

# **ING. LUDĚK BARTOŠ**

*znalec v oboru stavebnictví:*

*odvětví různá, specializace seismické účinky technických otřesů a trhací práce*

602 00 Brno, Nerudova 322/8

tel. +420 602738407

e-mail : [ludекbartos@volny.cz](mailto:ludেকbartos@volny.cz)

[www.seismika-bartos.cz](http://www.seismika-bartos.cz)

IČO: 12700134

DČ: CZ350520409

---

## **Z N A L E C K Ý   P O S U D E K**

ČÍSLO POSUDKU : **03/2022**

ZNALEC: Ing. Luděk Bartoš, Nerudova č. 322/8, 602 00 Brno - Veverčí,  
IČO 12700134

OBOR A SPECIALIZACE:

obor stavebnictví – stavební odvětví různá, specializace  
seismické účinky technických otřesů a trhací práce".

PŘEDMĚT : VD Lipno I – levobřežní vstup do hráze,  
Návrh trhacích prací

ZADAVATEL : POVODÍ VLTAVY , státní podnik  
Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5 – Smíchov

OBJEDNÁVKA: zn. PVL-17473/2022/711 ze dne 7.3.2022 č.stavby 510

DATUM: 7. dubna 2022

POČET VÝTISKŮ: 4x

POČET STRAN: 33

PŘÍLOHY : počet 9 (seznam na str. 32 posudku)

Výtisk č.:

## OBSAH

	Zadání posudku	str.3
1.	Základní údaje o stavbě	str.4
2.	Technické řešení	str.4
3.	Geologické poměry v založení hráze	str.5
4.	Horninové podmínky v profilu ražby	str.6
5.	Projektovaný postup ražby a odtěžení svahu s možností použití TP	str.7
6.	Charakteristika parametrů výbuchu v horninovém prostředí	str.8
7.	Výpočet pásma porušení horniny	str.8
8.	Seismické kritérium posouzení stupně porušení horninového masivu	str.10
9.	Opatření k omezení porušení horninového masivu	str.11
10.	Speciální technologie rozpojování hornin	str.12
11.	Stanovení přípustných hodnot dynamického zatížení objektů VD od TP	str.15
12.	Zvláštní posouzení objektů VD	str.18
13.	Stanovení příp. zatížení pro betonové konstrukce ve výstavbě v souběhu s TP	str.19
14.	Tlakovzdušné účinky trhacích prací	str.19
15.	Hygienické limity hluku v chráněném prostoru staveb a venkovním prostoru	str.20
16.	Výpočet náloží	str.22
17.	Výpočet izoseist	str.24
18.	Výpočet bezpečných vzdáleností – izocharg	str.24
19.	Stanovené mezní nálože pro stavbu	str.25
20.	Návrh technologie trhacích a rozpojovacích prací	str.25
21.	Návrh vrtných schémat	str.27
22.	Měření seizmických a akustických účinků	str.29
23.	Bezpečnostní opatření	str.30
24.	Stanovení podmínek k ochraně práv a právem chráněných zájmů	str.30
25.	Závěr	str.31
	Přílohy – seznam	str.32
	Doplňující údaje ke znaleckému posudku	str.33

## ZADÁNÍ POSUDKU

Podle objednávky POVODÍ VLTAVY, st.p. zn. PVL-17473/2022/711 ze dne 7.března 2022 vypracoval jsem tento posudek „Návrh trhacích prací“ pro stavební akci: VD Lipno I – levobřežní vstup do hráze.

Předmětem posudku je stanovení omezujících podmínek a návrh trhacích prací s respektováním bezpečnosti všech objektů a zařízení vodního díla, vůči vlivu a působení nežádoucích účinků odstřelů.

Posudek je vypracován s použitím norem, literatury a dalších podkladů:

1. Závěrečná zpráva o výsledcích inženýrsko-geologického průzkumu prostoru předpokládané výstavby levobřežního vstupu do hráze vodního díla Lipno I, KlaGeo, s.r.o. 03/2021
2. Stavba : Lipno I – levobřežní vstup do hráze, stavební dokumentace DUR, Vodní díla-TBD, a.s. 09/2018
3. Česká technická norma ČSN 730040 „Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva“. (v platnosti od 04/2019).
4. ČSN EN 1991-1-7 (730036), Eurokod 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádní zatížení
5. Technické podmínky výstavby metra " Trhací práce a kontrola jejich nežádoucích účinků " L. Bartoš
6. "Technické podmínky pro zavedení technologie řízeného výlomu na stavbě metra", edice VUIS č.217/1986, L. Bartoš
7. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
8. Zákon ČNR č. 61/1988 Sb. o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě , ve znění Zákona ČNR č. 425/1990 Sb a zákona ČNR č. 542/1991/Sb – ve znění pozdějších předpisů.
9. Vyhláška ČBÚ č. 72/1988 Sb. o výbušninách, ve znění Vyhl. ČBÚ č. 173/1992 Sb. o používání výbušnin - ve znění pozdějších předpisů “.
10. Brothánek I. Voda J : Trhací práce s řízeným výlomem, SNTL, 1981
11. Henrych J.: Dynamika výbuchu a její užití, ACADEMIA 1973
12. Technologický postup dolamování skalního podloží – DC Vinohradská, Praha 2, Petr Mikula, 2018.
13. Posudek trhacích prací pro technologii mikroodstřelů v betonových konstrukcích strojovny prováděných při rekonstrukci MVE Římov, L. Bartoš, 12/2010.
14. Výsledky seizmických měření technologie mikroodstřelů – VD Římov, 03 – 04/201 Bartoš - Enginering

S použitím uvedených podkladů a po prostudování projektové dokumentace jsem vypracoval tento

## POSUDEK

### 1. Základní údaje o stavbě

Stavební pozemek a budoucí staveniště se nachází v levobřežním zavázání hráze VD Lipno I. Staveniště je dostupné z komunikace II. třídy č. 136 vedoucí po koruně hráze VD Lipno a místní komunikace na pozemku parc.č. 592/1

Vodní dílo Lipno I bylo uvedeno do provozu v roce 1959. Vzdouvací objekt je tvořen sypanou zemní hrází, v levobřežním zavázání kombinovanou s betonovou tížnou částí. Zemní část hráze je těsněna návodním jádrem z písčitých sprašových hlín. Gravitační betonová část hráze na levém břehu je složena z osmi tížných bloků založených do relativně zdravého skalního podloží.

Technické údaje:

- kóta koruny hráze - 728,62 m n.m.
- délka betonové části hráze - 87,9 m
- šířka komunikace na koruně hráze - 7,0 m
- maximální výška tížné betonové části hráze nad základovou spárou - 38,0 m

V betonové části hráze jsou umístěny funkční objekty - dva bloky spodních vypustí a přelivů, odběrný objekt průmyslového vodovodu a MVE. Zdivo hráze je rozděleno průběžnými dilatačními spárami na osm bloků. Bloky č. 1 až 5 jsou široké 12,5 m, blok č. 6 pak 13,0 m, blok č. 7 v koruně 13,5 m. Délka nultého bloku zavazujícího hráz do úbočí levého břehu byla zkrácena na základě vyhovujících geologických poměrů, zjištěných během realizace VD. Do horninového masívu je blok č. 0 je zavázán betonovým čelem.

Cílem realizace nového vstupu do střední revizní chodby z levého zavázání je zlepšení přístupnosti vnitřních prostor hráze pro obsluhu vodního díla a s tím spojené lepší podmínky pro údržbu technologických zařízení hráze, manipulace, provádění obchůzek, měření a sledování TBD

### 2. Technické řešení

Pro operativní přístup do vnitřních prostor gravitační části hráze je navrženo vybudování nového vstupu do hráze z levého zavázání, který bude navazovat na stávající střední revizní chodbu v bloku č. 0. Pro spojení s revizní chodbou je třeba vybudovat přístupovou šachtu se schodištěm a přístupovou štolu s použitím trhačích prací podle zásad NRTM.

Přístupová štola šířky 1,8 m a výšky 2,2 m bude klasického tvaru s klenutým stropem a délky ražení v ose cca 16,8 m. Z této chodby bude proveden průraz v délce cca 1,4 m ze stávající střední revizní chodby. Průraz bude obdélníkového profilu šířky 1,2 m a výšky 2,2 m.

Přístupová šachta vnitřních rozměrů 2,5 x 2,5 m a hloubky cca 8,5 m bude situována v levobřežním svahu nad komunikací od koruny hráze k provozní budově. Vstup do šachty bude ze vstupního objektu (domku) situovaného přímo nad šachtou.

Při stavební akci bude nutné zajistit stabilitu levobřežního svahu nad komunikací stavbou opěrné stabilizační zdi výšky do 4 m a rozšířením vozovky s parkovacím stáním.

Stavba je navržena o základních parametrech:

- Délka přístupové štoly v ose celková: 18,2 m
- Délka průrazu v bloku ze stávající chodby: 1,4 m
- Hloubka šachty (světla): 7,9 m
- Hloubka šachty při ražbě 8,5 m
- Maximální výška vstupního objektu: 18,2 m
- Délka ražby přístupové štoly v ose: 16,8 m
- Podélný sklon přístupové štoly: cca 6 %
- Podélný sklon průrazu ze střední chodby: 1 %

### **3. Geologické poměry v založení hráze**

Vodní dílo Lipno leží na horním toku Vltavy, při severním okraji centrálního žulového komplexu moldanubika při jeho kontaktu s krystalickými, regionálně metamorfovanými horninami. Hlavními geologickými jednotkami jsou zde krystalinikum, žuly centrálního masivu a pokryvné útvary. V oblasti vodního díla tvoří skalní podloží nejmladší tzv. eisganrský granit.

Založení gravitačních bloků hráze při levém svahu údolí bylo zdůvodněno malou mocností pokryvu, několika výchozy poměrně zdravé žuly na svahu a menší hloubkou skalního podkladu v této části údolního dna. Výkopy potvrdily převážně správnost předpokladů průzkumu. Gravitační hráz na levém břehu je založena zdravé dvojslídne žule. Skalní povrch byl kryt průměrně čtyřmetrovou vrstvou svahových a solifunkčních blokových sutí. Po odstranění balvanitých sutí a navětralého povrchu skalního podloží bylo dosaženo čerstvé a kompaktní horniny. Poslední vrstva výkopů základu (50-80 cm) byla prováděna ručně pomocí klínů a palic s použitím krátkých vrtů a malých náloží. Ve výlomu jednotlivých bloků byla základová spára očištěna, převzata a dokumentována. Současně byly rozvrženy krátké fortifikační vrty k vyplnění a utěsnění výrazných a otevřených puklin v základu. Po jejich odvrtání a napojení injekčních trubek byla spára zabetonována první vrstvou a pak vrty proinjektovány cementovým mlékem 1:3 tlaky do 0,2 MPa. Základ byl v celém rozsahu tvořen kvalitní, lavicovou a blokovitou žulou.

Po provedení fortifikačních vrtů byla pod gravitační hrází provedena jednořadá injekční clona. Injekční vrty byly provedeny jako jádrové průměru 80 mm z úrovně injekční chodby svisle do hloubky 10-12m v prvním pořadí ve vzdálenostech 2,5 až 3m. Z úrovně bloku č. 0 byly provedeny šikmé vrty do úbočí. Po provedení vodní tlakové zkoušky byla prováděna injektáž. V druhé fázi se provedly injekční vrty ve středech mezilehlých vzdáleností.

Zdivo hráze je rozděleno průběžnými dilatačními spárami na osm bloků (číslovaných 0 – 7). Bloky č. 1 až 5 jsou široké 12,5 m, blok č. 6 13,0 m, blok č. 7 v koruně 13,5 m. Délka nultého bloku zavazujícího do úbočí levého břehu byla zkrácena na základě vyhovujících geologických poměrů, zjištěných během provádění z 12,5 m na průměrnou šířku 5,5 m. Blok č. 0 je zavazující přibetonovaný svým čelem přímo ke skále. Na návodní straně mezi lícem a skalním výlomem je obsypaný těsnicí zeminou. Na vzdušné straně je přibetonován k pilíři provizorního vzpěradlového mostu, zřízeného během výstavby na levobřežním sjezdu. Prostor mezi lícem výše zmíněného pilíře a skalním výlomem na vzdušné straně byl nasypán hutněnou zeminou bez požadavku na těsnicí účinek. Tento blok výšky 10 – 12,5 m, byl betonován jako poslední až po dosypání zemní hráze.

## **4. Horninové podmínky v profilu ražby**

### **Petrografická stavba horninového masívu**

Skalní masív je v posuzovaném prostoru budován krystalickými, vyvřelými horninami moldanubického plutonu (eisgarnsky granit). Z petrografického hlediska se jedná o dvojslídnu (muskovit-biotitickou) žulu světle béžového zabarvení, s jemným narůžovělým nádechem, nevýrazně skvrnitou, hrubozrnné struktury s vyrostlicemi tence tabulkovitého draselného živce.

Ve vrtu J1, umístěném zhruba v prostoru zahloubení vstupní šachty, byla zastižena slabě navětralá žula třídy (R3), v hlubších partiích masívu (R2-R3, GT2c). Relativně zdravý horninový masív byl zastižen rovněž za betonovou obezdívkou v subhorizontálním vrtu J3.

Ve vrtu J2, provedeném z vozovky byla pod konstrukčními vrstvami (asfalt, hrubozrnný makadam) zastižena poloha zcela rozložené žuly (R6, GT2a) rozpadající se až na hrubozrnný písek a drobný ostrohranný štěrk, postupně přecházející do zvětřalého až silně navětralého masívu (R4- R5, GT2b). Od hloubky cca 3 m je horninový masív budován pevnou celkově slabě zvětřalou až zdravou žulou. Lze tedy konstatovat, že zahloubení vstupní šachty i přístupové chodby levobřežního vstupu bude probíhat v podmínkách relativně zdravého a pevného masívu třídy R2-R3.

### **Tektonické podmínky**

V průzkumných vrtech nebylo zaznamenáno výraznější tektonické porušení horninového masívu. Z okolních skalních výchozů je zřejmé, že horninový masív je porušen trhlinami soustředěnými do třech vzájemně kolmých systémů ploch nespojitosti, určujících jeho blokovitou strukturu. Systém „A“ ploch nespojitosti probíhá ve směru cca JV-SZ se sklonem k JZ, a je zhruba souběžný se směrem ražby vstupní chodby. Odlučné plochy systému „B“ ploch nespojitosti se sklání v JV směru. Diskontinuity těchto systémů jsou vcelku strmě ukloněné – upadají ve sklonech cca 60 - 80°. Systém „C“ ploch odlučnosti probíhá subhorizontálně až mírně šikmo a podmiňuje lavicovitou odlučnost horninového masívu.

Trhliny v jednotlivých systémech jsou převážně sevřené až rozevřené v řádu prvních mm. Stěny odlučných ploch jsou drsné, planární a mírně zazubené.

Prostorová orientace jednotlivých systémů ploch nespojitosti je z hlediska ražby vstupní chodby příznivá, přesto při návrhu způsobu ražby a zajištění stěn výrubu je nutné uvažovat s možností vypadávání horninových bloků různé velikosti, zejména z oblasti záklenku štol.

### **Hydrogeologické podmínky**

Hydrogeologické podmínky posuzované oblasti jsou určovány především blízkostí vodní nádrže, klimatickými podmínkami (množstvím atmosférických srážek) a stavbou horninového masívu. Horninový masív představuje prostředí s puklinovou propustností. Množství a intenzita průsaků jsou přitom určovány intenzitou rozpukání masívu a rozevřením trhlín. V minulosti byl skalní masív v přehradním profilu těsněn injekční clonou, tuhá cementová směs byla zastižena ve výplni trhlíny ve vrtu J2. Vstupní šachta a prakticky celý úsek přístupové chodby jsou umístěny na vzdušní straně za teoretickou osou injekční clony. Větší část průsaků do výlomu podzemních děl lze tedy očekávat z prostoru levého údolního svahu. Proto se doporučuje ražbu levobřežního vstupu provádět v podmínkách snížené hladiny v nádrži pod kótu cca 720 m.n.m. Množství běžných přítoků do výrubu lze očekávat, maximálně v řádu prvních l/s.

## **5. Projektovaný postup ražby a odtěžení svahu s možností použití trhacích prací**

V projektové dokumentaci jsou podmínky možného použití trhacích prací stanoveny pro stavební objekty SO 01 a SO 02 v obecnější rovině, s odkazem na konkrétní způsob jejich řešení podle podmínek tohoto posudku.

### **SO 01 – Vstup do hráze**

Před zahájením stavby samotného vstupu do hráze bude provedeno odtěžení svahu v místě přístupové šachty a opěrné zdi s postupným zajištěním svahu až na úroveň komunikace. Tyto práce budou prováděny jako součást SO 02 – Zajištění svahu.

Přístupová šachta bude situovaná u paty svahu. Osa šachty bude cca 15 m od osy hráze směrem po toku. Hloubena bude pravděpodobně zpočátku ve svahové suti, v narušeném skalním masívu a dále v kompaktní podložní hornině (žula). Při hloubení šachty bude provedeno její provizorní vystrojení. Do šachty lze předpokládat přítoky svahové vody. Na dně šachty bude provizorní jímka pro čerpání průsaků během ražby.

Při hloubení šachty bude možno využít *trhacích prací (předpokládané délky záběrů cca 0,5m)*. Vnější stavební rozměry šachty jsou 3,2 x 3,1 m.

Z přístupové šachty bude ražena přístupová štola směrem k návodnímu líci a čelu bloku č. 0. Ze dna šachty bude provedena rozrážka a ražba štol. Štola bude ražena jako mírně úpadní ve sklonu cca 6 % směrem k nádrži. Předpokládá se ražba převážně v žulovém masívu.

Při ražbě štolky bude možno využít *trhacích prací* (předpokládané délky záběrů cca 0,5m). Postupem štolky směrem k návodnímu líci bude ražba prováděna *bez použití trhacích prací* (např. pomocí sbíjecích kladiv a hydraulických trhacích klínů „DARDA“), nebo v režimu „opatrné trhací práce“ (malé délky záběrů až 0,25 m, více nenabíjených obrysových vrtů, malé nálože, atp.). Štola bude provizorně vystrojena. Profil ražené štolky je cca 7,6 m<sup>2</sup>.

Přístupová štola bude zakončena čelbou. Zde bude na levé straně z boku štolky provedena rozrážka pro propojení s revizní chodbou v bloku č. 0. Propojení se předpokládá *bez použití trhacích prací*. Propojovací štola délky cca 1,5 m bude vedena převážně v betonu bloku č. 0. Pro vybourání otvoru doporučujeme jádrové obrysové vrty a proříznutí diamantovým lanem. Vnitřní profil propojovací štolky (chodby) bude obdélníkový výšky 2,20 m a šířky 1,20 m. Sklon štolky bude cca 1 % směrem k bloku č. 1.

Dále bude provedena definitivní obezdívka přístupové štolky a šachty. Tyto konstrukce budou tvořit samostatné dilatační celky, že vzniknou dilatační spáry mezi blokem č. 0 a přístupovou štolou a mezi štolou a šachtou. Nové konstrukce budou odvodněny směrem do hráze. Provizorní čerpací jímka na dně šachty bude zrušena.

Při ražbě může dojít k lokálnímu poškození těsnosti injekční clony. V profilu původní injekční clony na konci přístupové štolky bude proto provedena její obnova. Ta bude provedena formou injekčního vějíře.

## SO 02 – Zajištění svahu

Zajištění svahu bude provedeno opěrnými zdmi po odtěžení horniny ve svahu. Odtěžení části svahu bude pravděpodobně prováděno zpočátku ve svahové suti, a dále v narušeném skalním masivu. Odtěžení svahu se předpokládá *bez použití trhacích prací, následně u již kompaktního horninového masivu např. pomocí sbíjecích kladiv nebo hydraulických trhacích klínů „DARDA“, nebo v režimu „opatrné trhací práce“.*

Svah bude provizorně zajištěn nabetonávkou stříkaným betonem na ocelovou výztuž. Na líc provizorního zajištění bude provedena obkladová zeď.

U pomocné opěrné zdi situované mezi koncem hlavní opěrné zdi u podesty stávajícího schodiště a stávající zídou v patě svahu se nepředpokládá zastižení masivního skalního podloží.

## 6. Charakteristika parametrů výbuchu v horninovém prostředí

Po iniciaci nálože se šíří trhavinou detonační vlna. Tlak výbuchových zplodin dosahuje v tomto okamžiku řádově 10<sup>3</sup> až 10<sup>4</sup> MPa, kdežto pevnost horniny dosahuje řádově 10<sup>2</sup> MPa. V okolí nálože je hornina rozdrčena a silně stlačena. Pohybem elementů horniny se vytvoří silně deformovaná zóna proniknutá zakřivenými skluzovými plochami. Tuto zónu označujeme jako oblast tangenciálních trhlin nebo drcení.



Rázová vlna, charakterizovaná skokovou změnou parametrů na čele vlny se šíří rychlostí převyšující asi 20% rychlost zvuku v hornině. Poklesem rychlosti přechází tato vlna ve vzdálenosti cca 10  $r_0$  (poloměr táhle nálože ve vrtu) v napětěvou vlnu. Napětěová vlna ve vzdálenosti asi 200  $r_0$  přejde plynule v seizmickou vlnu, šířící se dále do okolního masivu.

Po průchodu napětěové vlny je masiv krátkodobě v kvazistatickém napětěovém stavu vytvořeném jak průchodem této vlny, tak i tlakem plynů, přičemž vlastní napětěová vlna z této doby působí jen několik desítek  $\mu s$ , což je o 2 až 3 řády méně než napětěová fáze vyvolaná tlakem plynů.

S růstem vzdálenosti od nálože se velmi rychle snižuje energie vln, až v jisté vzdálenosti tlakové napětí v čele vlny klesne pod  $\sigma_{TL}$  (pevnost v tlaku MPa). V tomto okamžiku se změní typ rozrušování prostředí. V horninách s malou sítí diskontinuitních porušení skluzové plochy mizí a struktura hmoty se v podstatě zachovává, kdežto u porušených hornin dochází ještě k dalším posunům podle odlučných ploch. Vlna napětí šířící se dále vyvolává radiální posuny částic prostředí, kterými vznikají tangenciální tahová napětí, jež z počátku převyšují  $\sigma_{TH}$  (pevnost v tahu MPa). Následkem toho se od hranice oblasti drcení šíří horninou radiální trhliny, dokud tangenciální napětí neklesne pod  $\sigma_{TH}$ . Jen porušené horniny se podle stupně rozrušení mohou rozšířit dále. Tato zóna se označuje jako oblast radiálních trhlin.

Vně této oblasti již nevznikají nové trhliny a energie vln se spotřebuje na deformace masivu, v tzv. pásmu pružných deformací (otřesení) až do vzdálenosti cca 100  $r_0$ . V tomto pásmu se rozevírají mikrotrhliny, bloky se pohybují po skluzných plochách, po sobě a na povrchu masivu vznikají tzv. zátrhy.

Existence volné plochy v dosahu působnosti nálože popsaný mechanismus podstatně mění, což v praxi (i v posuzovaném případě) znamená, že stanovená pásma rozrušení budou menší, tj. na straně vyšší bezpečnosti stanovených vzdáleností pásma porušení masivu.

## 7. Výpočet pásma porušení horniny

Orientační výpočet předpokládané sféry porušení horninového masivu trvalými deformacemi od trhačích prací je proveden se záměrem k návrhu řešení odstřelů na linii odlomu a ke stanovení sféry rozvolnění horniny (resp. i betonového zdiva) nebo rozsahu nadvýlomů.

Rozsah porušení je úměrný rychlosti šíření objemových vln způsobených detonací výbušniny v daném prostředí. Vychází se z hodnot rychlosti šíření objemových podélných a příčných vln.

Předpokládané rychlosti šíření v podmínkách lokality:

podélných vln	$c_p = 4200 \text{ m/s}$
příčných vln	$c_s = 2400 \text{ m/s}$

Pro poloměr zóny drobení horniny se uvádí vztah :

$$R_D = (c_s/c_p)^{1/2} \cdot m_{j,n}^{1/3}$$

Poloměr zóny tvorby trhlin se stanoví ze vztahu :

$$R_T = (c_p/c_s)^{1/2} \cdot m_{j,n}^{1/3}$$

Výpočet poloměrů pásma narušení horniny za linií odlomu podle rychlosti šíření detonačních vln v horninovém prostředí:

m (kg)	Poloměr pásma (dosah porušení) - m	
	Drobení horniny ( $R_D$ )	Tvorba trhlin ( $R_T$ )
0,1	0,35	0,61
0,2	0,44	0,77
0,3	0,50	0,88
0,4	0,56	0,97
0,5	0,60	1,05
1,0	0,75	1,30
2,0	0,95	1,66

m – hmotnost nálože ve vrtu v délce odpovídající 10 D

D – průměr náložky (vrtu).

h – hutnota plastické trhaviny  $h=1,3 \text{ kg/dm}^3$  (pro přepočet hmotnosti nálože)

Tvorba trhlin je ovlivněna tektonikou a odlučností horniny (diskontinuitními plochami), nebo podstatně redukována spárou vytvořenou speciálními technologiemi při ražení tj. presplitovým odstřelem vytvořená štěrbina, ovtáním profilu volnými vrty, spárou po odříznutí bloku betonu diamantovým lanem apod.

## 8. Seismické kritérium posouzení stupně porušení horninového masivu

Stupně poškození masivu při různých rychlostech kmitání uvádí tabulka:

Rychlost kmitání v (mm/s)	Poškození
$\leq 200 \text{ mm/s}$	Beze škod
300 až 500	Neznamenatelné rozevírání trhlin, ojedinělé výpadky hornin oslabených trhačskými pracemi při ražení
500 až 1000	Intenzivní rozevírání starých trhlin a zátrhů, drobné vývaly do 0,2 x 0,2 m, nové trhliny v měkkých výplních poruch
1000 - 1500	Rozevírání sevřených tektonických trhlin, zátrhy a střední vývaly do 0,5 x 0,5 m z oslabených partií

Výpočet rychlosti kmitání v závislosti na hmotnosti nálože umístěné v masivu :

Lp(m)	K	Nálož m <sub>jn</sub> (kg) při rychlosti kmitání u(1) (mm/s)						
		30	60	100	150	200	300	500
1	1200	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,17
1,5	1000	0,00	0,01	0,02	0,05	0,09	0,20	0,56
2	920	0,00	0,02	0,05	0,11	0,19	0,43	1,18
2,5	850	0,01	0,03	0,09	0,19	0,35	0,78	2,16
3	780	0,01	0,05	0,15	0,33	0,59	1,33	3,70
3,5	730	0,02	0,08	0,23	0,52	0,92	2,07	5,75
4	680	0,03	0,12	0,35	0,78	1,38	3,11	8,65
5	600	0,06	0,25	0,69	1,56	2,78	6,25	17,36
6	530	0,12	0,46	1,28	2,88	5,13	11,53	32,04
7	470	0,20	0,80	2,22	4,99	8,87	19,96	
8	420	0,33	1,31	3,63	8,16	14,51		
9	380	0,50	2,02	5,61	12,62	22,44		
10	350	0,73	2,94	8,16	18,37			

## 9. Opatření k omezení porušení horninového masivu

K omezení dosahu tvorby trhlin se doporučují použít nálože odlehčené, případně odstíněné. K podstatnému omezení vzniku trhlin za líc odlomu se používá ovtřání profilu díla vrty malých profilů (cca 30 až 40 mm) s roztečemi (cca 15 až 20 cm) . Jedná se o perforační odstínění účinků detonační vlny k usměrnění a vývoji trhlin do volného prostoru vrtů. Vrty se zhotovují za linií předobrysových nabíjených vrtů na mocnost tlumící vrstvy (30 až 40 cm) podle vrtného profilu a dle horninových podmínek.

Pro realizaci řízeného výlomu ve skalním odřezu svahu nejsou horninové podmínky (blokovitá struktura, tektonické porušení) na stavbě optimální i vzhledem k malému objemu odtěžované horniny. Přesto trhačí práce s oslabenými náložemi a větším spolupůsobením náloží v řadě před obrysovou plochou odřezu mohou příznivě ovlivnit tvorbu nadvýlomů. Po odtěžení zvětralé a porušené horniny je i předpoklad možné realizace presplitové štěrbiny před obrysovou plochou odřezu horninového bloku (viz ideový návrh odstřelu v příloze č.8)

Při ražení štoly v mírně zvětralé až zdravé žule bez významnějších diskontinuitních ploch je předpoklad možné realizace řízeného výlomu v obrysu díla. Další možností zpřesnění výrubního profilu je v úpravě vrtného schéma na linii obrysu zmenšenými roztečemi vrtů (cca 20 cm) a sníženou hutnotou náloží v závislosti na délce záběru, čímž by se snížila pravděpodobnost vyjždění bloku horniny ze záklenku štoly.

K zajištění ochrany betonového bloku hráze před vznikem trvalých deformací a k eliminaci ořesových účinků se navrhuje ovtření obvodu levé strany štoly (maloprofilovými vrtvy).

#### Doporučení respektující ochranu budované těsnicí clony

K vyloučení tvorby trhlin od náloží do prostoru vrtů injekční clony se stanovuje ochranné pásmo 2,0 m, odpovídající limitní vzdálenosti použití trhacích prací při ražení přístupové štoly v režimu „opatrné trhací práce II“.

#### Prostup štoly betonovým zdivem

K vytvoření prostupu štoly betonovým zdivem bloku č. 0 lze použít ovtření maloprofilovými vrtvy v celém obvodu. Rozpojování vnitřního zdiva může komplikovat armaturní výztuž, předpokládá se s použitím sbíjecích kladiv, vrtáním nebo s použitím klínů Darda,

Prořez betonového či železobetonového zdiva obvodovým vrubem diamantovým lanem je spolehlivou technologií přesného odlomu a vylučuje poškození zůstávajícího bloku zdiva.

Použití technologie mikroodstřelů k rozpojení vnitřního betonového zdiva s využitím obvodového prořezu diamantovým lanem je vyjímečnou technologií, která byla úspěšně odzkoušena na VD Římov a navrhuje se jako alternativní možné řešení (13,14).

## **10. Speciální technologie rozpojování hornin**

### **10.1 Řízený výlom**

Zpřesnění linie výrubu v přístropí štoly nebo k odřezu svahu a k omezení větších nadvýlomů v příznivých geologických podmínkách (bez tektonického porušení a výrazných odlučných ploch aj.) lze dosáhnout řízeným výlomem. K jeho realizaci jsou stanoveny obecné zásady, které vyžadují konkrétní zpřesnění pro podmínky stavby - in situ.

Pokud nejsou tyto předpoklady splněny lze pro dočasnou stabilitu odlomu v hornině a k omezení nadvýlomů aplikovat základní podmínky této technologie - použití zkrácených roztečí vrtů v obrysu, oslabené nálože ve vrtech a přesnost vedení vrtů podle profilu díla.

Základní a zobecňující podmínky pro aplikaci této technologie na podzemních stavbách jsou stanoveny v "Technických podmínkách pro zavedení technologie řízeného výlomů na stavbě metra" ( 6).

#### Metody řízeného výlomů dělíme takto:

a) bez použití trhacích prací, tj. ovtřením

b) s použitím trhacích prací :

- před odstřelem k vytvoření spáry (štěrbiny) mezi obrysovými vrtvy, tzv. „presplit“
- při vlastním odstřelu s iniciací náloží v obrysu v poslední fázi časovaného roznětu – tzv. „hladký odstřel“.

Podmínky a parametry řízeného výlomu:

- 1) Presplitové předstřelení je náročnější na přesné vedení vrtů, vyžaduje hustější vrtné schéma a ověření řadou zkušebních odstřelů v případě realizace.
- 2) Vrtný profil se doporučuje volit v rozmezí 40 až 45 mm.
- 3) Rozteče vrtů na obrysové ploše stanovit v rozmezí 12 až 15 d (d = profil vrtů), nebo podle postupu na hodnotu  $l = 0,5 R$  (záběr)
- 4) Dodržet přesnou paralelitu vrtů v obrysu, s úhlovou tolerancí do 3 %.
- 5) Ucpávku volit krátkou, ústřovou v délce 15 až 30 cm. Při konstrukci nálože na dřevěné laťce není třeba provádět ucpávku.
- 6) Linie nabíjených vrtů při horním obrysu musí být upravena podle geologické skladby horniny tak, aby nedocházelo k větším nadvýlomům (podle vyhodnocení přesnosti výrubu předešlého odstřelu).
- 7) Ve zhoršených geologických podmínkách a při tvorbě nadvýlomů nad 50 cm, trhací práce při horním obrysu, zejména v místech jejich vytváření neprovádět. V těchto podmínkách se doporučuje k dosažení přesnější linie obrysu použít vodící vrty nebo technologii ovtřání (nenabíjené vrty o roztečích 20 až 30 cm), trhací práce realizovat pouze v předobrysových vrtech a v zůstávající ploše výrubu.
- 8) Maximální nálože trhaviny v obrysových vrtech se stanoví pro konkrétní podmínky a stavební dílo – v projektu trhacích prací a dle vrtného schéma
- 9) Měrná spotřeba trhaviny na obrysové ploše se doporučuje max. 0,5 až 0,7 kg/m<sup>2</sup>. Při použití plastických trhavin se doporučuje použití odstínění nálože vůči masivu (konstrukce na dřevěné lati) nebo volit její odlehčení (krátkou ústřovou ucpávkou), při použití speciální trhaviny „odlehčeného typu“ bude nálož spojitá - táhlá. Lze kombinovat i oba druhy trhaviny, u dna použít brizantnější trhavinu ( max. 0,10 kg) a následně speciální trhavinu, nebo použít svazek několika pramenů bleskovice NP V (7 g pentritu/m), nebo Starline (12 g pentritu/m), vložené na celou délku vrtu – jen s krátkou ústřovou ucpávkou.
- 10) Iniciace náloží při hladkém odstřelu bude v poslední fázi výlomu, po odpalu předobrysových vrtů s časovým odstupem min. 0,1 sec. případně i větším.
- 11) Presplitový odstřel se provádí buď samostatně k vytvoření štěrbin v masivu před vlastním odstřelem horniny, nebo při vlastním časovaném odstřelu kdy presplitové nálože se časují alespoň v předstihu 200 ms před iniciací předobrysových náloží..
- 12) Odborný dozor TVO (technického vedoucího odstřelu) nad prováděním trhacích prací se zajištěním správné realizace technologických úprav.

## 10.2 Opatrná trhací práce

Tato technologie bývá obvykle stanovena zvláštním odborným posudkem (znalcem v oboru) , která řeší konkrétní podmínky stavby ve vztahu k ochraně okolních objektů a zařízení před seizmickými účinky odstřelů i v pásmu dosahu trvalých deformací. Obvykle se jedná se o atypické řešení způsobu provádění trhacích prací se stanovením omezujících parametrů ( náloží, vrtů, vzdáleností apod.), které nelze realizovat obvyklými postupy a technologiemi, včetně stanovení dalších podmínek a kontrolních opatření.

Návrh parametrů technologie „OTP“ je v příloze vrtných schémat č. 5 a 6..

### 10.3 Technologie mikroodstřelů pro rozpojování betonových konstrukcí

Jedná se o alternativní „Návrh technologie mikroodstřelů“, použité k rozpojení betonového zdiva v prostupu přes blok hráze č. 0. Prostup bude řešen v odděleném bloku betonového zdiva po odřezu diamantovým lanem po celém obvodu obdélníkového profilu šířky 1,20 m a výšky 2,20 m (vnitřní profil), po krátkých záběrech – cca 35 až 40 cm.

Návrh technologie vychází ze zkušeností a výsledků realizace této technologie, podle vyhodnocení výsledků seizmických měření a závěrečného vyhodnocení na stavbě : „Rekonstrukce MVE - VD Římov“ (2011), (13,14)

K porušení betonového bloku trvalými deformacemi do boků a stropu ( vznikem trhlinek) ani k přímému přenosu seizmické a detonační vlny nedojde, je účinně eliminováno obvodovou štěrbinou - vrubem.

Dosah porušení betonu pod dnem prostupu štol (betonový blok po odřezu klesne) bude z části eliminován prořezem tj. vytvořenou spárou a zvětšením vzdálenosti nálože ode dna.

Dodatečné rozpojení a odtěžení rozrušeného zdiva se provede a použitím sbíjecích kladiv.

Návrh parametrů odstřelu a vzorového vrtného schéma je v příloze č.7.

### 10.4 Rozpojování rozpínacími klíny DARDA

Horninový masiv je rozpojován hydraulickými rozpěrnými klíny, zasunutými do vrtů, které se připraví podle navrženého vrtného schéma na požadovanou hloubku. Postup rozpojování je veden ve směru k vytvořené volné ploše, nebo již rozrušené hornině, při zahájení prací je vhodné sbíjecím kladivem vytvořit klínový vlom na stanovený záběr.

Obvykle se používají maloprofilové vrty o průměru 36 až 38 mm, v plošném schéma o roztečích a hloubce cca 40 až 50 cm (podle typu soupravy).

Souprava (12) sestává z hydraulické tlakové jednotky – centrály poháněné buď stlačeným vzduchem nebo elektrickým proudem a hydraulického trhacího klínu. Zařízení jsou propojena vysokotlakovou hydraulickou hadicí. Pro zhotovení vývrtů je nejběžnější použití běžných stavebních kompresorů DK 200.1, nebo podobného typu a vzduchových vrtacích kladiv, buď české výroby typu Permon VK 15 a VK 19 nebo zahraničních ( např. Atlas Copco). Vlastní trhání hydraulickým klínem Darda je téměř bezhlučná technologie a zařízení může být obsluhováno pouze jedním pracovníkem.

Technické parametry a fotografie strojního zařízení je v příloze posudku č. 9

#### Pracovní postup:

Nejprve se pomocí pneumatických vrtacích kladiv navrtá otvor ( vývrt) s odpovídajícím průměrem a hloubkou, do kterého se pak vsune trhací díl hydraulického válce. Mezi obě části tlakových ( *roztláčovaných*) kusů se pak pod hydraulickým tlakem zasune rozpěrný klín, který tyto části odtláčuje od sebe ( *roztláčuje je*). Účinná síla dosahující až 3500 kN přitom rozrušuje strukturu horniny směrem zevnitř.

## 11. Stanovení přípustných hodnot dynamického zatížení objektů a zařízení VD od trhacích prací

Mez dynamického namáhání je dle ČSN 730040 "Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva" stanovena příslušnou hodnotou rychlosti kmitání, kdy poměrná deformace ještě nevyvolá křehká porušení zdiva, omítek, izolací u podzemních vedení, trhlinky v hrdlových spojích potrubních vedení apod.

Rychlost kmitání se měří obvykle přímo na objektu a to na úrovni terénu, nejnižším podlaží, při základech (tzv.referenční stanoviště). Pokud se měří v nadzemních částech konstrukce sleduje se dynamická odezva.

Stupně poškození klasifikuje norma takto:

Stupně poškození	Popis poškození
0	Bez poškození. Nevznikají žádná viditelná poškození. Funkce objektů, jako např. vodotěsnost nádrží apod. jsou plně zachovány
1	První známky poškození. Trhlinky do šířky 1 mm na styku stavebních prvků (ve stropních fabionech).
2	Lehká rozrušení s malými škodami. Trhlinky šířky do 5 mm v omítce, příčkách, v komínovém zdivu, opadávání omítky, uvolnění krytiny
3	Střední rozrušení s vážnými škodami. Stabilita není ohrožena. Trhliny širší než 5 mm v příčkách i nosných zdech. Opadávání krytiny a částí komínů.
4	Značné rozrušení s nebezpečnými škodami. Trhliny v nosných zdech a překladech, ohrožující jejich statickou funkci. Zřícení příček, výplňového zdiva a komínů. Trhliny v prostém betonu. Porušení stability.
5	Úplné rozrušení a destrukce. Zřícení cihelných staveb nebo jejich částí s hlavními nosnými prvky. Trhliny i v železobetonu.

Dle ČSN 730040, tab. 9 jsou **třídy odolnosti pozemních objektů** klasifikovány takto :

### Pozemní objekty:

tř. **A** : chatrné stavby, neodpovídající stavebním předpisům, zříceniny, historické budovy z neopracovaného kamene nebo cihel s klenutými překlady, průvlaky a plošnými klenbami nad místnostmi v přízemí a suterénu, budovy v památkové ochraně apod.

tř. **B** : běžné zděné (cihelne, tvárnice apod.) stavby, izolované nebo řadové domky s půdorysnou plochou do 200 m<sup>2</sup>, nejvýše o 3 podlažích.

tř. **C** : velké budovy z cihel a tvárnice, dobře ztužené stavby panelové a montované z betonových prvků, zdivo na cementovou maltu.

tř. **D** : budovy ze skeletu ocelového nebo betonového, dřevěné a hrázdné stavby s dobrým ztužením, prostý beton.

tř. **E** : železobetonové a ocelové konstrukce, výrobní a provozní objekty, železobetonová síla a zásobníky.

Objekty inženýrské :

Tř. C : kamenné mosty, opěrné ochranné zdi z kamene a cihel, zděné vodojemy

Tř. D : opěry mostů a opracovaného kamene, monolitické vodojemy

Tř. E : železobetonové inž. stavby, ocelové stožáry

Pozn. Věžové konstrukce, komíny, jaderné elektrárny, vodní stavby a jiné zvláštní objekty vyžadují zvláštní posouzení

Objekty podzemní

tř. C: Keramické a kamenné obklady a dlažby v podzemních objektech

tř. D: Cihelné, kamenné a tvárnice obzdvíky v podzemních objektech

tř. E: Betonové monolitické konstrukce podzemních objektů; vyzdívání a monolitické štoly kruhového vejčitého tvaru; stoky a technologické tunely z dílců a trub o průměru větším než 800 mm; podzemní železobetonové stěny, kotvení – kořeny kotev

tř. F: Železobetonové a ocelové ostění tunelů metra a kolektorů; úkryty civilní obrany

Podzemní inženýrské sítě a kabely:

tř. C : Potrubí osinkocementové, kameninové, kabelové spojky,

tř. D: Potrubí litinové, betonové, potrubí z umělých hmot.

tř. E: Kabely žilové, koaxiální sdělovací kabely.

tř. F: Potrubí ocelové.

**Třídy významu objektů** ( čl. 6.4.3) se řídí podle ČSN EN 1991-1-7

Věžové konstrukce, komíny, vodojemy, jaderné elektrárny, **vodní stavby** a jiné zvláštní objekty mohou vyžadovat zvláštní posouzení.

Dle čl. 5.5.3 **Druhy základové půdy** jsou členěny v kategoriích (dle ČSN 731001):

a) horniny všech tříd při tabulkové výpočtové únosnosti  $R_{dt}$  menší než 0,15 MPa a jestliže je hladina podzemní vody trvale ve hloubce rozsahu 1 m až 3 m pod základovou spárou.

b) Horniny všech tříd při tabulkové výpočtové únosnosti  $R_{dt}$  menší než 0,15 MPa a jestliže je hladina podzemní vody trvale v hloubce větší než 3 m pod základovou spárou. Do této kategorie patří také skalní horniny všech tříd při tabulkové výpočtové únosnosti  $R_{dt}$  větší než 0,15 MPa a jestliže je hladina podzemní vody trvale v rozsahu 1 m až 3 m pod základovou spárou.

c) Horniny všech tříd při tabulkové výpočtové únosnosti  $R_{dt}$  větší než 0,15 MPa a jestliže je hladina podzemní vody trvale ve hloubce větší než 3 m pod základovou spárou. Do této kategorie patří i skalní horniny při tabulkové výpočtové únosnosti  $R_{dt}$  větší než 0,6 MPa pokud hladina podzemní vody je trvale v hloubce větší než 1 m.



**Závislost stupně poškození** na maximální rychlosti kmitání, na druhu objektu a na základové půdě dle uvedené tab. č. 14 , podle čl. 5.5.2.2 normy :

Rychlost kmitání (mm/s) pro obor frekvence otřesu			Stupeň poškození (tab. 13)	Tř.odolnosti objektu (tab. 9)	Druh základové půdy (5.5.3)
f pod 10Hz	10 až 50 Hz	f nad 50 Hz			
do 3	3 až 6	6 až 15	0	A	a
3 až 6	6 až 12	12 až 20	0	A	b,c
				B	a
6 až 10	10 až 20	15 až 30	0	B	b,c
				C	a
			1	A	a
8 až 15	15 až 30	20 až 40	0	C	b
				B	c
			1	A	b,c
				B	a
10 až 20	20 až 30	30 až 50	0	C	c
				D	a
10 až 20	20 až 30	30 až 50	1	B	b
				C	a
			2	A	a
15 až 25	25 až 40	40 až 70	0	D	b,c
				E	a
			1	C	b
				B	c
			2	A	b,c
				B	a
20 až 40	40 až 60	60 až 100	0	E	b,c
				F	a
			1	C	c
				D	a
			2	B	b,c
				C	a
30 až 50	50 až 100	100 až 150	0	F	b,c
			1	D	b,c
				E	a
			2	C	b

Podle tohoto systému se provádí obecné zařazení stavebních objektů a sítí které mohou být zatíženy technickou seismicitou. Frekvenční charakteristika otřesových účinků při použití malých náloží bude v rozmezí 30 až 80 Hz, druh základové půdy se uvažuje **b, c**.

Pro stupeň porušení **0** bude přípustné dynamické zatížení uvedených objektů (mimo dále uvedené objekty VD) odpovídající zařazení pro střední frekvenční obor kmitání 10 až 50 Hz ( tj. na straně vyšší bezpečnosti):

Posuzovaný objekt -charakteristika	Třída odolnosti	Rychlost kmitání $v_p$ (mm/s)
Běžné zděné (cihelné, kamenné ) stavby do 3 podlaží, s půdorysnou plochou do 200 m <sup>2</sup> , s výskytem běžných porušení	B	15
Budovy zděné (tvárnice, panelové, a j .konstrukce , s půdorysnou plochou nad 200 m <sup>2</sup> , s běžnými poruchami	C	20
Opěrné a ochranné zdi (zděné, kamenné)	C	30
Betonové opěrné zdi	D	40
Železobetonové monolitické konstrukce	E	60
Opěry mostů (kamenné) – propustky	D	30
Ocelové stožáry ( patky ) - VVN, vysílače apod.	E	80
Litinová potrubí	D	40
Ocelová potrubí	F	80
Kameninové, betonové potrubí	D	60
Kabely optické	D	50
Žilové kabely elektrické	F	80
Spojové kabely ostatní	E	60

**Nejbližším objektem** mimo objekty náležející VD je stavba čp. 45 nacházející se ve svahu nad správní budovou vzdálená 45 m od nejbližšího místa provádění trhačích prací.

## 12. Zvláštní posouzení objektů vodního díla

Zvláštní posouzení objektů vodního díla, které budou zatíženy technickou seismicitou je provedeno podle zařazení objektů (třídy odolnosti), jejich charakteru a druhu konstrukce, s použitím informativní tabulky č. 14.

Přípustné hodnoty dynamického zatížení jsou oproti normě stanoveny v bezpečnějších hodnotách, protože se jedná o významné vodní dílo (vodní dílo I. kategorie) se zřetelem na požadované dodržení zvýšené bezpečnosti a neohrožení stability konstrukcí a svahů.

Zařazení je provedeno pro střední obor frekvencí 10 až 50 Hz , druh základové půdy ve třídě **b, c**.

Přípustné hodnoty dynamického zatížení (rychlosti kmitání):

Objekt	Třída odolnosti	$u^{(1)}$ přípustná (mm/s)
Gravitační betonová i sypaná hráz – betonové bloky hráze,	E	30
Revizní chodby v tělese hráze	E	30
Injekční clona – v úrovni založení hráze	E	20
Objekt elektrárny (při provozu turbin)		5
Provozní budova Povodí Vltavy a garáže	C	20
Přívodní štola, spodní výpusti	E	30
Kabelová vedení	E	60

Pozn. V případě dominantních otřesů s vysokými kmitočty (nad 50 Hz ) je možný přepočít rychlosti kmitání (posouzením znalce).

### 13. Stanovení přípustného dynamického zatížení pro betonové konstrukce ve výstavbě v souběhu s prováděnými trhacími pracemi

Přípustné dynamické zatížení podle ČSN 730040 ve stupni porušení 0 (beze škod, s vyloučením mikrotrhlinek) pro betonové konstrukce prováděné v souběhu, zařazené do třídy dynamické odolnosti D je stanoveno hodnotou rychlosti kmitání:

$$u^{(1)} = 25 \text{ až } 40 \text{ mm/s,}$$

kteřá odpovídá frekvenčnímu oboru dominantních kmitů v rozmezí 10 až 50 Hz.

Doporučuje se respektovat spodní hodnotu uvedeného rozmezí tj.  $u^{(1)} = 25 \text{ mm/s}$

Podmínky provádění a přípustné dynamické zatížení jsou stanoveny podle dosažené pevnosti betonu:

- Pro konstrukce čerstvě zhotovené do 3 hodin jejich zrání trhací práce neprovádět, pokud budou blíže než 30 m od dotčeného místa.
- Pro konstrukce čerstvě betonované ve stáří 3 až 8 hodin je přípustnou rychlost kmitání  $u^{(1)} = 5 \text{ mm/s}$ .
- V období do dosažení 30 % pevnosti (cca 2 dny v závislosti na okolní teplotě) se doporučuje maximální zatížení o rychlosti kmitání  $u^{(1)} = 7,5 \text{ mm/s}$ .
- Přípustné zatížení při dosažení pevnosti:

30 %	$u^{(1)} = 10 \text{ mm/s}$ (cca 2 dny)
50 %	15 mm/s (cca 4 dny)
75 %	20 mm/s (cca 7 dní)
100%	25 mm/s (28 dní)

### 14. Tlakovzdušné účinky trhacích prací

Vliv tlakovzdušných účinků trhacích prací na okolí bude pozorován z prostoru vyústění šachty do širšího okolí (od hloubení šachty i ražení štoly).

Přípustná hodnota akustického tlaku ( $P_{\max}$ ) při kterém nenastane poškození skleněných ploch a keramických obkladů, střešní krytiny ani uvolnění okenních rámců či dveřních zárubní je dle technických podmínek (5):

$$P_{\max} = 0,15 \text{ kPa}$$

Podle konfigurace terénu a situování okolních objektů se nepředpokládá překročení stanovené limitní hodnoty akustického tlaku - bude prokázáno měřením.

## 15. Hygienické limity hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru

Hlukové účinky od odstřelů při hloubení šachty i ražení štoly budou pozorovány v blízkém okolí stavby. Z toho důvodu je nutné respektovat hygienické limity stanovené „Nařízením vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací“ (7).

### 15.1 Hlukové účinky

Akustické účinky trhačích prací na stavbě se budou šířit do okolního prostoru vzduchem i horninovým prostředím.

Šíření akustické vlny od časovaného odstřelu horninovým prostředím se přenáší do chráněných prostor staveb jako přerušovaný hluk.

Podle hygienického předpisu „Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. platí tyto přípustné hodnoty:

§ 10 Hygienické limity hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb.

Odst. 1

Hodnoty hluku se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku  $L_{AEQ,T}$  a maximální hladinou akustického tlaku  $L_{Amax}$ . V denní době se stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhluchnějších hodin, v noční době pro nejhluchnější hodinu.

Odst. 2

Hygienický limit v hladině maximálního akustického tlaku  $A$  se stanoví pro hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu součtem základní hladiny maximálního akustického tlaku  $L_{Amax} = 40$  dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného vnitřního prostoru a denní a noční době podle přílohy č.2 k tomuto nařízení tj:

$L_{AEQ,T}$ základní .....	40 dB
Korekce na druh chráněné místnosti (obytné místnosti, hotelové pokoje)	0 dB
(ostatní místnosti )	10 dB

$L_{AEQ,T}$ přípustná ...(obytné místnosti, hotelové pokoje).....	40 dB
(ostatní místnosti, učebny, laboratoře)	50 dB
Korekce na denní dobu ....den (06 – 22 hod.) .....	0 dB
Korekce na denní dobu ....noc (22 - 06 hod.) .....	- 10 dB

Pro obytné místnosti:

$L_{AEQ,T}$ přípustná ....den (06 – 22 hod.) .....	40 dB
$L_{AEQ,T}$ přípustná ....noc (22 – 06 hod.) .....	30 dB
Pro ostatní např. restaurační i kulturní zařízení (po dobu používání) .....	50 dB

Způsob výpočtu hygienického limitu  $L_{Aeq,s}$ , pro hluk ze stavební činnosti po dobu kratší než 14 hodin se vypočte ze vztahu

$$L_{Aeq,s} = L_{Aeq,T} + 10 \cdot \lg(429 + t_1) / t_1$$

$t_1$  – doba trvání hluku (odstřelu) v hodinách v době mezi 7. a 21. hodinou

$L_{Aeq,s}$  – hygienický limit stanovený podle § 10 odst. 2

#### § 11 Hygienické limity hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru

Odst.5

Hygienický limit v ekvivalentní hladině akustického tlaku  $C$  vysokoenergetického impulsního hluku se stanoví

- pro denní dobu  $L_{Ceq,8h}$  se rovná 83 dB,
- pro noční dobu  $L_{Ceq,1h}$  se rovná 40 dB

(trhač práce v noční době nebudou prováděny).

Ekvivalentní hladina akustického tlaku  $C$   $L_{Ceq,T}$  vysokoenergetického impulsního hluku se vypočte způsobem upraveným v příloze č. 3 k tomuto nařízení, tj :

$$L_{Ceq,T} = 2,0 L_{CE} - 93 + 10 \cdot \lg(N/N_0) - 10 \cdot \lg(T/T_0) \quad \text{pro } L_{CE} > 100 \text{ dB}$$

nebo

$$L_{Ceq,T} = 1,18 L_{CE} - 11 + 10 \cdot \lg(N/N_0) - 10 \cdot \lg(T/T_0) \quad \text{pro } L_{CE} < 100 \text{ dB}$$

Kde  $N$  je počet impulsů za dobu  $T$  (s),  $N_0 = 1$  a  $T_0 = 1$  s

Podle navržených parametrů náloží a dalších opatření (krytí ústí šachty) se nepředpokládá překročení stanovených limitů.

## 15.2 Vibrace v chráněných vnitřních prostorech staveb (po dobu užívání)

§ 18, odst. 1

Hygienický limit vibrací za dobu jejich působení  $T$  v chráněných vnitřních prostorech staveb vyjádřený průměrnou váženou

- a) hladinou zrychlení vibrací  $L_{aw,T} = 75 \text{ dB}$  nebo
- b) hodnotou zrychlení vibrací  $a_{ew,T} = 0,0056 \text{ m.s}^{-2}$

odst.3:

Korekce hygienického limitu podle odst.1 jsou v závislosti na typu prostoru, denní době a povaze vibrací upraveny v příloze č. 5 k tomuto nařízení. Pro opakující se otřesy (1 až 3 x denně) platí tyto hygienické limity:

Druh chráněného vnitřního prostoru	doba	$L_{aw,T}$ (dB)	$a_{ew,T}$ ( $\text{m.s}^{-2}$ )
Obytné místnosti a prostory staveb lůžkových zdravotnických zařízení	den	99	0,0896
	noc	78	0,007896
Ostatní prostory staveb	nepřetržitě	117	0,7168

## 16. Výpočet náloží

Výpočet náloží k rozpojování skalních hornin při ražení i na povrchu a je proveden podle výpočtového vztahu ČSN 730040 ve čl. 4.7.5 pro rovnici přenosu :

$$m_{jn} = (u^{(1)} \cdot L / K_v)^2 \quad (1)$$

kde :  $m_{jn}$  - nálož ( součet náloží ) v jednom časovém stupni  
 $u^{(1)}$  - rychlost kmitání  
 $L$  - vzdálenost náloží (odstřelu) od posuzovaného objektu (prostorová)  
 $K_v$  - přepočtený koeficient přenosu šíření seizmických vln v horninovém masivu v závislosti na vzdálenosti zdroje a útlumu přenosu

Výpočet náloží je sestaven do tabulky v závislosti na rychlosti kmitání:

L (m)	K <sub>v</sub>	Nálož $m_{jn}$ (kg) při rychlosti kmitání $u^{(1)}$ (mm/s)							
		5	10	15	20	30	40	50	60
10	350	0,02	0,1	0,2	0,3	0,75	1,3	2,0	2,9
12	345	0,03	0,12	0,3	0,5	1,0	1,9	3,0	4,3
14	340	0,04	0,17	0,4	0,7	1,5	2,7	4,2	6,1
16	335	0,06	0,23	0,5	0,9	2,0	3,6	5,7	8,2
18	330	0,07	0,3	0,65	1,2	2,7	4,8	7,4	
20	325	0,1	0,38	0,85	1,5	3,4	6,0		
25	310	0,16	0,65	1,5	2,6	5,8			
30	295	0,25	1,0	2,3	4,0				
35	280	0,4	1,5	3,5	6,2				
40	265	0,55	2,2	5,0					
45	250	0,8	3,2	7,3					
50	235	1,1	4,5						
60	210	2,0	8,2						
70	200	3,1							
75	195	3,7							

Jako trhavina se uvažuje typ skalní (důlní) – plastická (želatinovaná).

Tabulka náloží pro trhačí práce při vzdálenostech do 10 m od objektů:

L <sub>p</sub> (m)	K <sub>v</sub>	Nálož $m_{jn}$ (kg) při rychlosti kmitání $u^{(1)}$ (mm/s)					
		10	20	30	40	50	60
1	1200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,5	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
2	920	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
2,5	850	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03
3	780	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05
3,5	730	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08

Lp(m)	Kv	Nálož m <sub>jn</sub> (kg) při rychlosti kmitání u <sup>(1)</sup> (mm/s)					
		10	20	30	40	50	60
4	680	0,00	0,01	0,03	0,06	0,09	0,12
5	600	0,01	0,03	0,06	0,11	0,17	0,25
6	530	0,01	0,05	0,12	0,21	0,32	0,46
7	470	0,02	0,09	0,20	0,35	0,55	0,80
8	420	0,04	0,15	0,33	0,58	0,91	1,31
9	380	0,06	0,22	0,50	0,90	1,40	2,02
10	350	0,08	0,33	0,73	1,31	2,04	2,94

Podle tabulky náloží (m<sub>jn</sub>) lze pro konkrétní situaci tj. posuzovaný objekt, vzdálenost odstřelu a použitý interval časového zpoždění stanovit příslušnou nálož N.

Nálože se podle intervalu časování (elektrický i neelektrický roznět) stanoví takto:

- Nálož v jednom čas.stupni N<sub>ms</sub> v milisekundové fázi

(interval zpoždění > 0,008 s ≤ 0,075 s)

$$N_{ms} = m_{jn}$$

- Nálož v jednom časovém stupni N<sub>s</sub> sekundové fáze

(interval zpoždění ≥ 0,1 s )

$$N_s = 1,5 m_{jn}$$

(jedná se o součet 2 a více náloží v jednom čas. stupni)

- Jedna nálož v jednom časovém stupni

$$N_s = m_{jn}$$

Pokud je v intervalu zpoždění ≤ 8 ms iniciováno více náloží, vypočte se m<sub>jn</sub> jako součet těchto náloží (v případě neelektrického roznětu)

**Celková nálož** na odstřel je určena součtem náloží a počtem časových stupňů příslušné řady časovaných rozbušek.

V návrhu vrtných schémat pro ražbu je použita rozšířená řada časovaných rozbušek DeM (st. 0 – 20), DeD (3 až 12), DeP (7 až 12), číselně sestavená jako postupná řada podle intervalu zpoždění.

Označení číslo	Stupeň rozb.	Zpoždění (ms)	Označení číslo	Stupeň rozb.	Zpoždění (ms)
1	DeM 1	25	21	DeD 3	750
2	DeM 2	50	22	DeD 4	1000
3	DeM 3	75	23	DeD 5	1250
4	DeM 4	100	24	DeD 6	1500
5	DeM 5	125	25	DeD 7	1750
6	DeM 6	150	26	DeD 8	2000
7	DeM 7	175	27	DeD 9	2250
8	DeM 8	200	28	DeD 10	2500
9	DeM 9	225	29	DeD 11	2750
10	DeM 10	250	30	DeD 12	3000

Označení číslo	Stupeň rozb.	Zpoždění (ms)	Označení číslo	Stupeň rozb.	Zpoždění (ms)
11	DeM 11	275	31	DeP 7	3500
12	DeM 12	300	32	DeP 8	4000
13	DeM 13	325	33	DeP 9	4500
14	DeM 14	350	34	DeP 10	5000
15	DeM 15	375	35	DeP 11	5500
16	DeM 16	400	36	DeP 12	6000
17	DeM 17	425			
18	DeM 18	450			
19	DeM 19	475			
20	DeM 20	500			

## 17. Výpočet izoseist

Oblast zastiženou seizmickým vlněním dané intenzity určují tzv. izoseisty. Průběh izoseisty (i) příslušné hodnoty rychlosti kmitání povrchem území se stanoví výpočtem podle vztahu (1) v závislosti na hmotnosti nálože. Výpočet je proveden pro izoseistu 5, 10 a 20 mm/s.

Uvedeným náložím odpovídají tyto vzdálenosti izoseist:

$m_{jn}$ (kg)	Izoseista (m) $u^{(1)} = 5 \text{ mm/s}$	Izoseista (m) $u^{(1)} = 10 \text{ mm/s}$	Izoseista (m) $u^{(1)} = 20 \text{ mm/s}$
0,1	20	10	7
0,2	27	15	9
0,3	32	18	10
0,5	38	23	12
0,8	45	27	15
1,0	48	30	17
1,5	56	35	20
2,0	60	38	23
3,0	70	44	26
4,0	76	48	30
5,0	80	52	33

Vykreslení předpokládaného průběhu izoseisty rychlostí kmitání 30 mm/s zájmovým územím stavby, odpovídající doporučeným náložím je v příloze posudku č. 1.

## 18. Výpočet bezpečných vzdáleností - izocharg

Možnost použití maximálních náloží při ražení i při výlomu skalních hornin respektujících přípustné hodnoty rychlosti kmitání dotčených objektů VD je určena vzdáleností tzv. izochargou, odpovídající příslušné náloži. V tabulce jsou uvedeny vzdálenosti izocharg v závislosti na hmotnosti náloží :



$m_{jn}$ (kg)	Rychlost kmitání $u^{(1)}$ (mm/s)						
	10	15	20	30	40	50	60
	Vzdálenost (m)						
0,03	7,5	6	5	4	3,3	2,7	2,5
0,05	8,5	7	6	4,5	4,0	3,0	2,5
0,1	10	8	7	5,5	5,0	4,0	3,5
0,2	15	10	9	7	6,0	5,0	4,5
0,3	18	12	10	7,5	7,0	6,0	5,5
0,5	23	16	12	9	7,5	7,0	6,0
1,0	30	22	17	12	9,5	8,5	7,5
1,5	35	25	20	14	10,5	9,0	8,5
2,0	38	28	23	16	120,	100,	9,0
3,0	44	33	26	19	14,5	12,0	10
4,0	48	37	30	21	16,5	13,5	12,0
5,0	52	40	33	23	18,0,	15,0	13,0

## 19. Stanovené mezní nálože pro stavbu

### 19.1 SO 01 Hloubení šachty, ražení přístupové štoly

Mezní hodnoty náloží respektují seizmickou bezpečnost všech objektů v bezprostřední vzdálenosti i v okolí (čp.45) :

objekt	Úsek od (m)	Úsek do (m)	Nálož ve vrtu $N_1$	$N_{ms}$ (kg)	$N_s$ (kg)	$m_{jn}$ (kg)
Šachta	V celé délce hloubení		0,30	0,60	0,40	0,60
Přístupová štola	0	5,0	0,10	0,20	0,60	0,20
	5,0	7,0	0,10	0,10	0,10	0,10
	7,0	15,9	0,033	0,033	0,033	0,033
Propojovací štola	V délce 1,4m		0,033-0,05	0,033-0,05	-	0,05

Vykreslení průběhu izoseisty rychlosti kmitání 30 mm/s povrchem území odpovídá stanoveným náložím.

### 19.2 SO 02 Zajištění svahu

Pro celý úsek skalního odřezu platí max. nálož  $m_{jn} = 0,8$  kg

## 20. Návrh technologie trhacích a rozpojovacích prací

### 20.1 Svah - skalní odřez

Odtěžení svahu na projektovanou úroveň před šachtou a rozšířeným parkovištěm, k založení opěrné zdi bude řešeno strojním způsobem – pomocí těžkého hydraulického sbíjecího kladiva. Při zastižení pevných skalních hornin, kdy rozpojování již nebude účinné lze použít

trhací práce k odřezu skalního svahu v malém rozsahu (do cca 10 kg trhavín /odstřel) s použitím maloprofilových vrtů a řadových odstřelů na výšku těžebního stupně cca 1,5m, vrtaných o rozteči cca 0,7 m a max. náloží 0,5 až 0,8 kg / vrt a čas. st. (dle seizmických omezení).

Pokud bude skalní stěna po odtěžení stabilní a geologické podmínky příznivé (podstatně neporušené tektonikou), lze na odlomové ploše realizovat presplitový odstřel v řadě maloprofilových vrtů ( 36 – 40 mm) na celou výšku odřezu až po základový pas pro opěrnou zeď o roztečích 40 cm a odlehčenou náloží v hutnotě 0,3 kg/bm vrtu, nebo použít průběžnou bleskovici – ve svazku cca 3 až 4 pramenů (NP-V 7 g/bm), jen s krátkou ústřovou ucpávkou.

Ideový návrh vrtného schéma pro skalní odřez je v příloze 8.

## 20.2 Hloubení šachty

V úvodní fázi hloubení šachty v porušené hornině bude rozpojování prováděno ručními, pneumatickými kladivy. Od hloubky cca 2 m, kdy se předpokládá zastižení pevné skalní horniny bude nutné použití trhacích prací v celém profilu šachty až do projektované hloubky cca 8,5 m.

Hloubení šachty v počáteční fázi bude na postup 0,8 m a podle výsledku seizmického měření může být postup zvýšen až na 1,0 m.

Vzorové vrtné schéma (příloha č.3) stanovuje pro celou plochu šachty pravidelnou síť vrtů (profil vrtů cca 32 až 36 mm) o vzájemných roztečích 50 až 60 cm, po obvodu 50 cm. Max. nálože pro postup 0,8 m činí  $N = 0,2$  kg/vrt, pro postup 1,0 m  $N = 0,3$  kg/vrt. Návrh časového schéma roznětu je informativní a TVO jej může upravit podle zvyklostí a zkušeností a dle použité řady časovaných rozněcovadel (elektrický nebo elektrický roznět), při dodržení stanovené max. nálože se zřetelem na seizmická omezení.

## 20.3. Ražení přístupové štoly.

1.úsek: Ražení štoly bude v první fázi od líce šachty až do vzdálenosti 5,0 m na postup 0,50 m v celém profilu štoly při dodržení max. nálože  $m_{jn} = 0,2$  kg a max. náloží v jednom vrtu 0,10 kg s použitím řady časovaných rozbušek (při elektrickém roznětu se jedná o řadu st. 0 – 36, sestavenou z rozbušek DeM, DeD a DeP). Vzorové vrtné schéma je v příloze č. 4, návrh časování je informativní a TVO jej může upravit, při dodržení stanovené maximální nálože.

2.úsek: Pokračující ražení štoly v blízkosti bloku hráze 0 musí respektovat seizmická omezení. Pro tuto fázi platí návrh způsobu „omezené trhací práce I. “ dle vrtného schéma č. 5 na postup 0,5 m s max. náloží  $m_{jn} = 0,10$  kg/vrt a čas. st., které platí pro postup ražení od 5,0 do 7,0 m, při čemž trhací práce budou prováděny v pravé polovině štoly a v levé polovině štoly bude hornina rozpojována sbíjením nebo pomocí rozpěrných klínů DARDA s dočištěním výrubního profilu sbíjenými kladivy. Podmínkou je ovtření levého obrysu štoly maloprofilovými vrty o roztečích cca 15 cm na dvojnásobnou délku postupu tj. min. 1,0 m ( 2záběry á 0,5 m).

- 3.úsek: Pro další postup ražení tj. od 7,0 do 11,0 m je navržena technologie „Opatrné trhací práce II.“ dle vrtného schéma č. 6, tj. pro pravou stranu čelby v dílčích výrubech (od spodu nahoru) po cca 20 vrtech s max. náloží 0,033 kg/vrt (1/3 náložky 100 g) a čas. st. ms. Rozbušky DeM. V levé polovině štoly bude hornina rozpojována sbíjením nebo pomocí rozpěrných klínů DARDA. Podmínkou je ovtání levého obrysu štoly maloprofilovými vrtvy o roztečích 15 cm v délce 1 m (pro cca 3 záběry á 0,3- 0,35 m)
- 4.úsek: od 11,0 m do konce štoly 15,9 m, se předpokládá ražení v obdobné technologii, se zmenšením roztečí obrysových vrtů na 10 až 12 cm a dolomem nerozpojené horniny sbíjením v kombinaci s rozpěrnými klíny. Použití této technologie je podmíněno provedením seizmického měření a vyjádřením znalce.

## 20.4 Propojovací štola

Návrh předpokládá, že prostup štoly v přesném profilu bude proveden obvodovým vrubem s použitím diamantové lana. V tom případě se jako alternativní řešení navrhuje technologie mikroodstřelů k rozpojení vnitřního betonového zdiva.

Vrtné schéma a postup výlomu je v příloze č. 7. Pro zkušební odstřel se navrhuje postup 40 cm s použitím náloží v krajních vrtech 0,033 kg, ve středu bloku s náloží ve vrtu 0,033 (1/3 náložky) resp. 0,05 kg (1/2 náložky hmotnosti 100 g).

Vrtné schéma je symetrické a je navrženo s plošným rozmístěním vrtů o vzdálenosti řad á 35 cm s roztečemi vrtů 30 cm, spodní řada vrtů je 50 cm nade dnem. Celková nálož činí 0,5 kg .

Časování náloží bude provedeno ms. rozbuškami DeM, čas. stupňů 1 – 15 (interval zpoždění 0,025 s). Postup časování bude volen od středu bloku ve směru k obvodu a ke dnu.

Pro ověření správnosti návrhu bude proveden zkušební odstřel vč. seizmického měření na zdivu hráze a střední revizní chodbě. Podle výsledku odstřelu a seizmického měření bude měření doporučen znalcem další postup proražky.

## 21. Návrh vrtných schémat

### 21.1 Parametry vrtů a náloží pro ražení

Vzájemné rozteče vrtů se ve vrtných schématech stanovují v závislosti na délce záběru R:

Obrysové vrtvy	$l = 0,4 \text{ až } 0,6 R$
Přibírkové vrtvy	$l = 0,5 \text{ až } 0,6 R$
Počevní vrtvy	$l = 0,4 \text{ až } 0,5 R$

Pro dané horninové podmínky se stanovují dílčí nálože v rozmezí:

Druh vrtů	Hmotnost nálože podle záběru (délky postupu) m			
	0,3	0,5	0,8	1,0
zálomové	0,033	0,05	0,15 - 0,20	0,20 - 0,30
přibírkové	0,033	0,05 - 0,067	0,20	0,30
obrysové	0,033	0,05	0,15 - 0,20	0,25 - 0,30
počevní	0,033 - 0,050	0,067 - 0,10	0,20 - 0,25	0,30 - 0,35

## 21.2 Vrtná schémata – parametry odstřelů

Tabulky vrtů a náloží:

**Šachta:**

Postup	druh vrtů	Časové stupně	počet vrtů	N <sub>1</sub> (kg)	N <sub>ms</sub> (kg)	N <sub>s</sub> (kg)	m jn (kg)	m <sub>celk</sub> (kg)
0,8 m	Těžební	0 - 15	25	0,2	0,4	0,4	0,4	5,0
	obrysové	8 - 25	24	0,2	0,4	0,4	0,4	4,8
<b>Celkem</b>			<b>49</b>	0,2			<b>0,40</b>	<b>9,80</b>

Postup	druh vrtů	Časové stupně	počet vrtů	N <sub>1</sub> (kg)	N <sub>ms</sub> (kg)	N <sub>s</sub> (kg)	m jn (kg)	m <sub>celk</sub> (kg)
1,0 m	Těžební	0 - 15	25	0,3	0,6	0,6	0,6	7,50
	obrysové	8 - 25	24	0,3	0,6	0,6	0,6	7,20
<b>Celkem</b>			<b>49</b>	0,3			<b>0,60</b>	<b>14,7</b>

**Přístupová štola:**

Postup	druh vrtů	Časové stupně	počet vrtů	N <sub>1</sub> (kg)	N <sub>ms</sub> (kg)	N <sub>s</sub> (kg)	m jn (kg)	m <sub>celk</sub> (kg)
0,5 m	zálomové	1 - 3	6	0,1	0,2		0,2	0,6
	přibírkové	4 - 20	34	0,1	0,2		0,2	3,4
	Obrysové boční	25 - 29	10	0,1		0,3	0,2	1,0
	Obrysové strop	21 - 24	12	0,067		0,2	0,134	0,8
	počevní	27 - 31	8	0,1		0,2	0,133	0,8
<b>Celkem</b>			<b>70</b>				<b>0,20</b>	<b>6,60</b>

**Přístupová štola – „OTP I“:**

Postup	druh vrtů	Časové stupně	počet vrtů	N <sub>1</sub> (kg)	N <sub>ms</sub> (kg)	N <sub>s</sub> (kg)	m jn (kg)	m <sub>celk</sub> (kg)
0,5 m	zálomové	0,3,6	3	0,1	0,1		0,1	0,3
	přibírkové	1 - 20	18	0,1	0,1		0,1	1,8
	Obrysové pravá strana	21 - 34	11	0,1		0,1	0,1	1,1
	počevní	30-35	4	0,1		0,1	0,1	0,4
<b>Celkem</b>			<b>36</b>	0,1			<b>0,10</b>	<b>3,60</b>

**Přístupová štola – „OTP II“:**

3 x fáze odstřelů max. 20 vrtů á 0,33 kg/vrt a čas. st. DeM , m celk = 2,0 kg

### Propojovací štola :

3 x odstřel á 15 vrtů á 0,033 kg – 0,05 kg , m celk 5,0 až 0,75 kg  
(podle hodnocení výsledku odstřelu a seizmických měření).

## 22. Měření seizmických a akustických účinků

Seizmická měření jsou nutná k ověření projektových předpokladů, stanovených mezních náloží, při úpravě technologie ražení, vrtného schéma a pod. Tato měření jsou součástí technologie trhacích prací. Na podkladě vyhodnocení mohou být upřesňovány podmínky a mezní parametry náloží pro další postupy ražby.

Systém kontroly provádění trhacích prací a dodržování stanovených parametrů bude zajišťován :

- Úředními seizmickými měřeními
- Monitorováním celého průběhu trhacích prací z revizní chodby
- Měřeními akustických účinků při zahájení hloubení šachty

### 22.1 Úřední měření

Při úředním měření bude osazeno 5 až 6 stanovišť na objektech VD ( vč. objektu čp. 45), která budou osazena ověřenými úředními měřidly - seismografy.

Úřední měření zahrnuje vyhodnocení dominantních hodnot rychlostí kmitání a vlivu otřesů na prošetřované objekty (dle ČSN 730040) a frekvenční analýzu. Hodnocení měření zahrnuje doporučení pro další postup ražby, potvrzení správnosti technologie a parametrů trhacích prací s případnou úpravou vrtného schéma i mezních náloží. O výsledku každého měření bude vyhotovena zpráva (event. protokol o měření) doložená záznamy měření, fotodokumentací míst měření, vyhodnocení podle ČSN 730040 a dle znal. posudku vč. stanovení podmínek pro další postup ražení.

#### Program měření:

Objekt	Staničení	Účel měření	Místa měření
Vstupní šachta	Zahájení TP, zkušební odstřel	Ověření parametrů TP , záběr 0,8 m	Hráz, podhrází, správná budova - garáže, čp. 45,
	4 až 5m	Prošetření odstřelu na záběr 1,0 m	dtto
Přístupová štola	Zahájení TP – zkušební odstřel	Ověření parametrů TP	Revizní chodba, hráze, podhrází, epicentrum
	st. 4,5 m – 5,0 m	Ke stanovení podmínek další ražby ( „OTP“)	dtto
	cca 11 m	Ověřovací měření „OTP“ kontakt s blokem 0	Dtto
Propojovací štola	Zkušební odstřel	Ověření technologie	Revizní chodba, ostění přístupové štoly, picentr.

Pozn. Požadavek na další měření může být stanoven podle výsledku seizmického měření

## **22.2 Průběžné monitorování technických otřesů**

Průběžné monitorování veškerých otřesů a vibrací od trhacích prací i od stavební činnosti bude prováděno po celou dobu ražení razících i od trhacích prací ve svahu.

Místem měření bude revizní chodba v hrázi, v bloku 0. Případně další místo měření může být vybráno po dohodě s odborným dozorem.

Monitorovací systém měření automatickým seismografem umožní průběžnou kontrolu provádění trhacích prací, správnosti používaných náloží a dodržení přípustných mezí dynamického zatížení na sledovaném objektu.

O výsledku monitoringu budou podávány informační zprávy. Celý soubor měření bude vyhodnocen v závěrečné zprávě.

## **22.3 Měření akustického tlaku**

Měření bude provedeno v rámci úředních měření při zahájení TP na šachtě a zkušebním odstřelu v přístupové štoli v prostoru u vybraného objektu.  
Předpoklad 2 x měření.

## **23. Bezpečnostní opatření**

Aby nebyla ohrožena bezpečnost elektrického roznětu je třeba vykonat před přípravou prvního odstřelu s elektrickým roznětem prošetření pracoviště (čelby, počvy) na ev. přítomnost bludných proudů. Toto měření pak opakovat při zásadním zásahu do elektrické soustavy zařízení.

V případě že bude naměřena vyšší proudová intenzita nad přípustnou bezpečnou hodnotu bude třeba použít neelektrický roznět.

Ke snížení akustických účinků a vyloučení rozletu horniny do okolí od odstřelů v šachtě i úvodní fázi ražení přístupové štoly je nutné překrytí ústí šachty pevným krytem.

## **24. Stanovení podmínek k ochraně práv a právem chráněných zájmů osob a organizací**

K ochraně práv a právem chráněných zájmů osob a organizací se pro použití trhacích prací stanovují podmínky, které jsou specifikovány v tomto posudku.

Jedná se zejména :

- Dodržení přípustných hodnot dynamických účinků na stavební konstrukce, inženýrské sítě a jiná zařízení dle ČSN 730040 „Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva“ pro stupeň porušení 0.

- Dodržení nejvyšších přípustných hodnot hluku pro chráněný venkovní prostor zástavby podle hygienického předpisu „Nařízení vlády č. 272/2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací“.
- Dodržení stanovených technologických postupů a mezních náloží.
- Kontrolu skutečné intenzity otřesů seizmickými měřeními. V případě dosažení limitních hodnot bude upravena technologie trhacích prací, nebo sníženy limitující nálože.
- Nežádoucí rozlet a tlaková vlna budou způsobem určeným v „Technologickém postupu trhacích prací malého rozsahu“ eliminovány - krytím rozpojovaného bloku a správným dimenzováním náloží. Seizmické účinky budou sníženy na přípustné meze s vyloučením prvních známek porušení na objektech VD i ostatních zařízeních (potrubí a inž. sítě) tj. ve stupni porušení 0 dle ČSN 730040 dodržením stanovených náloží.
- Před zahájením stavebních prací v obvodu staveniště je nutno, aby jednotlivými správci sítí bylo provedeno řádné vytýčení veškerých podzemních vedení.
- Mezi účastníky řízení o povolení trhacích prací se zahrnují vlastníci (správci) všech objektů a zařízení, které by mohly být dotčeny nežádoucími účinky trhacích prací, tj. seizmickými otřesy, rozletem a tlakovou vlnou, nebo jinak dotčena jejich práva a právem chráněné zájmy, tj. o rychlosti kmitání nad 50 % přípustného zatížení.
- V případě stavby se jedná jen o objekty VD Lipno (investora stavby), správce inženýrských sítí a silniční komunikace. Rekreační objekt čp. 45 vzdálený 45 m bude zatížen seizmickými účinky max. do 5 mm/s, tj. pod 50 % ní hodnotou přípustného zatížení a proto se vlastník objektu nezahrnuje mezi účastníky správního řízení o povolení trhacích prací.

## **Závěr**

Předložený posudek řeší problematiku bezpečného provádění trhacích prací vůči vlivu působení seizmických účinků na těleso hráze vodního díla o na ostatní související objekty a zařízení.

Realizace trhacích prací bude vyžadovat součinnost se stavebním dozorem, dozorem TBD a znalcem v oboru. Trhací práce musí být prováděny pod dozorem „Technického vedoucího trhacích prací“.

Pro povolení trhacích prací bude dodavatelem trhacích prací zpracována technická dokumentace podle Vyhlášky ČBÚ č. 72/1988 Sb. o výbušninách, ve znění Vyhl. ČBÚ č. 173/1992 Sb. o používání výbušnin, ve znění pozdějších předpisů tj. „Technologický postup trhacích prací“, jehož odbornou přílohou bude tento posudek.

## Přílohy:

1. Celková situace – průběh izoseisty 30 mm/s povrchem území
2. Celkový rozvinutý podélný řez – trhací práce
3. SO 01 Vstup do hráze , šachta – vrtné schéma
4. SO 01 Vstup do hráze , přístupová štola – vrtné schéma
5. SO 01 Vstup do hráze , přístupová štola – „OTP“ vrtné schéma I.
6. SO 01 Vstup do hráze , přístupová štola – „OTP“ vrtné schéma II
7. SO 01 Vstup do hráze , propojovací štola- vrtné schéma, technologie mikroodstřelů
8. SO 02 Zajištění svahu – příčný řez, vrtné schéma odstřelu
9. Mechanické rozpojování betonu (horniny) hydraulické trhací klíny „DARDA“



## Doplňující údaje k znaleckému posudku

### KONZULTANT A DŮVOD JEHO PŘIZVÁNÍ

Konzultant : Ing. Luděk Bartoš, ml. bytem 627 00 Brno, Mikulčická 1075/12

Důvod přibrání konzultanta: zhodnocení výsledků měření VD Římov, stanovení technologie mikroodstřelů

### PROHLÁŠENÍ O UVĚDOMĚNÍ SI NÁSLEDKŮ VĚDOMĚ NEPRAVDIVÉHO POSUDKU

Prohlašuji, že jsem si jako znalec vědom následků podání vědomě nepravdivého znaleckého posudku ve smyslu § 127a zákona č. 99/1963, občanského soudního řádu.

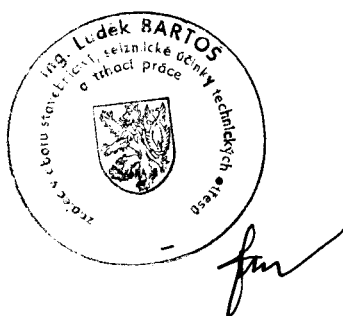
### ODMĚNA NEBO NÁHRADA NÁKLADŮ ZNALCE

Byla sjednána smluvní odměna

### ZNALECKÁ DOLOŽKA

Znalecký posudek jsem podal jako znalec zapsaný v seznamu znalců vedeném Ministerstvem spravedlnosti České republiky pro obor stavebnictví - odvětví různá, seismické účinky technických otřesů a trhačích práce. Znalecký úkon je zapsán v evidenci posudků pod pořadovým číslem 03/2022.

Otisk kulaté pečeti:



.....  
Ing. Luděk Bartoš, znalec