

Závěrečná zpráva

o výsledcích inženýrskogeologického průzkumu pro rekonstrukci hráze Černoleského rybníka u Benešova na pozemku 4053/4 v katastrálním území Benešov u Prahy (602191).



y = 727554, x = 1080749

Číslo zakázky : 22/022

Název zakázky : Benešov MVN

Křemže, září 2022

výtisk: elektronický

OBSAH:

1.	Úvod.....	3
2.	Průzkumné práce	4
2.1.	Vrtné práce.....	4
2.2.	Odběr vzorků	4
2.3.	Zaměření	4
3.	Geologické a hydrogeologické poměry	5
3.1.	Geologické poměry	5
3.2.	Hydrogeologické poměry.....	6
4.	Geotechnické vlastnosti	7
4.1.	Základová půda.....	7
4.2.	Komunikace	8
4.3.	Propustnost zemin v podloží	9
5.	Podklady pro projekt.....	10
5.1.	Podloží hráze.....	10
5.1.1.	Hráz Černoletského rybníku	10
5.1.2.	Násyp komunikace přes Benešovský potok	10
5.2.	Těleso hráze	11
5.2.1.	Hráz Černoletského rybníku	11
5.2.2.	Násyp komunikace přes Benešovský potok	11
5.3.	Zemník	12
5.4.	Zemní práce	12
6.	Závěr.....	12

Tabulky:

tabulka 1 - Přehled provedených sond.....	4
tabulka 2 - Zastižené zeminy a horniny.....	5
tabulka 3 - Hodnoty agresivnosti horninového prostředí.....	7
tabulka 4 - Charakteristiky zemin dle staré ČSN 73 1001	7
tabulka 5 - Charakteristiky skalních hornin dle staré ČSN 73 1001	8
tabulka 6 - Zařazení zemin podle vhodnosti do násypů a pro podloží	9
tabulka 7 - Namrzavost zemin	9
tabulka 8 - Součinitel propustnosti	9
tabulka 9 - Sklony svahů	12

PŘÍLOHY:

1.	Situace sond	1 : 500
2.	Dokumentace sond	
3.	Vysvětlivky grafických značek	
3.1.	Geologický řez 1 – 1'	1 : 300/200
3.2.	Geologický řez 2 – 2'	1 : 500/200
4.	Laboratorní rozbor vody	
5.	Laboratorní rozbor zemin	
6.	Fotodokumentace	

1. Úvod

Účel průzkumu	: Cílem inženýrskogeologického průzkumu bylo zjistit sled a složení zemin v tělese hráze Černoleského rybníku a v tělese místní komunikace přecházející přes Benešovský potok, který rybní napájí. V rámci revitalizace území se uvažuje s využitím tělesa komunikace pro účely hráze nové malé vodní nádrže. Součástí průzkumu bylo také ověření vhodnosti vytipovaných zemin pro rekonstrukci hráze.
Objednatel	: Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
Umístění stavby	: Černoleský rybník se nachází na jižním okraji Benešova. Leží jižně od křižovatky ulice Černoleská a silnice z Benešova do obce Dolní a Horní Podhájí. Jižně od Černoleského rybníka přechází přes Benešovský potok místní komunikace k areálu technických služeb města.
Podklady	: Situace zájmového území se schématickým zakreslením zkoumaných objektů a přibližným zakreslením požadovaných míst průzkumných sond. v digitální podobě, geologická mapa České republiky v měřítku 1 : 50 000, list 13-33.
Současný stav	: V době provádění průzkumných prací byla hráz Černoleského rybníku využívána jako násyp tělesa asfaltové silnice z Benešova do Horního a Dolního Podhájí. Okraje silnice byly místy pokleslé v důsledku pohybů svahů násypu hráze způsobených především těžkou dopravou pohybující se po okraji velmi úzké silnice. Místní komunikace přes Benešovský potok byla také zpevněna asfaltovou balenou drtí. V údolnici byl potok pod silnicí převáděn plechovým tubosiderem. Svahy násypu hráze i násypu komunikace byly porostlé vzrostlými stromy a náletovou vegetací.
Technické údaje o stavbě	: Hráz Černoleského rybníku bude rekonstruována včetně výpustních objektů a bezpečnostního přelivu. Součástí stavby bude také rozšíření komunikace. U tělesa komunikace přes Benešovský potok se uvažuje s využitím násypu pro vybudování hráze nové malé vodní nádrže.
Metodika průzkumu	: Podkladem pro vyhodnocení provedeného inženýrskogeologického průzkumu byly poznatky ze šesti jádrových sond, rozborů vzorků zemin a vody. Vyhodnocení a popis zemin je proveden v souladu s ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže, ČSN 73 1005 – Inženýrskogeologický průzkum, ČSN 73 6133 – Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, ČSN EN 1997 – Navrhování geotechnických konstrukcí, ISO EN 14 688-2 – Pojmenování a zařizování zemin, starou ČSN 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy.
Evidence	: Zakázka podléhá evidenční povinnosti u České geologické služby – Geofondu.



2. Průzkumné práce

2.1. Vrtné práce

Technické práce na lokalitě byly provedeny ve dnech 27.-28.07.2022. V prostoru hráze Černoletského rybníku a tělesa komunikace přes Benešovský potok bylo vyhloubeno šest jádrových sond do hloubky 5 – 10 metrů. K hloubení sond byla použita vrtná souprava UGB 50 na podvozku nákladního automobilu. Sondy byly prováděny rotačně jádrovým způsobem bez použití pomocného výplachu. Průměr vrtu se pohyboval od 135 do 250 mm. K hloubení sond bylo použito pracovní ocelové pažení, které bylo po dokončení vrtání odstraněno. Po vynesení na povrch byly zastižené zeminy dokumentovány ve dřevěných jádrových bedýnkách. Sondy byly po dokončení likvidovány záhozem vytěžené zeminy a povrch vyspraven vyvrtaným asfaltovým jádrem.

tabulka 1 - Přehled provedených sond

sonda	výška (m n.m.)	hloubka (m)	naražená hladina (m) 27.-28.2022	ustálená hladina (m) 27.-28.2022	výška hladiny (m n.m.)	vzorky zemin (m)
J1	348,60	5,0	nezjištěna	-	-	2,6-2,7
J2	349,15	8,5	3,5; 5,3	4,2 (ihned po dokončení)	344,95	3,0-3,1
J3	349,51	10,0	8,0	5,2	344,31	2,5-2,6 4,7-4,8
J4	351,12	8,5	2,3	2,3	348,82	2,5-3,0 5,0-5,5
J5	351,47	5,0	2,0	0,6	350,87	1,5-1,6
J6	350,79	5,0	3,6	3,2	347,59	-

2.2. Odběr vzorků

Z vyhloubených sond bylo odebráno celkem 7 porušených vzorků zemin. Tři technologické vzorky byly odebrány ze skládky zemin v prostoru Žižkových kasáren k ověření jejich vhodnosti pro použití do tělesa hráze. Vzorky byly odebrány do vzduchotěsných plastových pouzder, aby se zabránilo vysušení zemin. Laboratorní stanovení indexových vlastností, provedení zrnitostního rozboru a zkoušky zhutnitelnosti byly provedeny ve vlastní laboratoři mechaniky zemin dle příslušných norem.

Ze sondy J3 byl odebrán jeden vzorek podzemní vody k provedení zkráceného chemického rozboru. Po krátkém odčerpání byl vzorek vody odebrán za dynamického stavu do připravených vzorkovnic. Vzorek vody byl zpracován v akreditované laboratoři ALS Czech Republic s.r.o.

2.3. Zaměření

Polohově byly sondy zaměřeny k bodům zobrazeným v předané podkladní výkresové dokumentaci předané objednatelem. Souřadnice všech průzkumných bodů a bodů řezů jsou v souřadném systému JTSK. Výškové zaměření je vztaženo k výšce pevných povrchů, u nichž bylo jejich výšku možné z předaných podkladů odečíst. Výška výchozích bodů je uvedena ve výškovém systému předané situace (nejspíše Balt p.v.). Poloha použitých bodů je uvedena a znázorněna v příloze č.1 – Situace sond.

3. Geologické a hydrogeologické poměry

3.1. Geologické poměry

Zájmové území se nachází v soustavě Českého masivu, v oblasti středočeského plutonu. Podloží tvoří hlubinné magmatické granodiority a křemenné diority. Přípovrchové partie skalního horizontu jsou většinou rozložené na eluvia charakteru slabě hlinitých až hlinitých písků. S přibývajícím hloubkou granodiority poměrně rychle zpevňují. Místy mohou rozložená eluvia zcela chybět.

Kvartérní pokryv vzniknul zvětráváním podložních hornin. Na úbočích svahů se vyskytují především svahové sedimenty charakteru hlinitých písků a písčitých hlín s příměsí úlomků zvětralých granodioritů. Povrch tvoří především humosní zeminy s malou mocností, mnohdy se jedná spíše jen o travou prorostlé svrchní partie hlinitých písků. V údolích a nivách potoků lze zastihnout deluviofluviální sedimenty ve vývoji jílu, písčitých hlín a písčitých jílu, písčitých štěrků, písků a jílovitých písků.

V blízkosti sídelních útvarů či podél liniových staveb modelují povrch terénu antropogenní sedimenty. Často se jedná o zeminy místního původu, které byly použité ke stavebním účelům.

Průzkumnými sondami bylo zkoumáno především složení zemin v tělese komunikace a tělese zemní hráze. Podloží zemním násypům tvoří především fluviální nebo deluviofluviální sedimenty charakteru písčitých jílu, středně až vysoce plastických jílu, hlinitých a jílovitých písků, v oblasti údolnic potom také fluviálních písčitých štěrků. Celková mocnost kvartérních sedimentů pod tělesem hráze Černoletského rybníka dosahovala 2,1 – 5,3 m, pod násypem komunikace přes Benešovský potok byla mocnost kvartérních sedimentů 3,4 m ověřena pouze v sondě J4 v blízkosti potoka. Svrchní rozhraní skalního podloží se v prostoru hráze Černoletského rybníka nacházelo v hloubce 4,5 až 9,7 m pod povrchem komunikací, což odpovídá výšce 339,81 - 344,1 m n.m. V nejvyšším místě násypu tělesa silnice přes Benešovský potok bylo skalní podloží zastiženo v hloubce 7,7 metru, v úrovni 343,42 m n.m.

Geologické vrstvy zastižené při průzkumných pracích jsou popsány v následujícím textu. Vrstvy zemin a hornin s podobnou charakteristikou a podobnými vlastnostmi byly rozděleny do skupin geotypů a jsou označeny symboly a čísla geotypu. Stejná označení byla použita také v příloze č. 2 - Dokumentace sond a číslo 3. – Geologické řezy, kde je v popisu jednotlivých vrstev uvedeno jejich zařazení dle příslušných norem.

tabulka 2 - Zastižené zeminy a horniny

Symbol geotypu	Popis	ČSN 73 1005 ČSN 73 6133	mocnost (m)	stáří
R1	zpevnění povrchu vozovky - asfaltová balená drť, dlažební kostky, asfalt pokládán ve vrstvách, v místě hráze rybníka byla dlažba překryta asfaltem	Y	0,1-0,4	recent
R2	navážka - jíl písčitý, prachovitě písčitý, pevný, místy s příměsí kamenů, zeminy tělesa hráze nebo silničního násypu	F4/CSY	0,6-2,4	
R3	navážka – jíl, středně plastický, tuhý, zeminy tělesa hráze nebo silničního násypu	F6/CI	2,2 (J3)	
R4	navážka – štěrk písčitý, slabě hlinitý, hlinitý až jílovitý, kameny velikosti až 150 mm, zastoupení jemnozrnných hlinitých a jílovitých frakcí proměnlivé, u hráze rybníka je vrstva štěrku součástí konstrukce komunikace, u komunikace přes Benešovský potok také pravděpodobně násyp kolem propustku – tubosideru (J4)	G3/G-FY, G2/PY, G4/GMY, G5/GCY	0,3-4,1	
Q1	jíl písčitý – tuhý až pevný, místy až měkký, písčité frakce převážně jemnozrnná až střednozrnná, místy až vysoce plastický	F4/CS	0,3-3,9 (sonda J5 ukončena před dosažením báze vrstvy)	kvartér

Symbol geotypu	Popis	ČSN 73 1005 ČSN 73 6133	mocnost (m)	stáří
Q2	jíl – středně plastický, tuhý až pevný, místy až měkký	F6/CI	0,6-2,7	
Q3	jíl – vysoce plastický, tuhý až pevný, zastiženy nezetlelé zbytky organického původu, místy písčité prolohy	F8/CH	sonda J6 ukončena před dosažením báze vrstvy	
Q4	písek hlinitý – uhlý, vlhký až zvodnělý, převážně střednozrný až hrubozrný s příměsí úlomků horniny	S4/SM (+G)	0,5-1,0	
Q5	písek jílovitý – velmi vlhký až zvodnělý, střednozrný až jemnozrný, příměs úlomků	S5/SC (+G)	0,2-0,3	
Q6	písčité štěrky – slabě jílovité až jílovité, uhlý, zvodnělý, místy zbytky organického původu	G3/G-F, G5/GC	0,4-1,0	
Y1	eluvium granodioritu – zcela rozložená hornina na zeminu charakteru slabě hlinitého až hlinitého písku, uhlého až velmi uhlého, převážně střednozrného až hrubozrného, s přibývajícím hloubkou rychle zpevňuje, v sondě J1 postu ukončen na nevratelné hornině nebo na zdravém balvanu	R6 – S3/S-F, S4/SM	sondy ukončeny před dosažením báze vrstvy	moldanubikum

Uvedené údaje o zastižných horninách a jejich mocnostech se vztahují pouze k místům, kde byly sondy provedeny. V jiných polohách může být složení zemin v podloží odlišné. Při popisu vynesných zemin bylo patrné, že rozhraní mezi jednotlivými zeminami nejsou zcela ostrá, zeminy se vzájemně prolínají, mohou vytvářet tenké mezivrstvy s odlišným zrnitostním složením. Zejména v tělese hráze nebo komunikace se může charakter a zrnitostní složení použitých zemin měnit velmi rychle. Popsané mocnosti vrstev zemin je proto lépe považovat za orientační.

3.2. Hydrogeologické poměry

Staveniště se nachází v hydrogeologickém masivu, tvořeném magmatitickými granodiority a křemennými granodiority náležejícímu do rajonu 6320 – Krystalinikum v povodí Střední Vltavy. Horniny krystalinika představují z hydrogeologického hlediska jednokolektorový zvodnělý systém přípořehové zóny zvětralin a rozevřených puklin s infiltrací prakticky v celé ploše hydrologického povodí. V zóně zvětrávání a rozpojení puklin skalního masivu se lokálně vytváří nad nebo v úrovni erozní báze mělký oběh průlinově-puklinové podzemní vody.

Hydrogeologické poměry jsou podmíněny zejména geologickou stavbou. Horniny krystalinika mají sníženou puklinovou propustnost, která v dosahu zvětrávacích procesů závisí hlavně na charakteru zvětralin. Relativně lepší puklinovou propustnost mají granitoidy moldanubického plutonu. Z kvartérních hornin mají větší hydrogeologický význam fluvialní akumulace sedimentů údolních niv a některá mocnější písčité eluvia. Propustnost kvartéru se mění podle charakteru uloženin. Širší okolí zájmového území je místem infiltrace srážkové vody do podloží. K infiltraci srážkových vod dochází celoplošně prostřednictvím písčitých kvartérních sedimentů a to zejména na vyvýšeninách hornin krystalinika v okolí erozních brázd, kde více propustná písčité deluvia a eluvia vystupují až k povrchu terénu.

Infiltrovaná podzemní voda proudí v malých hloubkách k místním erozním bázím, kde skrytě dotuje pořehové vodoteče prostřednictvím fluvialních náplavů. Její hladina bývá nejprve spíše volná, v nižších polohách mírně napjatá. Část podzemních vod proudí také ve větších hloubkách pod povrchem terénu puklinovým systémem ke stejným erozním bázím. Oba typy zvodnění spolu nejspíše komunikují a nelze je považovat za samostatné oddělené zvodně. Na lokalitě předpokládám směr proudění přibližně od jihu k severu.

Drenážní bázi nejbližšího okolí tvoří Benešovský potok. Provedenými mělkými průzkumnými sondami nebyly detailní hydrogeologické poměry ověřeny a výše popsané hydrogeologické poměry je třeba považovat za obecné pro širší oblast lokality.

Podzemní voda byla zastižena ve většině průzkumných sond. Vázána byla na průlinově propustné, písčité sedimenty podloží tělesa hráze a silnice. Její hladina byla většinou mírně napjatá a ustálila se v hloubce 0,6 až 5,2 m pod povrchem terénu. Ze sondy J3 byl odebrán vzorek vody ke stanovení její agresivity na betonové konstrukce. V následující tabulce jsou souhrnně uvedeny výsledky laboratorního rozboru.

tabulka 3 - Hodnoty agresivnosti horninového prostředí

druh agresivity	jednotky	vzorek / hloubka odběru (m)		ČSN EN 206-1		
		J4/5,2		XA1	XA2	XA3
vyluhující	mmol.l ⁻¹	1,55		nehodnotí	nehodnotí	nehodnotí
kyselá	pH	7,02		5,5 – 6,5	4,5 – 5,5	4,0 – 4,5
uhličitá	mg.l ⁻¹ agres.CO ₂	34,5		15 – 40	40 – 100	> 100
hořečnatá	mg.l ⁻¹ Mg ²⁺	12,7		300 – 1000	1000 – 3000	> 3000
amonná	mg.l ⁻¹ NH ₄ ⁺	2,84		15 – 30	30 – 60	60 – 100
síranová	mg.l ⁻¹ SO ₄ ²⁻	38,3		200 – 600	600 – 3000	3000 – 6000
stupeň agresivity		XA1				

Pozn. : Tabulka uvádí barevně ty hodnoty, které přesahují hodnoty mezní.

Dle ČSN EN 206-1 lze na základě provedeného rozboru podzemní vodu klasifikovat jako slabě XA1 agresivní z důvodu vyššího obsahu agresivního oxidu uhličitého.

V případě, že agresivita vody dosahuje nízkého stupně, postačí provedení primární ochrany betonu před účinky agresivního prostředí. Primární ochrana spočívá ve zvýšení odolnosti betonu proti působení agresivního prostředí úpravou jeho složení nebo struktury před zhotovením konstrukce nebo v průběhu jeho zhotovení. Zvýšení odolnosti betonu primárním postupem se dosáhne volbou odolnějšího druhu cementu, zvýšením dávky, případně i jemnosti mletí cementu, použitím přísad a realizací dalších opatření.

4. Geotechnické vlastnosti

4.1. Základová půda

Následující tabulka uvádí hodnoty charakteristik zastižených zemin tak, jak je uváděla stará norma ČSN 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy. Zastižené vrstvy zemin a hornin s podobnou charakteristikou a podobnými vlastnostmi byly rozděleny do skupin geotypů a jsou označeny symboly a čísly geotypu. Stejná označení byla použita také v příloze č. 2 - Dokumentace sond a číslo 3. – Geologické řezy, kde je v popisu jednotlivých vrstev uvedeno jejich zařazení. Jednotlivé zastižené zeminy byly zařazeny podle makroskopické prohlídky vytěžených hornin. V případě, že se křivka zrnitosti zastižených zemin pohybovala v blízkosti hranice mezi jednotlivými třídami, bylo přihlédnuto k výsledkům laboratorních rozborů zemin.

tabulka 4 - Charakteristiky zemin dle staré ČSN 73 1001

Symbol geotypu	Popis	Konzistence ulehlost	ČSN 73 1005	v	β	γ	E _{DEF}	C _u	φ _u	C _{ef}	φ _{ef}	R _{dt}	m
						kN/m ³	MPa	kPa	°	kPa	°	kPa	
Q1	písčitý jíl	měkký	F4/CS	0,35	0,62	18,5	3	30	0	10	22	80	0,1
Q1	písčitý jíl	tuhý	F4/CS	0,35	0,62	18,5	4	50	0	12	23	150	0,2
Q1	písčitý jíl	pevný	F4/CS	0,35	0,62	18,5	6	70	5	14	24	250	0,2
Q2	jíl	měkký	F6/CI	0,40	0,47	21,0	2	25	0	8	17	50	0,1

Symbol geotypu	Popis	Konzistence ulehlost	ČSN 73 1005	ν	β	γ kN/m ³	E_{DEF} MPa	c_u kPa	ϕ_u °	c_{ef} kPa	ϕ_{ef} °	R_{dt} kPa	m
Q2	jíl	tuhý	F6/CI	0,40	0,47	21,0	4	50	0	10	18	100	0,2
Q2	jíl	pevný	F6/CI	0,40	0,47	21,0	6	80	0	12	19	200	0,2
Q3	jíl	tuhý	F8/CH	0,42	0,37	20,5	3	40	0	4	14	80	0,1
Q3	jíl	pevný	F8/CH	0,42	0,37	20,5	5	80	0	10	15	160	0,2
Q3	hlinitý písek	ulehlý	S4/SM	0,30	0,74	18	10	-	-	4	30	225	0,3
Q5	jílovitý písek	ulehlý	S5/SC	0,35	0,62	18,5	8	-	-	6	28	175	0,3
Q6	štěrk slabě hlinitý	ulehlý	G3/G-F	0,25	0,83	19	60	-	-	0	34	450	0,3
Q6	štěrk hlinitý	ulehlý	G4/GM	0,30	0,74	19	50	-	-	4	32	300	0,3
Q6	štěrk jílovitý	ulehlý	G5/GC	0,30	0,74	19,5	50	-	-	5	30	200	0,3
Y1	eluvium granodioritu písek	ulehlý	S3/S-F	0,30	0,74	17,5	25	-	-	0	32	275	0,3
Y1	eluvium granodioritu hlinitý písek	ulehlý	S4/SM	0,30	0,74	18	15	-	-	4	30	225	0,3

V tabulce uvedené hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti jsou uvedeny pouze pro předběžný návrh stavební konstrukce a snazší orientaci při návrhu základů. Pro statické posouzení se doporučuje postupovat dle zásad II. geotechnické kategorie (viz dále v textu).

U nesoudržných zemin třídy S4-S5 a G4 – G5 platí hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti pro zeminy s touhou až pevnou konzistencí (týká se výplně). U ostatních tříd nesoudržných zemin odpovídají hodnoty příslušné míře ulehlosti. Tyto hodnoty platí pro hloubku založení 1 metr a šířku základu 1 metr.

U jemnozrnných zemin platí hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti pro základy šířky do 3 metrů a hloubku založení 0,8 až 1,5 metru.

Zvýšení hodnot tabulkové výpočtové únosnosti je možné uvažovat, je-li hloubka založení a šířka základu větší než 1 m.

Se snížením hodnot tabulkové výpočtové únosnosti až o 30 % je třeba počítat v případě, že bude hladina podzemní vody pod základovou spárou v hloubce menší, než je šířka základu.

Hodnoty směrných charakteristik neuvádím pro navážky tělesa hráze či silničního násypu, které budou ovlivněny především mírou zhutnění.

tabulka 5 - Charakteristiky skalních hornin dle staré ČSN 73 1001

symbol geotypu.	ČSN 731001	Skalní hornina	Pevnost v prostém tlaku σ_c	Klasifikace pevnosti	Přetváření	ν	E_{def}	m
Rozměr	Symbol	-	MPa	-	-		MPa	-
pod počvou vrtů	R5	Zvětralý granodiorit. Hustota diskontinuit extrémně velká	3	velmi nízká	střední	0,25	30	0,3

4.2. Komunikace

Vlastnosti zastižených zemin pro použití do hutněných násypů a jako pláň komunikace podle ČSN 73 6133 – Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací na základě makroskopického popisu a zatřídění hornin uvádí následující tabulka:

tabulka 6 - Zařazení zemin podle vhodnosti do násypů a pro podloží

Symbol geotypu	Název zeminy	ČSN 73 6133	Zařazení do násypů	Pro podloží vozovky (pro aktivní zónu)
Q1	písčitý jíl	F4/CS	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
Q2	jíl	F6/CI	podmínečně vhodná	nevhodná
Q3	jíl	F8/CH	nevhodná	nevhodná
Q4	hlinitý písek	S4/SM	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
Q5	jílovitý písek	S5/SC	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
Q6	štěrk slabě hlinitý	G3/G-F	vhodná	vhodná
Q6	štěrk hlinitý	G4/GM	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
Q6	štěrk jílovitý	G5/GC	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná

Namrzavost zemin je stanovena jen podle makroskopického popisu a zařídění zemin a popsána v následující tabulce.

tabulka 7 - Namrzavost zemin

Symbol geotypu	Název zeminy	ČSN 73 6133	Obsah jemných částic f (%)	Namrzavost zeminy podle obr. 1, ČSN 73 6133
Q1	písčitý jíl	F4/CS	35-65	namrzavé až nebezpečně namrzavé
Q2	jíl	F6/CI	>65	nebezpečně namrzavé
Q3	jíl	F8/CH	>65	vysoce namrzavé
Q4	hlinitý písek	S4/SM	15-35	mírně namrzavé až namrzavé
Q5	jílovitý písek	S5/SC	15-35	mírně namrzavé až namrzavé
Q6	štěrk slabě hlinitý	G3/G-F	<5	nenamrzavé
Q6	štěrk hlinitý	G4/GM	15-35	mírně namrzavé až namrzavé
Q6	štěrk jílovitý	G5/GC	15-35	mírně namrzavé až namrzavé

4.3. Propustnost zemin v podloží

Cílem zrnitostních rozborů odebraných vzorků zemin bylo také předběžné stanovení filtračního součinitele. Filtrační součinitel byl stanoven empirickým způsobem z laboratorně zjištěné křivky zrnitosti metodou dle Hazena a Mallet-Pacquanta. Výsledky jsou souhrnně uvedeny v následující tabulce.

tabulka 8 - Součinitel propustnosti

vzorek	místo odběru	hloubka odběru (m)	Filtrační součinitel dle	
			Hazen	Mallet – Pacquant
188	J1	2,6-2,7	$4,00 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$	$8,00 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$
189	J2	3,0-3,1	$2,25 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$	$5,00 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$
190	J3	2,5-2,6	$3,25 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$	$9,00 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$
191	J3	4,4-4,8	$1,23 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$	$9,00 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$
192	J4	2,5-3,0	$4,00 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$	$1,70 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$
193	J4	5,0-5,5	$1,22 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$	$9,00 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$
194	J5	1,5-1,6	$1,60 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$	$4,00 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$
195	ZEMNÍK A	0,0-3,0	$1,23 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$	$4,5 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$

vzorek	místo odběru	hloubka odběru (m)	Filtrační součinitel dle	
			Hazen	Mallet – Pacquant
196	ZEMNÍK B	0,0-3,0	$2,50 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$
197	ZEMNÍK C	0,0-3,0	$9,00 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$	$2,80 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$

Filtrační součinitel byl uvedenými metodami stanoven hodnotami v řádu 10^{-8} až 10^{-5} m.s^{-1} . Zeminy lze označit jako středně propustné.

5. Podklady pro projekt

5.1. Podloží hráze

5.1.1. Hráz Černoletského rybníku

Poměry v profilu hráze Černoletského rybníku dokumentují sondy J1, J2 a J3. Těleso hráze je založeno na kvartérních sedimentech.

Svrchu pod úrovní základové spáry se jedná o soudržné zeminy geotypu Q1, Q2 charakteru písčitých jílu třídy F4/CS a středně plastických jílu třídy F6/CI. Konzistence těchto zemin je převážně tuhá až pevná, místy však byly zastíženy i zeminy s měkkou konzistencí. Filtrační součinitel těchto zemin se dle uvedených výsledků laboratorních rozborů pohybuje v rozmezí řádu 10^{-8} až 10^{-6} m.s^{-1} . Tyto zeminy jsou málo propustné až nepropustné. Vrstvy těchto zemin, pokud pokračují i dále směrem do zátopy rybníku, mohou tvořit bariéru snižující průsaky do podloží formou návodního těsnícího koberce.

Dále do podloží byly zastíženy nesoudržné, propustné zeminy geotypu Q4, Q5 a Q6 zastoupené hlinitými a jílovitými písky třídy S4/SM, S5/SC a písčitými šterky s rozdílným zastoupením jemnozrnné frakce, zejména třídy G3/G-F a G5/GC. Propustnost hlinitých a jílovitých písků je střední, filtrační součinitel se pohybuje v rozmezí řádu 10^{-6} až 10^{-5} m.s^{-1} . písčité šterky jsou velmi dobře propustné, filtrační součinitel odhadují v rozmezí řádu 10^{-4} až 10^{-3} m.s^{-1} .

Báze kvartérních sedimentů se v prostoru vyhloubených sond nachází na povrchu zvětralého skalního podloží v hloubce 4,5-9,7 metru. To je zde tvořeno zcela rozloženými eluvii granodioritu charakteru ulehých až velmi ulehých hlinitých písků. Díky jejich vysoké ulehlosti je možné očekávat menší propustnost, než by odpovídala méně ulehým zeminám stejného zrnitostního složení.

Zeminy použité na stavbu hráze pravděpodobně pochází přímo z místa nebo z blízkého okolí. Zrnitostní složení těchto zemin je velmi podobná, jako u zemin přirozeně uložených zemin. Z uvedeného důvodu doporučuji stanovené rozhraní mezi hrází a podloží považovat za orientační.

5.1.2. Násyp komunikace přes Benešovský potok

Geologické poměry popisují sondy J4, J5 a J6. Podloží násypu tělesa komunikace zde tvoří zeminy geotypu Q1, Q2 a Q3 ve vývoji písčitých jílu tříd F4/CS, středně plastických jílu třídy F6/CI a vysoce plastických jílu třídy F8/CH. Konzistence těchto zemin byla většinou tuhá až pevná, místy měkká. V sondě J6 byla konzistence jílu tak nízká, že při vrtání došlo k roztažení těchto zemin a ztrátě jádra. V sondě J5 na levém břehu potoka se v podloží hráze naopak nacházela vrstva písčitého šterku třídy G3/G-F. Nelze vyloučit, že zde byla vrstva při sanaci podloží navezena. Podobně jako u hráze rybníka lze i zde předpokládat, že násyp byl budován převážně z místních zemin. Oddělení přirozeně uložených zemin a zemin násypu nemusí být zcela zřetelné.

5.2. Těleso hráze

5.2.1. Hráz Černoleského rybníku

V průzkumných sondách byly v oblasti tělesa hráze dokumentovány zejména soudržné zeminy geotypu R2 a R3 zastoupené písčitými jíly třídy F4/CSY a středně plastickými jíly třídy F6/CIY. Tyto zeminy byly pevné konzistence a nevykazovaly známky nedostatečného zhutnění. V souladu s normou ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže klasifikují tyto zeminy jako velmi vhodné až vhodné pro použití do homogenní hráze. Pro případnou těsnící část nehomogenní hráze bude část zemin limitována požadavkem na hodnotu indexu plasticity, který u některých zemin přesahuje požadovaných 8%. Opětovné použití zemin dnešní hráze do rekonstruované hráze považují za podmíněčně možné za předpokladu, že zeminy budou ve stavu vhodném pro hutnění. Zamezit je nutné zejména zvýšení jejich vlhkosti na mezideponii. Tam doporučují zeminy důsledně chránit proti vniknutí srážkové vody. K tomu obvykle postačí úprava mezideponie tak, aby nevznikla bezodtoká místa, v nichž bude srážková voda vsakovat do tělesa mezideponie, jejíž povrch také doporučují zhutnit alespoň lžící bagru.

Po hrázi rybníku je vedena frekventovaná komunikace. Na povrchu popsáných zemin tělesa hráze byly zastiženy konstrukční vrstvy vozovky charakteru slabě hlinitých písčitých šterků třídy G3/G-FY. Povrch komunikace byl zpevněn asfaltovou balenou drtí, která byla místy položena na původní žulovou dlažbu. Silnice byla v minulosti rozšiřována, vozidla však dnes přesto jezdí po úplném okraji asfaltového povrchu. Na okrajích hráze jsou místy patrná místa, kde v minulosti došlo k malému povrchovému sesuvu zeminy a poklesu vozovky. K minimalizaci takových poruch je novou vozovku nutné navrhnout tak, aby zemina za okrajem vozovky měla dostatečnou hmotnost, které by odolávala účinkům vodorovných sil zapříčiněných pohybem těžkých vozidel. Variantou je také možnost využití například armovaných svahů nebo opěrných zdí.

Při hutnění nové hráze doporučují postupovat po vrstvách s mocností 20 až 30 centimetrů. Povrch každé vrstvy by měl být upraven do takového příčného spádu, aby zabezpečil odvedení srážkové vody. Před položením další vrstvy musí být z povrchu odstraněna rozbahněná, přesušená či zmrzlá zemina. Aby došlo k řádnému zhutnění celého profilu hráze, doporučují nasypání tělesa hráze v profilu o cca 50 cm širším na obě strany. Po zhutnění zeminy dojde na závěr k odtěžení nezhuťnutého povrchu na požadovanou úroveň tvaru tělesa hráze. Těleso hráze je nutné hutnit tak, aby došlo ke zhutnění na minimálně 95 % hodnoty stanovené zkouškou Proctor standard. Vlhkost zpracovávaných zemin se nesmí lišit od optimální vlhkosti ze zkoušky o -2% až +3%. V tělese hráze není přípustné ukládat organické zbytky a zeminy se silnou organickou příměsí, vegetací či jejími zbytky.

5.2.2. Násyp komunikace přes Benešovský potok

Z popisů sond J4, J5 a J6 je patrné, že významnější část tělesa násypu mohou tvořit nesoudržné šterkovité zeminy třídy G3/G-FY až G5/GCY. Komunikace zde přechází přes nivní prostor Benešovského potoka. Při jeho stavbě byl jistě kladen důraz na stabilitu celého násypu. Mimo objekt tubosiderového propustku je možné v podloží násypu očekávat také vrstvu nesoudržných zemin s malou kapilární výškou zabraňující vztlínání vody do tělesa komunikace a umožňujícím prosakování podzemní vody pod tělesem násypu.

V případě budování hráze malé vodní nádrže v oblasti stávajícího silničního násypu doporučují tento odstranit a navázat jako novou stavbu. Využití zemin popsáných v tělese násypu bude případně velmi omezené a podmíněčné.

5.3. Zemník

Pro stavbu hráze malých vodních nádrží objednatel vytipoval část mezideponie zeminy umístěné v areálu Žižkových kasáren v Benešově.

Ve svazích deponie zemin byly z mělké, ručně vyhloubené rýhy odebrány tři technologické vzorky. Ze zrnitostního rozboru vyplývá, že se jedná o hlinité písky třídy S4/SM, které jsou dle ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže vhodné pro použití do homogenních hrází nebo do těsnicích částí hrází nehomogenních. Ze zkoušek zhutnitelnosti Proctor standard vyplývá, že přirozená vlhkost odebraných vzorků zemin byla velmi blízko příslušné optimální vlhkosti. K zabezpečení této vlhkosti doporučuji upravit povrch mezideponie tak, aby srážková voda nemohla pronikat do jejího tělesa.

5.4. Zemní práce

Svahy stavební jámy se dnem nad hladinou podzemní vody a maximální hloubkou dva metry je možné na přechodnou dobu upravit do následujících maximálních sklonů.

tabulka 9 - Sklony svahů

popis	sklon
písčitý jíl	1 : 0,5
jíly	1 : 0,5
hlinitý písek	1 : 1
jílovitý písek	1 : 1
písčitý štěrk	1 : 1,5
písčitý štěrk jílovitý	1 : 1

Svahy hlubších stavebních jam je nutno individuálně posoudit statickým výpočtem.

Průzkumnými sondami byly do konečné hloubky sond zastíženy zeminy s těžitelností klasifikovanou dle zrušené normy ČSN 73 3050 – Zemní práce třídou 2.-3. Vyšší třídou těžitelnosti lze označit povrchové vrstvy zpevnění vozovek, případně také stávající stavební objekty.

6. Závěr

Inženýrskogeologický průzkum pro rekonstrukci a stavbu hrází malých vodních nádrží v lokalitě Černoleského rybníku jsem vyhodnotil z poznatků získaných ze šesti jádrových vrtů, prohlídky mezideponie zemin uvažovaných k využití pro stavbu a výsledků laboratorních rozborů zemin a vody.

V textu zprávy jsou uvedena doporučení k návrhu založení stavby a využití zemin stávajících násypů.

V případě, že budou v průběhu stavebních prací zjištěny skutečnosti, které nevyplývají z předložené zprávy, doporučuji kontaktovat jejího zpracovatele.

Pro stádium výstavby doporučuji provedení kontroly míry zhutnění násypů tělesa hráze a komunikací.

V Křemži dne 12.09.2022

Zpracoval: Ing. Martin Janda