h_0	střednice vlny [m]
h_n	návrhová výška vlny [m]
k_w	součinitel rychlosti větru
L	rozběhová délka větru [m]
L_{ef}	efektivní délka rozběhu větru [m]
m n. m.	metry nad mořem
Mn_{max}	nejčtenější hladina v nádrži [m n. m.]
V_a	výška paty nejvýše položeného abrazního srubu [m n. m.]
w_{10}	návrhová rychlost větru [m/s]
w_{10v}	návrhová rychlost větru ve výši 10 m nad hladinou vody [m/s]

SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledná situace zájmové lokality	M 1:200 000
2. Podrobná situace zájmové lokality	M 1:10 000
3. Stanovení prognózy ústupu břehové čáry	M 1:75
4. Schematický návrh stabilizace – typ A	M 1:25
5. Schematický návrh stabilizace – typ B	M 1:25
6. Schematický návrh stabilizace – typ C	M 1:25
7. Schematický návrh stabilizace – typ D	M 1:25
8. Schematický návrh stabilizace – typ E	M 1:25
9. Schematický návrh stabilizace – typ F	M 1:25