

## VD LIPNO I

Rozsah měření dohledu pro období  
změny VD stavbou:

VD Lipno – levobřežní vstup do hráze



**VODNÍ DÍLA – TBD a. s, Hybernská 1617/40, 110 00 Praha 1**

Telefon 221 408 111\*

[www.vdtbd.cz](http://www.vdtbd.cz)

Ředitel

Ing. Petr Smrž

Vedoucí útvaru 401

Ing. David Richtr

Vedoucí projektu

Ing. David Richtr

Vypracoval

Ing. David Richtr

Spolupráce

Ing. Tomáš Klemša, Ing. Vítězslav Krnáč, Bc. Michal Adamovský

## **VD LIPNO I**

### **ROZSAH MEŘENÍ DOHLEDU PRO OBDOBÍ ZMĚNY VD STAVBOU: VD LIPNO – LEVOBŘEŽNÍ VSTUP DO HRÁZE**

Objednatel

Povodí Vltavy, státní podnik

Číslo projektu

P101

Vypracováno

V Praze, únor 2024

Archivní číslo

2024/027

## OBSAH

1	ÚVOD .....	3
2	POUŽITÉ PODKLADY .....	5
3	INFORMACE O VODNÍM DÍLE A STAVBĚ.....	6
3.1	Základní informace o vodním díle .....	6
3.1.1	Účel a využití vodního díla .....	6
3.1.2	Rozdělení prostoru nádrže.....	7
3.1.3	Spodní výpusti.....	7
3.1.4	Bezpečnostní přeliv .....	8
3.1.5	Odběr průmyslového vodovodu a MVE .....	8
3.1.6	Přístupy do gravitační části hráze.....	8
3.1.7	Geologické a základové poměry .....	9
3.1.8	Utěsnění skalního podloží .....	10
3.1.9	Hrázové bloky, blok č. 0 .....	10
3.2	Základní informace o připravované stavbě .....	10
3.2.1	Členění stavby .....	10
3.2.2	Základní popis stavebních objektů.....	11
3.2.3	Výsledky inženýrsko-geologického průzkumu v místě stavby levobřežního vstupu do hráze.....	16
4	POPIS A ROZBOR RIZIK SPOJENÝCH SE ZMĚNOU DOKONČENÉ STAVBY VODNÍHO DÍLA V DANÉM PROSTŘEDÍ A PROVOZU.....	19
4.1	Provádění stavby – vliv na stávající konstrukce vodního díla .....	19
4.2	Rizika spojená s existencí vstupu do hráze v levém zavázání .....	20
5	POŽADAVKY NA PRŮZKUMNÉ A PROJEKTOVÉ PRÁCE NAD RÁMEC JIŽ VYPRACOVANÉ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE .....	20
6	PŘEHLED PŘEDPOKLADŮ STABILITY A BEZPEČNOSTI VODNÍHO DÍLA .....	20
6.1	Stabilita a bezpečnost stávajících konstrukcí .....	20
6.2	Etapy výkonu TBD.....	21
6.3	Dosavadní rozsah výkonu TBD v trvalém provozu .....	22
6.4	Měření a sledování související s prováděním stavby hornickým způsobem a geotechnickým monitoringem .....	23
6.5	Rozsah výkonu TBD na nově realizované konstrukci levobřežního vstupu do hráze.....	24
7	NÁVRH ZPŮSOBU SLEDOVÁNÍ JEVŮ A SKUTEČNOSTÍ.....	24
7.1	Sledování dopadu stavebních prací na stávající konstrukce VD.....	24
7.2	Sledování a měření související s geotechnickým monitoringem stavby .....	25
7.3	Sledování na nově realizované konstrukci levobřežního vstupu do hráze .....	25
8	METODY MĚŘENÍ A SLEDOVÁNÍ.....	26
8.1	Měření náklonů bloků hráze náklonoměrem .....	26
8.2	Měření relativních deformací na dilatačních sparách.....	26
8.3	Měření deformací konstrukcí geodetickými metodami.....	27
8.3.1	Svislé posuny kontrolních bodů .....	27
8.3.2	3D posuny kontrolních bodů .....	27

8.4	Měření relativních deformací profilu šachty a štoly při provizorním vystrojení (konvergenční měření) .....	28
8.5	Měření průsaků .....	28
8.6	Sledování dynamických účinků .....	29
9	Mezní hodnoty vybraných sledovaných jevů a skutečností .....	30
10	Zajištění měření .....	30
10.1	Náklonoměrné základny .....	31
10.2	Roztahoměrné základny pro měření relativních deformací na dilatačních spárách .....	31
10.3	Pevné body pro měření svislých a vodorovných posunů .....	31
10.4	Kontrolní body pro měření svislých posunů .....	32
10.5	Kontrolní body pro měření prostorových posunů .....	32
10.6	Kontrolní body pro konvergenční měření .....	32
10.7	Měření průsaků .....	32
11	Harmonogram instalací a prvních měření, návrh období měření .....	33
11.1	Harmonogram instalací a prvních měření .....	33
11.2	Návrh období a četnosti měření .....	33
12	Požadavky na obnovu a modernizaci měřících přístrojů a zařízení .....	33
13	Dokumentace kontrolních přístrojů a zařízení .....	34
13.1	Dokumentace zabudovaných kontrolních zařízení pro negeodetická měření .....	34
13.1.1	Náklonoměrné základny .....	34
13.1.2	Roztahoměrné základny .....	34
13.1.3	Konvergenční profily .....	34
13.2	Dokumentace kontrolních přístrojů pro negeodetická měření .....	34
13.3	Dokumentace zabudovaných kontrolních zařízení pro geodetická měření .....	35
13.3.1	Nivelační body .....	35
13.3.2	Body pro prostorové měření deformací .....	35
13.4	Dokumentace kontrolních přístrojů pro geodetická měření .....	36
13.4.1	Nivelační přístroj .....	36
13.4.2	Nivelační lať .....	36
13.4.3	Přesná totální stanice .....	36
13.4.4	Minihranoly .....	36
13.5	Souhrnné výkazy kontrolních zařízení .....	37
14	Závěr .....	37
15	Seznam příloh .....	39
16	Rozdělovník .....	39

# 1 ÚVOD

Rozsah měření dohledu TBD při akci „VD Lipno – levobřežní vstup do hráze“ byl zpracován na základě smlouvy o dílo (č. objednatele: SML-2390/2023/SML, č. zhotovitele: A2707/23) společností VODNÍ DÍLA - TBD a.s. (dále také VD-TBD) pro Povodí Vltavy, státní podnik.

Technickobezpečnostním dohledem nad vodními díly se rozumí zjišťování technického stavu vodního díla určeného ke vzdouvání nebo zadržování vody, a to z hlediska bezpečnosti a stability a možných příčin jejich poruch. Provádí se zejména měřením deformací, sledováním průsaků, pozorováním, prohlídkami vodního díla a hodnocením výsledků i souvisejících skutečností. Součástí TBD je i vypracování návrhů opatření k odstranění zjištěných nedostatků. Výkon TBD je prováděn v souladu se zákonem č. 254/2001 Sb., a v souvislosti se změnou vodního díla stavbou levobřežního vstupu do hráze má investor stavby povinnost zajistit výkon TBD v souladu s platnými předpisy.

Cílem tohoto dokumentu je především popsat rozsah a způsob měření a pozorování, které je potřeba realizovat v souvislosti s výše uvedenou připravovanou stavební akcí na vodním díle Lipno I. Rozsah měření dohledu obsahuje zejména návrh zařízení a přístrojů potřebných pro zajištění měření.

Vlastní stavební akce „VD Lipno – levobřežní vstup do hráze“ spočívá ve výstavbě vstupu do horní revizní chodby v gravitační části hráze. Nový vstup do hráze bude vytvořen pomocí přístupové šachty a štoly. Vstup do šachty bude přes nadzemní objekt situovaný u komunikace na levém břehu nedaleko od provozní budovy.

Protože zásadní stavební práce při výstavbě přístupové šachty a přístupové štoly budou prováděny hornickým způsobem, je třeba i zajistit bezpečnost výstavby podle příslušných (báňských) předpisů. Při výstavbě podzemních objektů hornickým způsobem observační metodou ražby NRTM je standardně zaváděn geotechnický monitoring stavby (GTM). Činnosti TBD a GTM při této stavební akci spolu úzce souvisejí.

Připravovaná stavba „VD Lipno – levobřežní vstup do hráze“ může ovlivnit vybrané části stávajícího vodního díla Lipno I (gravitační část hráze, injekční clonu v levém zavázání, atp.). Rozsah měření dohledu je proto zpracován tak, aby řešil dva následující okruhy:

- 1) Stanovení podmínek pro vlastní výkon technickobezpečnostního dohledu (TBD) z hlediska vybavení vodního díla vhodnými zařízeními pro sledování deformací a polohových změn dotčených konstrukcí a stability jejich podloží včetně okolních konstrukcí, a to v takovém rozsahu, aby bylo možné v maximální možné míře sledovat a minimalizovat dopady stavebních prací (zejména ražby podzemních objektů) na stávající konstrukce VD z hlediska jejich bezpečnosti a provozuschopnosti.
- 2) Definování rozsahu měření a sledování na nově realizované konstrukci levobřežního vstupu do hráze.

Předmětem rozsahu měření dohledu je:

- popsat rozsah a způsob měření a pozorování na stávajícím vodním díle s ohledem na prováděné stavební činnosti,
- určit rozsah využití stávajících zařízení TBD pro hodnocení vlivu stavby,
- představit metody a zařízení sledování, které je třeba s výstavbou na vodním díle nově zavést,
- popsat rozsah a způsob měření a pozorování související s geotechnickým monitoringem stavby.

Cílem kontrolních měření na stavebních konstrukcích vodního díla je včasné podchycení anomálních polohových změn i dalších neočekávaných změn sledovaných jevů.

Rozsah měření dohledu vychází především z projektové dokumentace stavební akce, ze zkušeností na dílech obdobného charakteru a aktuálního technického stavu vodního díla. Výkon TBD je zaměřen výhradně na kontrolu bezpečnosti a s ní související provozuschopnosti jednotlivých částí VD. Při hodnocení výchozího stavu konstrukcí se vychází především z výsledků kontrolních prohlídek a měření, případně z výsledků dalších doplňujících šetření prováděných vlastníkem či odborně způsobilým subjektem.

Rozsah měření dohledu je zpracován v souladu se zákonem č.254/2001 Sb., o vodách, ve znění pozdějších předpisů v rozsahu podle vyhlášky č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, ve znění pozdějších předpisů. Svým obsahem odpovídá § 6 Zpracování rozsahu měření dohledu výše uvedené vyhlášky.

Kontrolní zařízení pro měření a sledování v rámci činnosti TBD nad vodním dílem Lipno I je navrhováno na úrovni dnešních znalostí a technologií tak, aby bylo možné provádět měření a sledování v průběhu stavby a následně i v období trvalého provozu díla. Zohledněno je dispoziční a konstrukční uspořádání vodního díla, specifika jeho provozu i zařazení VD do I. kategorie z hlediska TBD a vliv stavebních činností prováděných hornickým způsobem. Vybraná měření je vhodné zahájit ještě před výstavbou, tak aby bylo možné lépe definovat přirozené stavbou neovlivněné deformace způsobené zejména teplotními vlivy.

Rozsah dohledu měření obsahuje:

- a) popis a rozbor rizik spojených s existencí vodního díla nebo změny dokončené stavby vodního díla v daném prostředí a provozu,
- b) požadavky na průzkumné a projektové práce nad rámec již vypracované projektové dokumentace výstavby nebo změny stavby dokončeného vodního díla,
- c) přehled důležitých předpokladů bezpečnosti a stability určeného vodního díla a návrh způsobu sledování jevů a skutečností,
- d) návrh metod měření a pozorování, jejich rozsahu a přesnosti, přístrojů a zařízení k provádění dohledu,
- e) přehled mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností ovlivňujících bezpečnost a stabilitu určeného vodního díla a jím ohroženého území,
- f) návrh bezpečných přístupů k měřicím zařízením a návrh opatření na zajištění bezpečného výkonu měření a údržby měřicích zařízení, včetně jejich ochrany před poškozením,
- g) harmonogram instalací a prvních měření podle postupu výstavby nebo změny dokončené stavby vodního díla,
- h) požadavky na obnovu a modernizaci měřicích přístrojů a zařízení,
- i) návrh období, ve kterém se bude měření a pozorování provádět,
- j) dokumentaci kontrolních zařízení.

## 2 POUŽITÉ PODKLADY

Pro zpracování tohoto Rozsahu měření dohledu byly použity následující podklady:

- 1) Projektová dokumentace pro vydání územního rozhodnutí „VD Lipno I – levobřežní vstup do hráze“ („DUR“), září 2018, VODNÍ DÍLA - TBD a.s.
- 2) Inženýrskogeologický průzkum „VD Lipno I – levobřežní vstup do hráze“, březen 2021, KlaGeo, s.r.o.
- 3) Znalecký posudek „VD Lipno I – levobřežní vstup do hráze – návrh trhacích prací“ březen 2022, Ing. Luděk Bartoš.
- 4) Projektová dokumentace pro stavební povolení „VD Lipno I – levobřežní vstup do hráze“ červen 2023, VODNÍ DÍLA - TBD a.s.
- 5) Projektová dokumentace pro provádění stavby „VD Lipno I – levobřežní vstup do hráze“ prosinec 2023, VODNÍ DÍLA - TBD a.s.
- 6) Geodetické zaměření svahu nad levobřežním zavázáním, 07/2015, VODNÍ DÍLA – TBD a.s.
- 7) VD Lipno I – Program TBD č. 5, platný pro provoz trvalý od: 1.1.2018, VODNÍ DÍLA - TBD a.s., 2017.
- 8) Manipulační řád VD Lipno I, VODNÍ DÍLA - TBD a.s., revize Povodí Vltavy, státní podnik 01/2014.
- 9) Etapové a Souhrnné etapové zprávy TBD, VODNÍ DÍLA - TBD a.s.
- 10) Hydroprojekt: VD Lipno I - Souhrnný elaborát Textová část, svazek 1 (Praha, 1963),
- 11) Hydroprojekt: VD Lipno I - Souhrnný elaborát Výkresová část, svazek 2 (Praha, 1963).
- 12) Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a změně některých předpisů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- 13) Vyhláška č. 471/2001 Sb., o TBD nad vodními díly, v platném znění.

Dalšími podklady byly zejména:

- ČSN 75 0101 Vodní hospodářství. Základní terminologie
- ČSN 75 0120 Vodní hospodářství. Terminologie hydrotechniky (2009)
- ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – hlavní parametry a vybavení (2004)
- TNV 75 2005 Pozorování a měření konstrukcí vodních děl, 2004-02

### 3 INFORMACE O VODNÍM DÍLE A STAVBĚ

Níže uvedený popis současného stavu vodního díla není ucelený. Popsány jsou zejména ty skutečnosti, které mají souvislost s realizací vstupu do hráze. Ostatní údaje o vodním díle je možno dohledat v uvedených podkladech.

#### 3.1 Základní informace o vodním díle

Stavba VD Lipno I započala v roce 1953 a dokončena byla v roce 1959. Vzdouvací objekt tvoří přímá sypaná zemní hráz, u levého břehu kombinovaná s betonovou tížnou částí. Zemní část hráze je s návodním těsnicím jádrem z písčitých a sprašových hlín. Na VD je umístěna malá vodní elektrárna využívající sanační průtok mezi Lipnem a Vyšším Brodem. Podzemní elektrárna o jmenovitém výkonu 2 x 60 MW je provozovaná jako špičková.

**Gravitační betonová část hráze** na levém břehu je složena z 8-mi tížných bloků (č. 0 až 7) založených na zdravé dvojslídne žule. Základová spára byla před betonáží očištěna tlakovou vodou, spáry a pukliny vyškrábány na dosažitelnou hloubku. Blok č. 7 byl z části založen na studnokesonech č. 11 a č. 12, které navazovaly na keson č. 10 těsnicí clony zemní části hráze.

Utěsnění skalního podloží bylo prováděno nejprve „fortifikačními vrty“ po vybetonování prvních lamel do výše 2 m. Dále byla provedena jednořadá injekční clona z úrovně injekční chodby svisle do hloubky 10-12 m v konečných vzdálenostech 1,25 až 1,5 m.

V betonové části hráze jsou umístěny funkční objekty hráze. Zhruba uprostřed (bloky č. 4 a 5) dva bloky spodních výpustí a přelivů (jedna výpust a jedno pole přelivu jsou umístěné nad sebou), při levém břehu (v bloku č.3) odběrný objekt průmyslového vodovodu.

Po koruně hráze je vedena vozovka, napojená na místní silniční síť.

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

#### 3.1.1 Účel a využití vodního díla

Vodní dílo zajišťuje svou funkcí a hospodařením s vodou následující účely:

- minimální průtok (MQ) ve Vltavě pod nádrží Lipno II. ve výši  $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a minimální průtok ve starém korytě Vltavy pod nádrží Lipno I. ve výši  $1,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- nalepšení a dotaci průtoku do nádrže Hněvkovice pro zajištění minimálního průtoku pod nádrží Hněvkovice  $6,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , po uvedení JE Temelín do provozu dále pro zajištění odběru JETE, minimálního průtoku pod nádrží Hněvkovice  $6,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a minimálního průtoku v profilu Kořensko  $9,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- využití odtoku z nádrže k výrobě elektrické energie ve špičkové vodní elektrárně, která je součástí vodního díla,
- dodávku povrchové vody pro Loučovické papírny a vodovod obce Loučovice v celkové výši  $0,325 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- využití minimálního odtoku z nádrže Lipno I k výrobě elektrické energie v průtočné vodní elektrárně, která zpracovává minimální odtok z VD do původního koryta o velikosti  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- manipulace ke zlepšení hygienických podmínek a kvality vody ve Vltavě,
- snížení velkých vod na Vltavě a částečnou ochranu území pod přehradou před účinky povodní,



- ovlivňování zimního průtokového režimu pod přehradou a omezení nežádoucích ledových jevů,
- rekreaci a vodní sporty, rybí hospodářství a plavbu v nádrži.

### 3.1.2 Rozdělení prostoru nádrže

<i>Vyčleněný prostor</i>	<i>Kóta hladiny [m n.m. (Bpv)]</i>	<i>Objem [mil.m<sup>3</sup>]</i>	<i>Zatopená plocha [ha]</i>
Prostor stálého nadržení	716,10	23,354	1 007,7
Zásobní prostor nádrže	724,90	252,991	4 603,2
Ochranný ovladatelný prostor	725,60	33,156	4 870,0
Celkový prostor	725,60	309,502	4 870,0

Rozdělení prostoru nádrže je uvedeno podle patného manipulačního řádu. **Maximální vodopravně projednaná hladina vody v nádrži je 725,60 m n. m.**

### 3.1.3 Spodní výpusti

Dvě spodní výpusti, jmenovité světlosti 2500 mm, jsou umístěny v gravitačních blocích č. 4 a 5, pod přelivnou plochou.

Hrazení výpustí:

- provizorní hrazení hradidlová tabule 4,2 x 4,2 m
- návodní uzávěr . . . . . brýlový
- provozní uzávěr regulační segment 1,5 x 2,9 m
- ovládání uzávěrů výpustí . . . . . z prostoru ve funkčních blocích gravitační části hráze i dálkově z provozní budovy
- pohon uzávěrů spodních výpustí . . . . brýlové uzávěry – hydraulický  
segmentové uzávěry – elektro mechanický
- kóta osy výpusti 705,62 m n.m.
- kóta prahu před vtokem do výpustí 705,02m n.m.
- kóta prahu vtoku do výpustí 703,22m n.m.

Průtočná kapacita dvou výpustí je při charakteristických úrovních hladiny v nádrži a při úplném otevření uzávěrů následující:

716,10	m n.m.	127,82	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
724,90	m n.m.	169,32	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
725,35	m n.m.	171,17	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
725,60	m n.m.	172,19	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>

Pod výpustmi je betonový vývar, délky ve dně 27,1 m, se stupňovitým uzavíracím prahem (tři stupně výšky 0,9 m, 0,95 m a 0,91 m), hluboký 2,76 m.

### 3.1.4 Bezpečnostní přeliv

Dvě přelivná pole korunového přelivu jsou umístěná zhruba uprostřed betonové části hráze, na výpustných blocích č.4 a 5. Hrazená jsou na výšku 2,35 m ocelovými klapkami.

- kóta koruny pevného přelivu 723,27 m n.m.
- světlá délka 1 přelivného pole 10 m
- celková světlá délka přelivu 20 m
- ovládání klapek ..... z místa i dálkově z provozní budovy, pohon mechanický elektromotorem
- provizorní hrazení přelivu ..... skříňová hradidla výšky 80 cm
- vývar pod přelivy je společný i pro spodní výpusti

Kapacita dvou polí přelivu při maximální hladině v nádrži na kótě

725,60 m n.m. .... 148,42 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>

### 3.1.5 Odběr průmyslového vodovodu a MVE

Odběry jsou umístěné ve dvou odběrných šachtách v betonové gravitační části hráze u levého břehu (v bloku č.3).

Vtoky do šachet jsou světlosti DN 1200 mm, hrazené hradítky obsluhovanými z koruny hráze. Kóta osy vtoku je 714,62 m n.m.

Odběrná potrubí z odběrných šachet 2 x DN 700 mm jsou v ose na kótě 713,32 m n.m. opatřena klapkovými uzávěry DN 700 mm umístěnými ve strojovně odběrů. Za šoupaty se potrubí odběrů spojují do jednoho odběrného potrubí pro papírnu v Loučovicích DN 600 mm.

V bývalém objektu uzávěrů byla vybudována MVE využívající stálý asanační průtok 1,5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Francisova horizontální turbína o maximální hltnosti 1,79 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> je připojena na odběrné potrubí (před turbínou klapkový uzávěr DN 600 mm).

### 3.1.6 Přístupy do gravitační části hráze

V gravitační části hráze jsou umístěny významné technologické celky velice důležité pro provoz a bezpečnost vodního díla. Jedná se zejména o výše popsané spodní výpusti, bezpečnostní přelivy, odběr průmyslového vodovodu a MVE.

Pro zajištění přístupu k jednotlivým zařízením v hrázi byl již při výstavbě vybudován systém revizních chodeb a vnitřních prostor v hrázi.

#### Revizní chodby – celková dispozice

Ve zdivu hráze jsou celkem tři revizní chodby na kótách 725,30; 709,25 a 699,60 m n.m. navzájem jsou propojeny šachtou na konci bloku č.7. Šachta se nepoužívá ke komunikaci, je v ní zavěšeno hrázové kyvadlo. Horní a střední chodba je propojena v bloku č.3 schodištěm, vedeným až na úroveň plošiny jeřábové dráhy (729,60). Přístup do střední chodby je dále řešen v bloku č. 3 z příjezdové cesty ke hrázi vedené na kótě 710,10 podél levé vývarové zdi (podhrází, manipulační zpevněný prostor na levém břehu). Přístup je přes provozní prostory vodní elektrárny Lipno (ČEZ, a.s.).

Střední a dolní chodba je propojena montážní šachtou 200 x 170 cm umístěnou v bloku č.4 a šachtou 80 x 140 cm, umístěnou v bloku č.5.

V každé dilatační spáře je provedena svislá revizní šachta, navazující na revizní chodby na protivodní straně. Tyto šachty rozměrů 70/70 nebo 80/80 cm jsou provedeny v každé dilatační spáře z nejnižší chodby až po kótu 727,70.

#### **Revizní chodba v úrovni 725,30 (horní)**

Chodba výšky 210 cm a šířky 120 cm je provedena v blocích 2,3 a 6,7 a umožňuje přístup do strojoven klapků umístěných v blocích č.3 a 6.

#### **Revizní chodba v úrovni 709,25 (střední)**

Chodba výšky 270 cm je v blocích č. 7, 6 a 5 široká 120 cm, od části bloku č.4 je široká 170 cm. Půdorysně je zalomena směrem proti vodě v bloku č. 6 a 2, tak že částečně sleduje rozšiřování bloků. Od části bloku č. 2 postupně stoupá schodištěm přes blok č. 1 až do bloku č.0, kde končí na kótě 720,10 m n.m.

V bloku č. 3 je propojena 2 m širokou chodbou kolmou k ose hráze s přístupovou komunikací vedenou na kótě 710,10 podél levé vývarové zdi. V bloku č. 4 a 5 jsou umístěny brýlové uzávěry s pohybovými mechanismy. Dále v ose každého tohoto bloku je provedena 3,3 m široká chodba, vedoucí k ovládacím mechanismům segmentových uzávěrů spodních výpustí.

Obě tyto chodby zaústějí do prostoru nad výtoky segmentů, odkud je možno provést provizorní zahrazení proti spodní vodě. Tento prostor na kótě 710,10 v blocích č. 4 a 5 je přístupný také přímo z příjezdové komunikace.

#### **Revizní chodba v úrovni 699,60 (dolní)**

Je provedena pouze v blocích č. 7, 6, 5, 4 a v délce 1,5 m v bloku 3. V bloku č. 6 je půdorysně zalomena a zhruba v jedné třetině bloku je na ní napojená kolmá chodba v délce 11m. V chodbě jsou situovány vztlakoměrné vrty a v bloku č. 4 je v nejnižším místě je studna prosáklé vody.

### **3.1.7 Geologické a základové poměry**

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.

Před výstavbou vodního díla byl proveden inženýrsko geologický průzkum (zvažovány byly tři profily).

**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 odvrtní 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.

### 3.1.8 Utěsnění skalního podloží

Po provedení fortifikačních vrtů byla pod gravitační hrází provedena jednořadá injekční clona. Injekční vrty byly provedeny jako jádrové prům. 80 mm z úrovně injekční chodby svisle do hloubky 10-12 m v prvním pořadí ve vzdálenostech 2,5 až 3 m. Z úrovně bloku č. 0 byly provedeny šikmé vrty do úbočí. Po provedení vodní tlakové zkoušky byla prováděna injektáž. Injekční směs byla připravována v poměru 1 díl cementu na deset až jeden díl vody podle zjištěné propustnosti. V druhé fázi se provedly injekční vrty ve středech mezilehlých vzdáleností.

### 3.1.9 Hrázové bloky, blok č. 0

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 těsnící 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 těsnící účinek. Tento blok výšky 10 – 12,5 m, byl betonován jako poslední až po dosypání zemní hráze.

## 3.2 Základní informace o připravované stavbě

Předmětem stavby „VD Lipno I – levobřežní vstup do hráze“ je zřídit operativní přístup do vnitřních prostor gravitační části hráze. V projektové dokumentaci 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 navrženo vybudovat přístupovou šachtu se schodištěm a přístupovou štolu. Na konci přístupové štoly bude v místě zvětšeného výrubu provedeno propojení do stávající střední revizní chodby. Propojení v definitivě bude obdélníkového profil. Přístupová šachta vnitřních rozměrů  $2,5 \times 2,5$  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. Přístup do objektu bude z odstavné plochy navazující na místní komunikaci. Nové objekty budou vybaveny osvětlením a rozvody NN napojeným na rozvody ve střední revizní chodbě. Součástí stavby bude napojení hráze na vodovod z provozní budovy. Touto komunikační trasou bude možné vést i další inženýrské sítě (např. sdělovací kabely, atp.). Vstup bude vybaven odvětráním a dveřmi zajištěnými proti vstupu nepovolaných osob. Součástí stavby bude i obnova injekční clony v místě levobřežního zavázání.

### 3.2.1 Členění stavby

Stavba je členěna na tyto stavební objekty:

SO 01 – Vstup do hráze

SO 02 – Zajištění svahu

SO 03 – Osvětlení

SO 04 – Inženýrské sítě

### 3.2.2 Základní popis stavebních objektů

#### SO 01 – Vstup do hráze

Stavební objekt je pro přehlednost dělen na:

SO01.1 – Šachta, SO01.2 – Štola, SO01.3 – Injekční clona

#### Provizorní ostění a zajištění přístupu a odvodnění po dobu ražby

##### (SO01.1 - Šachta, SO01.2 - Štola )

Po dokončení zajištění svahu za šachtou bude z upravené, vyrovnané plochy pro ZS realizován ve výkopu/výrubu železobetonový ohlubňový věnec (rám) pro zajištění horních částí hloubení šachty, pro ukotvení těžního mechanismu a ochranného zábradlí.

Ze dna výkopu pro ohlubňový rám bude hloubena šachta a po záběrech zajišťována stříkaným betonem a horizontálními příhradovými ocelovými rámy. S ohledem na geologické poměry jsou navrženy záběry dl. 1,5 m. V horní části do hl. cca 1,2 m bude rozpojování horniny pomocí mechanismů, hlouběji s použitím trhacích prací a začištěním výrubu ručními mechanismy. Záběry pro trhací práce budou menší dle předpokladů návrhu trhacích prací, viz podklady.

Provizorní zajištění bude pomocí stříkaného betonu s jednou výztužnou sítí. Zajištění výrubů bude dle zastižených poměrů doplňováno hydraulicky upínanými svorníky.

Vnitřní rozměry šachty v primárním ostění jsou 3,1/3,1m, vrub 3,2 až 3,36/3,2 až 3,36 m. K teoretickým vnitřním rozměrům primárního ostění je připočtena předpokládaná tloušťka pro toleranci a technologický nadvýrub 4 cm. Hloubka jámy je 8,25 m pod úroveň upraveného povrchu.

Obvod jámy musí být po dobu ražby opatřen zábradlím výšky min. 1,1 m a okopnou hranou o výšce 20 cm s vyspádaným klínem pro zamezení průniku povrchové vody do jámy, pádu materiálu a různých předmětů do jámy. Rozpojování bude probíhat v převážném rozsahu s použitím trhacích prací v kombinaci s použitím malé mechanizace (sbíjecí kladiva, Darda, GTB). S postupným hloubením jámy se budou příhradové rámy zavěšovat na ocelová táhla a co nejpřesněji polohově fixovat pro zajištění přípustných tolerancí. V jámě bude těžní oddělení a technický prostor, kterým budou při hloubení jámy vedena potřebná potrubí (např. výtlačkové potrubí z místní čerpací jímky, přívod vody a potrubí pro dopravu betonové směsi). Jáma bude vystrojena ocelovým žebříkem s ochranným košem. Žebříky budou kotveny k výztuži jámy. Vstup na lezní oddělení bude opatřen uzamykatelnými dvířky. Ve dně bude jámy provedena podkladní bet. deska. Je navrženo vyhloubení místní čerpací jímky pro možnost čerpání průsakové nebo dešťové vody. S ohledem na horninové prostředí, bude nutno sledovat kvalitu horniny a v případě zastižení odlišných poměrů od stávajících předpokladů budou upraveny rozteče rámu nebo jejich posílení, zdvojení.

Ze dna výrubu šachty bude provedena rozrážka. V místě rozrážky bude vyříznuta část posledních výztužných rámu v rozsahu kolize s výrubem rozrážky.

Z přístupové šachty bude dále ražena přístupová štola směrem k návodnímu líci a čelu bloku č. 0. Štola bude ražena úpadně ve spádu 6,2%, převážně v žulovém masivu.

Předpokládá se, že postupem ražby k nádrži se mohou zvětšovat přítoky vody z podloží a svahu, které se budou pravděpodobně zvětšovat s postupem ražby k návodnímu líci hráze.

Rozpojování bude probíhat převážně s použitím trhacích prací po dílčích záběrech a malé mechanizace (sbíjecí kladiva, Darda, GTB) pro začištění výrubů. Zajištění výrubů bude dle zastižených poměrů doplňováno hydraulicky upínanými svorníky.

Postupem štoly směrem k návodnímu líci bude ražba prováděna bez použití trhacích prací (např. pomocí sbíjecích kladiv a hydraulicky rozpojitelných klínů „DARDA“), nebo v režimu opatrné trhací práce (malé délky záběrů až 0,25 m, více nenabíjených obrysových vrtů, malé nálože, atp.).

Přístupová štola bude zakončena čelbou ze stříkaného betonu se sítí, v případě potřeby doplněná subhorizontálními hydraulicky upínatelnými svorníky.

Poslední částí ražené štoly je přechodový krček na konci zvětšeného profilu k betonům tělesa hráze. Zde bude na levé straně z boku štoly provedena krátká rozrážka, pouze cca 55 cm pro propojení s revizní chodbou v bloku č. 0. Je obdélníkového profilu se světlou šířkou 1,73 m a výškou 2,8 m. Propojení bude provedeno bez použití trhacích prací. Celková délka propojovacího krčku je cca 1,5 m. Zbývající část bude vedena převážně v betonu bloku č. 0. Pro vybourání otvoru jsou navrženy jádrové obrysové vrtý a proříznutí diamantovým lanem. Sklon krčku bude cca 1 % směrem k bloku č. 0.

Stříkaný beton primárního ostění štoly je navržen - SB25, typ II, obor J2, tl. 8-13 cm, příhradové rámy P50-20-25, á 1,5m, s rovnými stojkami a vrchním obloukovým dílem. Spoje dílů příhradové výztuže jsou šroubované. S postupem ražby na požadovanou délku záběru se musí osadit a zařízovat v předepsané poloze příhradový rám. K teoretickým vnitřním rozměrům primárního ostění štoly je připočtena předpokládaná tloušťka pro toleranci a technologický nadvýrub 4 cm.

Doprava materiálu a rubaniny ve štole bude prováděna pomocí koleček nebo „Japankami“.

Ražba se předpokládá ve III. st. ražnosti, z 90% v suchu z 10% v mokru, úpadní ve spádu 6,2%.

Vnitřní rozměry chodby v primárním ostění jsou š.=2,50 až 2,66 m, v.=výrub 2,85 až 2,90 m.

Profil štoly je navržený ve dvojím provedení. Standardní profil je v délce 14,03 m. Za ním je zvýšený profil v délce 1,81 m s náběhem. Zvýšený profil je nutný pro manipulační prostor a k provedení boční rozrážky přechodového krčku s průrazem do tělesa hráze a napojení na stávající chodbu se schodištěm. Čelo zvýšeného profilu štoly za odbočkou krčku bude rovněž zajištěno SB se sítí a svorníky.

K teoretickým vnitřním rozměrům primárního ostění štoly je připočtena předpokládaná tloušťka pro toleranci a technologický nadvýrub 4 cm.

Počva štoly bude opatřena provizorní dřevěnou podlahou z prken na „polštářích“. Ve dně štoly bude postupně pod podlahou zřízeno v rýze stavební odvodnění s potrubím DN 80 ve štěrkovém loži.

Ve dně šachty bude zřízena dočasná čerpací jímka pro zadržení potenciálních průsakových vod, která bude udržována společně s postupem ražby štoly. Ve dně štoly bude postupně pod podlahou zřízeno v rýze stavební odvodnění s potrubím DN 80 ve štěrkovém loži. Dočasná čerpací jímka pro zadržení potenciálních průsakových vod bude zřízena rovněž na konci štoly ve dně zvýšeného profilu do doby realizace sekundárního definitivního ostění štoly a šachty.

### **Definitivní ostění štoly, šachty a odvodnění**

#### **(SO01.1 - Šachta, SO01.2 - Štola )**

Definitivní konstrukce šachty a štoly je navržena z betonu třídy C30/37 – XA2, DI, D MAX – Dmax -22, S1.

Vázaná výztuž B500B, při respektování krycí vrstvy min. 30 mm z obou stran. Tl. desek dna štolý bude 20 cm, stěn a stropu 20 cm. Konstrukce žebet. desky dna štolý bude provedena na vyrovnávacím podkladním betonu C12/15-XO tl. 10 cm.

Tl. dna šachty bude 25 cm na podkladním betonu tl. 15 cm.

V případě štolý bude po vybetonování dna realizována betonáž stěn a stropů do posuvného bednění v sekcích 4-6m.

Pro betonáž šachty se předpokládá betonáž rovněž do posuvného bednění po sekcích 3 m.

Nadzemní část šachty bude vybetonován do systémového bednění dle možností zhotovitele.

Pro minimalizaci průsaků do štolý a šachty je navržena celoplášťová hydroizolace za rubem definitivního ostění konstrukcí, typ „ponorka“. Složení hydroizolačního souvrství:

Na vyrovnaný povrch primárního ostění bude uložena ochranná geotextilie. Dle technologického postupu zhotovitele bude postupně po betonážních sekcích přikotvena a vodotěsně napojována izolační fólie. Před montáží výztuže bude na fólii uložena druhá ochranná geotextilie.

Pro napojení hydroizolačního souvrství, pracovní a dilatační spáry budou provedeny příslušné detaily event. upraveny dle předepsaných technologických postupů vybraného dodavatele hydroizolační fólie.

Pro sekundární ostění šachty jsou navrženy horizontální **pracovní spáry** s vnějšími spárovými pásy a vnitřními dilatačními spárovými pásy. Pro štolu budou pracovní spáry horizontální mezi deskou dna a stěnami, stěnami a klenbou stropů, pokud se budou betonovat zvlášť. Příčné pracovní spáry budou mezi jednotlivými sekcemi betonáže štolý. Přejechod v napojení mezi raženým krčkem a prostupem do tělesa hráze v napojení na středních chodbu bude mít speciální vodotěsnou úpravu.

**Dilatační spáry** jsou navrženy mezi šachtou a štolou a ve štolě v místě přechodu standardního profilu na zvýšený. Spáry budou na rubu opatřeny spárovými pásy na hydroizolační fólii. Vlastní díl. spáru mezi bloky tl. 2 cm tvoří vložené desky EPS v líci vyplněné kruhovým provazcem a utěsněny trvale pružným PU tmelem.

Pro eliminaci hydrostatického tlaku průsakových vod na definitivní podzemní konstrukce je navržena definitivní drenáž od šachty až do propojení se střední chodbou v tělese hráze.

Definitivní odvodnění v ose štolý se provede po dokončení primárního ostění prohloubením stavebního odvodnění a přechodovým obloukem se přes spojovací krček napojí na boční odvodňovací kanálek schodiště střešní chodby tělesa hráze. Definitivní drenážní potrubí je DN150, a bude uloženo do obalového drenážního betonu.

Pro kontrolu funkce definitivního odvodnění a měření množství průsakové vody je v přechodovém krčku navržena v bet. dně střední chodby za horním koncem schodiště kontrolní jímka zakrytá porořostovým poklopem a vnitřním hydroizolačním nátěrem.

### **Ostatní konstrukce a vystrojení po dokončení definitivního ostění**

Střešní konstrukce je navržena ve shodě s dokumentací DUR jako celokovová s hlavními prvky z profilů Ja. Střecha je sedlová nesouměrná s přesahy nad obvod vstupního objektu.

Střešní krytina je navržena z ocelových pásů tl. 0,5 mm typu SATJAM Rapid se stojatou drážkou. Při montáži bude doplněna o klempířské detaily hřebene střechy, okapnic po okraji střechy apod. z materiálu stejného dodavatele střešního pláště.

Pro omezení kondenzace vodní páry u stropu vstupního objektu je navržen podhled zavěšený pod konstrukcí střechy. Skladba zavěšeného podhledu z protipožárních desek s parotěsnou fólií a tepelnou izolací.

Vstupní dveře do vstupního objektu jsou navrženy jednokřídlové dveře 1790/900 pro vnější použití.

Vnitřní prostory štol, a šachty jsou odvětrávány dvěma otvory ve stěně vstupního objektu opatřené protidešťovými žaluziemi.

Ocelové schody v přístupové šachtě pro definitivu jsou navrženy jako samonosné, složené ze dvou částí tak, aby hmotnost nepřesahovala jednotlivě cca 700 kg. Schody byly rozděleny i z důvodů provedení povrchových ochranných opatření (navrženo je pozinkování). Předpokládá se, že budou spuštěny jeřábem jako hotový prvek a to včetně zábradlí s následným uchycením, zafixováním a spojením, po vybetonování definitivního ostění šachty a po odstranění všech pomocných konstrukcí (bednění, lešení atd.) Půdorysný rozměr schodů je čtvercový (požadavek investora – plné využití prostoru). Odstup od ostění je 50 mm.

## **Zajištění nepropustnosti horninového prostředí**

### **(SO01.3 – Injekční clona)**

Injekční clona řeší utěsnění horninového prostředí a prostorů v okolí přístupové štol a jejího napojení na revizní chodbu v hrázovém bloku 0. Těsnění je potřebné k zabránění únikům vody z nádrže a blízkého horninového prostředí a jejím nežádoucím účinkům při průsakům v prostředí a v okolí konstrukcí. V ose revizní chodby v hrázi se nachází původní těsnicí injekční clona. Její funkčnost bude ovlivněna (porušena) prováděním trhacích prací při ražbě.

Injekční práce se budou skládat z **fortifikační (přípojovací) injektáže** prostoru horninového masivu směrem na návodní stanu čela chodby a dále pak z vlastní injekční clony v ose chodby. Injekční clona bude v prostoru horninového prostředí tvořit „injekční vějíř“.

## **SO 02 – Zajištění svahu**

Stavební objekt je rozpočtově dělen na:

SO02.1 – Zajištění svahu - šachta, SO02.2 – Zajištění svahu - zeď

Rozdělení na samostatné podobjekty má přímou souvislost s postupným prováděním vlastních stavebních prací.

### **SO02.2 – Zajištění svahu - šachta**

Tento podobjekt řeší zajištění svahu pro realizaci ohlubňového rámu, hloubení šachty, zajištění plochy a prostoru pro realizaci ražeb, pro umístění těžních mechanismů a definitivních konstrukcí je nutno odtěžit část skalního svahu v místě stavby. Rozsah je navržen tak, aby okolo šachty byla ze strany svahu bezpečná rovná plocha o šířce min. 1 m.

Předpokládá se, že způsob a prostředky zajištění nad šachtou budou shodné s realizací zajištění svahu pro odstavnou a manipulační plochu pod schodištěm směrem k administrativní budově.

Zajištění svahu bude provedeno odtěžením svahu a jeho zajištění opěrnou zdí nad odstavnou a manipulační. V prostoru za zadní stěnou nadzemní částí šachty bude shodné zajištění překryto definitivním zásypem.

Odtěžení části svahu v horních partiích bude pravděpodobně prováděno zpočátku ve svahové suti, a dále v narušeném skalním masivu. Odtěžení svahu se předpokládá bez použití trhacích prací



(u již kompaktního horninového masivu např. pomocí sbíjecích kladiv a hydraulicky rozpojitelných klínů „DARDA“), nebo v režimu opatrné trhací práce (malé délky záběrů až 0,25 m, více nenabíjených obrysových vrtů, malé nálože, atp.).

S postupným odtěžováním svahu bude očištěný skalní svah provizorně zajištěn stříkaným betonem v tl. cca 10 cm (pouze pro rozsah zajištění za šachtou) s výztuží z Kari sítě 8/150x8/150. Dle aktuálního zastiženého stavu horniny bude zajištění případně doplněno plošně instalovanou ochranná ocelová síť proti skalnímu řícení s vplétanými ocelovými lany Ø 8 mm á 300 mm (zabraňujícími skalnímu řícení menších bloků a kusů). Ocelová síť bude kopírovat povrch skalní stěny a bude kotvena kotevními prvky.

Zajištění bude doplněno samozávrtnými svorníky dl. 4 m injektovanými dvousložkovým expanzním polyuretanem s řízenou reakční dobou. Rozmístění kotevních prvků, ochranných sítí a jejich rozsah je navržený v dokumentaci, bude přizpůsoben odhaleným poměrům.

Zastižené skalní pukliny, prameny, či výrony podzemní vody budou opatřeny drenážní trubkou HDPE DN 80 perforovanou do vrtů prof. 100 mm a svedeny až na líc opěrné zdi před hranu stříkaného betonu. Min. délka odvodňovacích vrtů a trubek 1,5m.

Sanace povrchů odtěženého svahu za opěrnými zdmi bude provedena zpětným zásypem povrchového půdního horizontu, ohumusováním a osazením travním porostem. V ploše nad rozsahem zajištění bude stabilita zásypu navíc posílena geomřížemi, georožemi.

Po dokončení definitivních konstrukcí šachty vč. vstupní části bude prostor za zadní stěnou nadzemní části šachty překryt definitivním hutněným zásypem.

Odvodnění povrchu zásypů za vstupním objektem bude betonovými žlabovkami do bet. lože s pískovým podsypem.

Převedení odvodnění svahem po levé straně vstupního objektu příkopovými tvárnici, až na úroveň definitivních úprav terénu a zpevněných ploch.

### **SO02.2 – Zajištění svahu - zeď**

V rámci tohoto podobjektu bude provedeno definitivní zajištění odtěženého svahu mezi přístupovou šachtou a stávajícími schody u dozorství vodního díla.

Odtěžení části svahu pravděpodobně prováděno zpočátku ve svahové suti, a dále v narušeném skalním masivu. Odtěžení svahu se předpokládá bez použití trhacích prací (u již kompaktního horninového masivu např. pomocí sbíjecích kladiv a hydraulicky rozpojitelných klínů „DARDA“), nebo v režimu opatrné trhací práce (malé délky záběrů až 0,25 m, více nenabíjených obrysových vrtů, malé nálože, atp.).

Svah bude provizorně zajištěn nabetonávkou stříkaným betonem na ocelovou výztuž ze svařovaných sítí. Aplikována bude vyrovnávací vrstva a následně staticky působící vrstvy v celk. tl. 200 mm. Zajištění bude doplněno samozávrtnými svorníky dl. 4 m injektovanými dvousložkovým expanzním polyuretanem s řízenou reakční dobou. Rozmístění kotevních prvků, ochranných sítí a jejich rozsah je navržený v dokumentaci, bude přizpůsoben odhaleným poměrům.

Na líc provizorního zajištění bude provedena obkladová zeď. Tato zeď bude zděná z regulačního lomového kamene do 60 kg. Zastižené skalní pukliny, prameny, či výrony podzemní vody budou opatřeny drenážní trubkou a svedeny až na líc opěrné zdi. Na korunu zdi bude provedena parapetní železobetonová dilatovaná deska.

Obdobným způsobem bude zajištěn i výkop v místě u schodů dozorství vodního díla (zvětšení plochy parkoviště).

Za korunou opěrné zdi bude provedeno rozšíření podesty stávajícího schodiště. Bude provedeno vybourání zídky u podesty stávajícího schodiště pro přístup na tuto plochu, jejíž povrch bude proveden jako mlatový.

V prostoru nad rozšířenou podestou bude zčásti ponechán obnažený skalní výrub, který bude podle zastiženého stavu zajištěn pomocí geomříže kotvené do tohoto skalního podloží.

V ploše nad hlavní opěrnou zdí a vstupním nadzemním objektem bude stabilita zásypu navíc posílena geosítěmi.

Sanace povrchů odtěženého svahu za opěrnými zdmi bude provedena zpětným zásypem povrchového půdního horizontu, ohumusováním a osazením travním porostem.

Součástí tohoto stavebního objektu je také vytvoření odstavné plochy pro parkování vozidel pod opěrnou zdí a obnova příkopu vedoucí ke stávajícímu propustku pod komunikací II/163 na návodní stranu hráze. Tyto povrchy budou provedeny jako dlažba ze žulových kostek.

### **SO 03 – Osvětlení**

Elektroinstalace obsahuje:

- a) Napojení na rozvod el. energie, úprava rozvodů
- b) Umělé osvětlení
- c) Nouzové osvětlení
- d) Zásuvková instalace
- e) Přípravenost pro větrání šachty

### **SO 04 - Inženýrské sítě**

Do hráze bude zaveden vstupním objektem a štolou vodovod z provozní budovy VD Lipno I.

Podle požadavků investora budou do výkopu mezi provozním objektem a vstupním objektem – přístupová šachta vloženy 2 chráničky DN 100, jako rezerva pro budoucí možnost vedení komunikačních sítí Povodí Vltavy, státní podnik.

Navrženy jsou korugované chráničky (trubka elektroinstalační, ohebná, dvouplášťová D 94/110 mm, HDPW+LDPE s protaženým lankem).

### **3.2.3 Výsledky inženýrsko-geologického průzkumu v místě stavby levobřežního vstupu do hráze**

Inženýrsko-geologický průzkum popisující podmínky v místě stavby levobřežního vstupu do hráze byl provedený v období února – března 2021 společností KLaGeo s.r.o.

Geologicko-průzkumné práce byly provedeny za účelem:

- Ověření petrografické stavby horninového masivu
- Ověření tektonických podmínek zkoumaného prostoru
- Stanovení základních fyzikálně-mechanických vlastností horninového masivu
- Ověření hydrologických podmínek posuzovaného prostoru

V rámci vrtných prací byly provedeny v zájmovém prostoru tři jádrové vrty. Svislé vrty J1 a J2 hloubky 10,3 m byly umístěny v oblasti zahloubení vstupní šachty a vstupní chodby. Vodorovný vrt J3 byl umístěn v čelbě revizní chodby v bloku 0 betonové části hráze.

Následovalo provedení laboratorních zkoušek hornin. Stanovení objemové hmotnosti a pevnosti v tlaku u vybraných vzorků.

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 zvětralého až silně navětralého masívu (R4-R5, GT2b). Od hloubky cca 3 m je horninový masív budován pevnou celkově slabě navětralou 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.

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, je tedy 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 vcelku příznivá, nicméně při návrhu způsobu ražby a zajištění stěn výrubu je nutné uvažovat s možností vypadávání horninových bloků různé velikosti, zejména z oblasti záklenku štoly.

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 trhlin. V minulosti byl skalní masív v přehradním profilu těsně injekční clonou, tuhá cementová směs byla zastižena ve výplni trhliny 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. Množství běžných přítoků do výrubu lze očekávat maximálně v řádu prvních l/s.

Z provedených průzkumných prací vyplývá, že ve zkoumané části horninového prostředí lze vyčlenit níže uvedené horninové celky (geotechnické typy), kvazihomogenní z hlediska jejich petrografického ložení, intenzity navětrání a tektonického porušení.

- Konstrukční vrstvy vozovky. **Geotechnický typ GT0.**
- Beton masívní ve stěně revizní chodby. **Geotechnický typ GT1.**
- Žula zcela rozložená, třídy R6. **Geotechnický typ GT2a**
- Žula celkově silně navětralá, třídy R4-R5. **Geotechnický typ GT2b.**
- Žula celkově slabě navětralá až zdravá tříd R2-R3. **Geotechnický typ GT2c.**

**Hodnoty základních geotechnických parametrů kvazihomogenních celků:**

<i>Geotechnický typ</i>	$\rho_n$	$E_{\text{def}}$	$\gamma$	$\varphi$	$C$	$PT$
<b>GT0</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>GT1</b>	2400	NA	NA	NA	NA	50
<b>GT2a</b>	2200	40	0,30	35	500	<1
<b>GT2b</b>	2400	150	0,20	45	1500	5
<b>GT2c</b>	2600	900	0,20	50-65	3000-4000	85

$\rho_n$  - objemová hmotnost ( $\text{kg/m}^3$ ),  $E_{\text{def}}$  - modul přetvárnosti (MPa),  $\gamma$  - Poissonovo číslo,  $\varphi$  - úhel vnitřního tření ( $^\circ$ ),  $C$  - koheze (kPa),  $PT$  - pevnost v tlaku (MPa).

Pevnost v prostém tlaku slabě navětralé žuly (GT2c), stanovená na čtyřech vzorcích, kolísá v rozmezí hodnot 52 – 127 MPa, což odpovídá třídě hornin R2 (ČSN 73 1001 - Základová půda pod plošnými základy). Nicméně je třeba uvážit, že testovány byly diskrétní vzorky, zatímco celkovou pevnost horninového masívu je třeba hodnotit s přihlédnutím k dalším aspektům (rozpukání hornin, intenzita celkového navětrání, atd.).

**Vyhodnocení zkoušek geotechnických parametrů hornin třír R2-R3 (GT2c):**

<b>Parametr</b>	<b>Počet hodnot</b>	<b>Rozsah hodnot</b>	<b>Průměrná hodnota</b>
<b>Pevnost v tlaku – žula (MPa)</b>	4	51,9-126,6	<b>89,1</b>
<b>Objemová hmotnost – rula (<math>\text{kg.m}^{-3}</math>)</b>	4	2540-2630	<b>2600</b>

Obecně lze konstatovat, že vyšší hodnoty pevnosti v tlaku byly stanoveny u hornin těžných z vrtu J1 (98-127 MPa) provedeného v místě budoucí ražby svislé vstupní šachty, zatímco ve vrtu J2 byly zjištěny hodnoty výrazně nižší (52-80 MPa) - i když výraznější makroskopické rozdíly mezi horninovými vzorky nebyly pozorovány. Rozdíly v hodnotách pevnosti v tlaku mezi vrtu J1 a J2 zřejmě souvisí se skutečností, že vrt J1 je umístěn „hlouběji“ do svahu, tedy do prostředí s menší intenzitou poškození masívu procesy zvětrávání.

Z hlediska provádění báňských děl lze konstatovat, že hloubení, resp. ražba jednotlivých prvků nového levobřežního vstupu bude probíhat v podmínkách vcelku pevného horninového masívu třídy R2-R3 (GT2c). V nadloží vstupní chodby lze směrem od vstupní šachty do zaústění do stávající revizní chodby v bloku 0 očekávat výskyt rozložených (R6- GT2a) až silně navětralých (R4-R5, GT2a, GT2b) hornin v mocnostech do 3 m.

**Závěry z vyhodnocení geologicko-průzkumných prací:**

- Horninový masív je v prostoru ražby vstupní šachty a přístupové chodby budován celkově slabě navětralou hrubozrnnou žulou třídy R2-R3.
- Horninové prostředí je porušeno třemi systémy ploch nespojitosti, podmiňujícími blokovitou odlučnost horninového masívu. Výskyt průběžných tektonických dislokací nebyl zaznamenán.
- Vzhledem k umístění díla za osou injekční clony lze očekávat přítoky podzemní vody do výrubu v řádu prvních l/s, a to zejména z oblasti levého údolního svahu.

Kvalitu horninového masívu dle klasifikace NGI byla hodnocena z hlediska provádění báňských prací jako dobrou. Hlavní rizika provádění díla spočívají, dle našeho názoru, v možnosti vypadávání horninových bloků různé velikosti z oblasti záklenku přístupové chodby. Velikost jednotlivých bloků se může pohybovat v rozmezí od prvních  $\text{dm}^3$  až po cca jeden  $\text{m}^3$ . Této skutečnosti je třeba přizpůsobit návrh výztuže stěn díla (svorníky, stříkaný beton).

## 4 POPIS A ROZBOR RIZIK SPOJENÝCH SE ZMĚNOU DOKONČENÉ STAVBY VODNÍHO DÍLA V DANÉM PROSTŘEDÍ A PROVOZU

Stavba „VD Lipno – levobřežní vstup do hráze“ může ovlivnit vybrané části stávajícího vodního díla Lipno I (gravitační část hráze, injekční clonu v levém zavázání, atp.), a to zejména v době výstavby podzemních objektů hornickým způsobem. Stavba může ovlivnit i bezprostřední okolí vodního díla a to zejména svah v levém zavázání.

Nově vzniklé konstrukce vstupu do hráze v levém zavázání budou po výstavbě součástí vodního díla Lipno I. I na této části VD je třeba zohlednit rizika související s existencí vodního díla a provádět TBD podle platných předpisů v úrovni odpovídající kategorii vodního díla a technickým parametrům daných konstrukcí.

### 4.1 Provádění stavby – vliv na stávající konstrukce vodního díla

Navržená realizace nového vstupu do hráze představuje stavební zásah v těsné blízkosti vzdouvacího prvku (hráze) významného vodního díla. Ovlivnění stability a bezpečnosti gravitační hráze je reálné. Stavební zásah musí být proto velice šetrný a precizně provedený. O možnostech bezproblémové realizovatelnosti akce lze usuzovat i podle zkušeností s obdobných stavebních zásahů na vodních dílech v České republice, kde byly dodatečně hornickým způsobem budovány podzemní objekty hornickým způsobem. Například na vodních dílech Mšeno, Bystřička a Janov byly budovány injekční štoly přímo pod základy hráze i s použitím trhacích prací. Citlivým a opatrným přístupem s odpovídajícím monitoringem účinků stavebních prací se podařilo podzemní objekty vybudovat bez ovlivnění polohové stability konstrukcí a bez vzniku poškození (trhlin).

Z pohledu TBD je tedy jednoznačně největším rizikem provádění stavby a její vliv na stávající konstrukce vodního díla, zejména na gravitační část hráze a injekční clonu v levém zavázání. Ovlivněny mohou být deformace, polohová stálost a stabilita gravitačního bloku č. 0 případně i bloku č. 1.

Dále může být ovlivněn průsakový režim v levém zavázání. Bude porušena těsnost původní injekční clony, která bude již při stavebních pracích obnovována. Ovlivnění průsakového režimu je třeba sledovat, vyhodnotit a minimalizovat.

Rizikové samo o sobě je i provádění stavby hornickým způsobem. Pro výstavbu podzemních objektů bude použit cyklický systém ražby dle zásad NRTM (nová rakouská tunelovací metoda). Při provádění bude dodržována vyhláška ČBÚ 55/1996 Sb.

I když je stavba navržena v příznivých geologických podmínkách tak nadloží je zde poměrně malé. Lze proto očekávat deformace v poklesové kotlině, zejména levého svahu a levobřežní komunikace. Tyto deformace by měly být sledovány a minimalizovány. Riziko havárie výrubu, v limitním případě zavalení štoly nebo šachty s propadem až k povrchu nelze vyloučit. Prováděním měření a sledování reakce horninového masivu a vlastního geotechnického monitoringu by mělo být toto riziko zásadně eliminováno.

Při hloubení šachty a ražbě přístupové štoly v podložní hornině bude využito trhacích prací, nebo opatrných trhacích prací. Práce budou prováděny podle Znaleckého posudku „VD Lipno I – levobřežní vstup do hráze – návrh trhacích prací“ (NTP), který vypracoval Ing. Luděk Bartoš v březnu 2022. Dynamické účinky trhacích prací mohou mít nepříznivý vliv na okolní konstrukce. Tyto účinky je třeba monitorovat a minimalizovat. Podmínka minimalizace účinků trhacích prací na okolní konstrukce podle příslušné normy byla zohledněna již při NTP.

Výstavbou může být ovlivněno i stávající pevně zabudované měřicí zařízení TBD na konstrukcích gravitační hráze a levého zavázání, jako nivelační body, universální zděre roztahoměrné základny, apod. Toto zařízení by mělo být po dobu stavby aktivně chráněno před poškozením nebo ovlivněním. Stejně tak by měla být ochráněna doplňovaná měřicí zařízení (viz dále).

V průběhu stavebních prací se proto předpokládá zvýšení rozsahu technickobezpečnostního dohledu na vybraných stávajících zařízeních TBD v oblasti ovlivněné stavbou.

Pro definování vlivu výstavby na stávající konstrukce je požadováno rozšíření stávajícího měření TBD a u vybraných zařízení i zahájení měření v dostatečném předstihu před stavbou. Za dostatečný časový předstih považujeme minimálně 1 rok před zahájením hlavních stavebních prací. Nově doplňovaná zařízení budou využita pro měření při vlastní stavbě i v následném ověřovacím a trvalém provozu.

Dále se předpokládá, že pro definování vlivu výstavby na stávající konstrukce budou využita i vybraná současná zařízení TBD v gravitační části hráze.

## 4.2 Rizika spojená s existencí vstupu do hráze v levém zavázání

S vlastní existencí vstupu do hráze v levém zavázání nejsou spojená významná rizika. Jeho zásadní havárie se nepředpokládá. Hypoteticky lze pouze předpokládat porušení polohové stálosti konstrukcí bez ovlivnění vzdouvací funkce gravitační části hráze.

Rizika při provozu jsou tedy násobně nižší jak již zmíněná rizika při výstavbě. Přesto po vybudování bude nový vstup do hráze nedílnou součástí konstrukcí a objektů vodního díla Lipno I, které je z hlediska TBD zařazeno do I. kategorie a zároveň je prvkem kritické infrastruktury. Bude proto nutné klást zvýšený důraz na řádnou údržbu konstrukcí a zařízení a zajištění jeho provozní spolehlivosti a dlouhodobé životnosti.

## 5 POŽADAVKY NA PRŮZKUMNÉ A PROJEKTOVÉ PRÁCE NAD RÁMEC JIŽ VYPRACOVANÉ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE

Z hlediska TBD nejsou žádné požadavky na průzkumné a projektové práce nad rámec již vypracované projektové dokumentace změny stavby dokončeného vodního díla.

## 6 PŘEHLED PŘEDPOKLADŮ STABILITY A BEZPEČNOSTI VODNÍHO DÍLA

### 6.1 Stabilita a bezpečnost stávajících konstrukcí

Vodní dílo Lipno I je zařazeno podle rozhodnutí ústředního vodoprávního úřadu do I. kategorie.

Vyhláška tuto kategorii vymezuje následujícími kritérii:

- ohroženy řádově tisíce až desetitisíce lidí a předpokládány velké ztráty na lidských životech,
- velké škody na určeném vodním díle, jehož následná obnova je velmi složitá a nákladná,

- v území na vodním toku pod určeným vodním dílem vzniknou rozsáhlé škody na obytné a průmyslové zástavbě, silniční a železniční síti, ohrožena jsou další určená vodní díla nebo jiná vodní díla,
- ztráty způsobené vyřazením určeného vodního díla z provozu, z přerušení průmyslové výroby, dopravy ap. jsou velmi vysoké a těžko nahraditelné,
- škody na životním prostředí jsou vysoké, překračují význam vyššího územního samosprávného celku, ekonomické důsledky se dotýkají celého státu,

Zařazením díla do této kategorie je v souladu s příslušnými ustanoveními vyhlášky č. 471/2001 Sb. určen rozsah a podmínky výkonu TBD na díle. Z uvedeného je zřejmé, že vodní dílo podléhá zvýšeným požadavkům na sledování jevů a skutečností ovlivňujících bezpečnost a stabilitu vodního díla, a to nejen v trvalém provozu, ale především při zásadních rekonstrukcích, kdy dochází k významným zásahům do konstrukcí vodního díla i jeho současného dispozičního uspořádání.

Vzdouvacím prvkem vodní díla Lipno I je kombinovaná hráz, která se skládá ze dvou základních částí, kterými jsou tížná betonová část hráze a zemní část hráze. Součástí vodního díla je i podzemní vodní elektrárna VE vybudovaná ve skalní kaverně.

Gravitační betonová část hráze se skládá z osmi gravitačních bloků (0-7) v nejvyšším místě nad základovou spárou dosahuje 38 m. Dva bloky jsou konstruovány jako přelivné, hrazené klapkami (10 x 2,35m) a dále vybavené dvěma spodními výpustmi o průměru 2500 mm. Hlavním předmětem sledování TBD na gravitační části hráze je především polohová stálost betonových konstrukcí a vztahové a průsakové poměry.

V dlouhodobém měřítku jsou pak sledovány pevnosti a charakteristické vlastnosti betonů, železobetonů a zdiva a stárnutí vlastních konstrukcí.

## 6.2 Etapy výkonu TBD

Definice jednotlivých etap výkonu TBD v rámci akce „VD Lipno – levobřežní vstup do hráze“

- **Etapou před stavbou** se rozumí období nejlépe jednoho roku před zahájením hlavních stavebních prací (změny vodního díla). V tomto období se předpokládá doplnění zařízení TBD a sledování vybraných konstrukcí VD pro pozdější posouzení ovlivnění stavbou. Dále pak vlastní měření v běžném provozu neovlivněná stavbou pro popsání běžných periodických deformací ovlivněných změnami teplot. K posouzení se využijí i dlouhodobá měření na stávajících zařízeních TBD.
- **Etapou změny vodního díla** po jeho dokončení se rozumí provádění stavebních a montážních prací na vzdouvací konstrukci, funkčních objektech nebo na částech vodního díla rozhodujících pro jeho stabilitu, bezpečnost a spolehlivou funkci od převzetí staveniště do započetí etapy provozu.
- **Etapou ověřovacího provozu** se rozumí období zahrnující vyzkoušení provozu v takovém rozsahu, že lze zhodnotit na plnění předpokladů projektu, spolehlivou funkci, bezpečnost a stabilitu vodního díla.
- **Etapou trvalého provozu** se rozumí období užívání vodního díla od ukončení ověřovacího provozu až do zániku povinnosti zajistit nad vodním dílem dohled (uvedením VD do „neškodného stavu“).

### 6.3 Dosavadní rozsah výkonu TBD v trvalém provozu

Technickobezpečnostní dohled nad vodním dílem Lipno I je zajišťován Povodím Vltavy, s. p. pověřeným k hospodaření s tímto vodním dílem v majetku České republiky. TBD je zajišťován podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a změnách některých předpisů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů a v souladu s vyhláškou 471/2001 Sb., o TBD nad vodními díly, v platném znění, ve spolupráci s organizací pověřenou výkonem technickobezpečnostního dohledu nad vodními díly. Touto organizací je na základě pověření ústředního vodoprávního úřadu akciová společnost VODNÍ DÍLA – TBD.

Technickobezpečnostní dohled je na díle řízen Programem TBD č. 5 pro provoz trvalý platným od 1.1.2018, který byl zpracován dle příslušných ustanovení zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a podle vyhlášky č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, v platném znění. Náplní Programu je specifikace souboru pozorování a měření, jejich rozsah, četnost provádění měření a rozdělení povinností mezi dotčené a pověřené organizace.

TBD je realizován souborem pozorování a měření prováděným pracovníky vlastníka a pověřené organizace. S denní četností jsou obsluhou díla sledovány a měřeny provozní a povětrnostní poměry. S týdenní četností jsou obsluhou díla měřeny průsaky betonovou částí hráze. S týdenní četností jsou měřeny náklony hrázových kyvadel v blocích 7 a 4. S měsíční četností jsou obsluhou díla měřeny tlaky na základové spáře gravitační části hráze. S četností 4x ročně jsou měřeny relativní deformace na dilatačních spárách hrázových bloků, dilatačních spárách TG bloků a na ostatních deformačních základnách ve VE.

Měření deformací hlavních stavebních konstrukcí vodní elektrárny, betonové i zemní části hráze geodetickými metodami jsou prováděny pracovníky pověřené organizace s četností 1x ročně.

Vybrané veličiny TBD jsou sledovány v rámci automatického monitoringu (zejména na zemní části hráze).

Důležitým prvkem TBD jsou pravidelné prohlídky konané obsluhou díla s denní četností. Výsledky z těchto prohlídek jsou spolu s výsledky provedených měření zapisovány v prostředí softwaru monitorovacího systému ve formě hlášení a jsou 1x měsíčně zasílány oběma hlavním pracovníkům TBD (vlastníka a pověřené organizace), ve formě transportních souborů k rozboru a posouzení.

Nedílnou součástí TBD jsou pravidelné prohlídky díla (technickobezpečnostní prohlídky – TBP) svolávané dle § 62 zákona č. 254/2001 Sb. 1x ročně HP TBD vlastníka. Obsluha díla připravuje k těmto prohlídkám písemné podklady tak, aby byl umožněn plynulý a úplný výkon tohoto aktu v náležitostech podle § 11 výše uvedené vyhlášky.

Kontrolní měření a sledování vybraných jevů na objektu hráze lze rozčlenit do následujících skupin:

- Provozní a povětrnostní poměry
- Teplotní režim
- Průsakový režim (v zemní i gravitační hrázi)
- Tlakový režim (v gravitační hrázi)
- Deformace hráze včetně podloží (v zemní i gravitační hrázi)
- Sledování změn kvality betonu hrázových bloků (v gravitační části)
- Sledování stavu hradících konstrukcí a uzávěrů (v gravitační části)
- Stav vtoků do spodních výpustí (v gravitační části)



Ke sledování a hodnocení **stability hrázových bloků a podloží gravitační části hráze** slouží zejména:

- měření svislých posunů metodou velmi přesné nivelace (VPN),
- měření vodorovných posunů polární metodou,
- měření náklonů případně průhybů hrázovými kyvadly,
- měření relativních deformací na dilatačních sparách roztahoměry,
- sledování vnějších zatížení zejména tlaku vody v nádrži a průběhu vztlaku v oblasti základové spáry,
- sledování stárnutí betonu hrázových bloků, jeho poruch, poškození nebo změn materiálových vlastností betonu, které mohou ovlivnit stabilitu a životnost konstrukce.

Ke sledování **těsnicí funkce hráze a jejího podloží** slouží zejména:

- sledování průsaků do chodeb hráze,
- sledování těsnosti betonu hrázových bloků zejména v oblasti dilatačních spár,
- sledování tlakových poměrů v podloží hráze,
- sledování těsnicí funkce spodních výpustí a hradících konstrukcí přelivů.

*Poznámka: rozsah měření na zemní části hráze a ve vodní elektrárně není potřebné nyní zmiňovat, popsán je v Programu TBD.*

## **6.4 Měření a sledování související s prováděním stavby hornickým způsobem a geotechnickým monitoringem**

Protože rozhodující stavební práce při výstavbě přístupové šachty a přístupové štoly budou prováděny hornickým způsobem, je třeba i zajistit bezpečnost výstavby podle příslušných (báňských) předpisů. Při výstavbě podzemních objektů hornickým způsobem observační metodou ražby NRTM je standardně zaváděn geotechnický monitoring stavby (GTM). Činnosti TBD a GTM při této stavební akci spolu úzce souvisejí.

Předpoklady bezpečnosti provádění stavby hornickým způsobem souvisejí i s předpoklady bezpečnosti vodního díla podléhající výkonu TBD. Pro potřeby GTM je navíc možno využít i stávajících metod a zařízení využívaných při výkonu TBD. Dále se předpokládá doplnění zařízení pro měření a sledování dočasného i trvalého charakteru.

Provázanost GTM a TBD je tak významná, že obě činnosti je vhodné sloučit do jednoho celku (např. měření deformací hráze v levém zavázání, komunikace a svahu v levém zavázání, sledování účinků trhacích prací, atp.). Rozsah potřebných prací je specifikován v dalších kapitolách tohoto „Rozsahu měření dohledu“ pro období změny dokončené stavby vodního díla. Způsoby provádění a odpovědnosti za zajištění prací budou zpracovány v „Programu TBD“ pro období změny dokončené stavby vodního díla podle §7 vyhlášky č. 471/2001 Sb. Dále bude zpracován rozsah GTM prováděného pro investora příslušným najatým specialistou (geotechnickou společností).

Specifikace součinnosti zhotovitele stavby při provádění TBD a GTM s investorem, organizací pověřenou prováděním TBD a specialisty bude uvedena ve výše zmíněných dokumentech.

## 6.5 Rozsah výkonu TBD na nově realizované konstrukci levobřežního vstupu do hráze

Nově vzniklé konstrukce vstupu do hráze v levém zavázání budou po výstavbě součástí vodního díla Lipno I se všemi zákonnými povinnostmi provádění TBD v úrovni odpovídající kategorii vodního díla a technickým parametrům daných konstrukcí.

Hlavním předmětem sledování na nových konstrukcích přístupové šachty a štol bude především polohová stálost konstrukcí, únosnost a stabilita jejich podloží a průsakový režim v jejich okolí včetně účinnosti injekční clony v levém zavázání hráze.

## 7 NÁVRH ZPŮSOBU SLEDOVÁNÍ JEVŮ A SKUTEČNOSTÍ

Protože připravovaná stavba „VD Lipno – levobřežní vstup do hráze“ může ovlivnit vybrané části stávajícího vodního díla Lipno I (gravitační část hráze, injekční clonu v levém zavázání, atp.) je návrh způsobu sledování jevů a skutečností členěn na následující okruhy:

- a) Sledování a minimalizování dopadů stavebních prací na stávající konstrukce VD z hlediska jejich bezpečnosti a provozuschopnosti.
- b) Sledování a měření související s geotechnickým monitoringem stavby (jen po dobu stavby).
- c) Sledování na nově realizované konstrukci levobřežního vstupu do hráze.

### 7.1 Sledování dopadu stavebních prací na stávající konstrukce VD

Úkolem této části je stanovení podmínek pro vlastní výkon TBD z hlediska vybavení vodního díla vhodnými zařízeními pro sledování deformací a polohových změn dotčených konstrukcí a stability jejich podloží, a to v takovém rozsahu, aby bylo možné v maximální možné míře sledovat a minimalizovat dopady stavebních a jiných se stavbou souvisejících prací na stávající konstrukce VD z hlediska jejich bezpečnosti a provozuschopnosti.

Rozsah TBD v běžném provozu, tak jak byl popsán v kapitole 6.3, považujeme za dostatečný. Pro sledování vlivu stavby na konstrukce tížných bloků hráze v levém zavázání a přilehlém okolí (levobřežní komunikace a levý svah) je **možné využít stávající měřicí zařízení TBD** popsané v Programu TBD. Stávající zařízení je funkční a je ve velké míře využitelné i pro TBD během stavby. Využívány budou:

- geodetické kontrolní body na koruně hráze a v chodbách gravitační části hráze,
- síť pevných (výchozích) nivelačních bodů,
- síť pevných směrových bodů (geodetické pilíře a zajišťovací body),
- roztahoměrné základny na dilatačních sparách hráze.

Navrhována jsou jen drobná doplnění měřících zařízení. V blocích č. 0 a č. 1 jsou navrženy náklonoměrné základny.

Na základě našich dosavadních zkušeností z výkonu TBD nad tímto vodním dílem navrhujeme před stavbou doplnit kontrolní zařízení TBD a zavést na nich měření a sledování v těchto oblastech:

- Sledování náklonů bloků č. 0 a č. 1 v úrovni revizní chodby.

Dále se předpokládá, že budou během stavby sledovány dynamické účinky od trhacích prací. Budou provedena úřední měření účinků trhacích prací pro charakteristické postupy stavby. Po celou dobu ražeb pak bude prováděn automatický monitoring trhacích prací na stanovišti v revizní chodbě v bloku č. 0.

## 7.2 Sledování a měření související s geotechnickým monitoringem stavby

Při výstavbě podzemních objektů hornickým způsobem observační metodou ražby NRTM je standardně zaváděn geotechnický monitoring stavby (GTM). Činnosti TBD a GTM při této stavební akci spolu úzce souvisejí.

Předpokládá se, že budou prováděna následující měření a sledování související s GTM:

- měření svislých deformací kontrolních bodů v komunikaci nad přístupovou štolou metodou VPN,
- měření 3D deformací kontrolních bodů v levobřežním svahu metodou polárního měření a výpočtu posunů z rozdílu souřadnic při vyrovnání geodetické sítě,
- měření svislých posunů kontrolních bodů v záklenku štoly při provizorním vystrojení profilu metodou VPN,
- měření relativních deformací profilu šachty a štoly při provizorním vystrojení (konvergenční měření),
- sledování případně měření přítoků do podzemního díla.

Předpokládá se, že většina měření a sledování je jen dočasného charakteru. Pro měření v ověřovacím provozu bude možné využít jen měření 3D deformací kontrolních bodů v levobřežním svahu.

## 7.3 Sledování na nově realizované konstrukci levobřežního vstupu do hráze

Na nově realizované konstrukci levobřežního vstupu do hráze se navrhuje především sledování polohové stálosti ž.b. konstrukce. Zavedeno bude:

- měření svislých posunů kontrolních bodů v přístupové šachtě a štole,
- měření relativních deformací na dilatačních sparách v přístupové šachtě a štole,
- měření celkového průsaku z drenážního systému přístupové štoly,
- měření celkového průsaku do podzemních objektů (přístupové šachty a štoly).

V případě potřeby nebo obav o stabilitu konstrukcí lze zavést i další měření a sledování.

## 8 METODY MĚŘENÍ A SLEDOVÁNÍ

V této kapitole jsou popsány návrhy druhu a přesnosti metod měření, přístrojů a zařízení potřebných k provádění dohledu.

Měření a sledování je rozčleněno na tyto skupiny:

- měření náklonů bloků hráze náklonoměrem (náklonoměrné základny pro Clinometr Huggenberger AG),
- měření relativních deformací na dilatačních sparách,
- měření svislých a vodorovných posunů geodetickými metodami,
- měření relativních deformací profilu šachty a štoly při provizorním vystrojení (konvergenční měření),
- měření průsaků,
- sledování dynamických účinků.

### 8.1 Měření náklonů bloků hráze náklonoměrem

Pro sledování relativních náklonů velínu hrázových bloků budou na povodní straně revizní chodby osazeny náklonoměrné základny pro odečítací zařízení Clinometru Huggenberger AG, typu ECS1000VD. Celkem budou osazeny 2 měřicí základny. Jejich rozmístění je patrné z přílohy č. 2.

Každá náklonoměrná základna je tvořena dvojicí kulových čepů, které jsou pevně zakotveny přes konzoly do svislé stěny konstrukce. Čepy jsou od sebe vzdáleny 1,0 m. Jelikož se jedná o velmi citlivé zařízení náchylné na jakékoliv nárazy a jiná poškození, budou chráněny hliníkovými kryty samostatně zakotvenými do zdi.

Odečítací zařízení Clinometr Huggenberger AG má dvě volitelné úrovně přesnosti. Vzhledem ke sledované konstrukci a dovolené mezní odchylce bude přednostně používán rozsah II. Základny budou umožňovat určovat náklony ve dvou směrech, ve směru toku a kolmo na tok. Rozsah měření je  $\pm 2\text{mm/m}$ , s citlivostí  $1\mu\text{m/m}$  a přesností  $0,0025\text{ mm/m}$ .

### 8.2 Měření relativních deformací na dilatačních sparách

Měření relativních deformací na dilatačních sparách hráze se provádí na roztahoměrných základnách VR3D. Na dilatačních sparách nově vzniklých objektů je navržen stejný způsob měření.

Základny VR3D budou osazeny na dilatačních sparách v přístupové šachtě a stole. Celkem budou osazeny tři měřicí základny. Jako srovnávací základna mimo dilatační spáru bude využívána původní srovnávací základna v hrázi. Rozmístění základen je patrné z příloh č. 2 a č. 3.

Na základnách bude možno měřit relativní posuny ve všech třech směrech:

- dx – svírání a rozevírání spáry,
- dy – vzájemné vodorovné posuny dilatační spárou oddělených částí,
- dz – vzájemné svislé posuny dilatační spárou oddělených částí.

Měření bude prováděno manuálně pomocí ručního přenosného úchylkoměru.

Měření se bude provádět s přesností  $\pm 0,05\text{ mm}$ .

### 8.3 Měření deformací konstrukcí geodetickými metodami

Polohová stálost konstrukcí bude ověřována měřením geodetickými metodami. Geodetickými metodami se rozumí měření svislých a vodorovných posunů jednotlivých částí konstrukcí nebo geotechnických celků v předem daných místech (na kontrolních bodech). Měření jsou absolutní posuny vztažené k síti pevných výškových bodů (svislé posuny), nebo k síti pevných směrových bodů tvořené zajišťovacími body (vodorovné posuny).

#### 8.3.1 Svislé posuny kontrolních bodů

Pro měření svislých posunů budou konstrukce osazeny kontrolními body (nivelační čepy).

Svislé posuny kontrolních bodů na povrchu stavebních konstrukcí budou stanovovány metodou VPN (velmi přesné nivelace).

Svislé posuny kontrolních bodů metodou VPN se budou určovat při následujících měřeních:

- měření svislých posunů kontrolních bodů v levé části hráze (stávající body TBD),
- měření svislých posunů kontrolních bodů v komunikaci nad přístupovou štolou,
- měření svislých posunů kontrolních bodů v záklenku štol při provizorním vystrojení profilu,
- měření svislých posunů kontrolních bodů v přístupové šachtě a štole (definitivní vystrojení).

Svislé posuny budou měřeny metodou velmi přesné nivelace (VPN) obousměrně (tj. tam a zpět), pro měření bude použit odpovídající digitální nivelační přístroj pro VPN a pár 3 m invarových latí, opatřených kódovým měřítkem. Při měření je nutné respektovat pravidla geometrické nivelace ze středu (záměry rozměřovat s přesností na 0,1 m) a dodržovat ostatní podmínky pro VPN, uvedené např. v metodickém návodu pro práce v ČSNS, který vydal ZÚ v roce 2003. Při zpracování měřených dat bude ztotožněn horizont pevných výškových bodů (PVB) se základní etapou a rezidua PVB budou statisticky testována z hlediska jejich dostatečné stability pro hladinu významnosti  $\alpha = 1\%$ . PVB, podezřelé z nestability, nesmí být pro výpočet těžiště PVB použity a musí být stále zachován min. počet 3 stabilních PVB.

Měření kontrolních bodů v záklenku štol při provizorním vystrojení profilu bude prováděno jako relativní vztažené k pomocnému bodu na dně šachty.

Měření kontrolních bodů v přístupové šachtě a štole v definitivním vystrojení objektů bude propojeno s měřením v hrázových chodbách.

Přesnost v určení výšek, směrodatnou odchylkou výšky  $\sigma_H$  předpokládáme v rozmezí  $\pm 0,4$  až  $\pm 0,5$  mm. Reálné přesnosti měření budou upřesněny po provedení základního měření a zhodnocení pevných bodů a vyrovnání nivelačních pořadů. Směrodatná odchylka bude uvedena v protokolu o vyhodnocení měření.

Výsledky kontrolních měření budou vztaženy k základnímu měření, které bude na nově osazených výškových bodech provedeno následně po jejich instalaci.

#### 8.3.2 3D posuny kontrolních bodů

Pro měření deformací kontrolních bodů na levobřežním svahu budou osazeny pevné fixní směrové hranoly. Účelem měření je kontrola stability svahu ovlivněného ražbou podzemních objektů.

Polohová stabilita svahu bude ověřována měřením geodetickými metodami. Geodetickými metodami se v tomto případě rozumí měření prostorových posunů v předem daných místech (na kontrolních bodech). Měření jsou absolutní posuny vztažené k síti pevných pozorovacích pilířů a pevných zajišťovacích bodů.

Prostorové deformace kontrolních bodů budou určovány metodou polárního měření a výpočtu posunů z rozdílů souřadnic při vyrovnání geodetické sítě. Výsledkem budou posuny ve třech směrech, přičemž vodorovné posuny budou určující.

Navrženo je měření prostorové geodetické sítě. Princip metody spočívá v určení posunů ze souřadnicových rozdílů. Budou vypočítány souřadnice x, y a z všech zajišťovacích a kontrolních bodů, přičemž souřadnicový systém bude orientován tak, že osa x bude ve směru toku a osa y ve směru na tok kolmém. Souřadnicové rozdíly mezi jednotlivými etapami měření pak budou prezentovat jejich vodorovné a svislé posuny.

Měření bude realizováno ze stativu, nacentrovaném nad bodem v levém zavázání hráze. Orientačními body budou stávající observační pilíře a síť zajišťovacích bodů. Kontrolními body budou body 1 - 8, stabilizované na levém svahu zhruba ve dvou výškových úrovních.

Všechny zajišťovací a kontrolní body budou osazeny odraznými hranoly a budou tak zaměřeny délky a úhly na tyto body. Pomocí vyrovnání měření MNČ a použitím transformace na zajišťovací body budou pak určeny souřadnice x, y a z všech bodů.

Přesnost určení posunů se předpokládá cca  $\pm 1$  mm. Apriorní přesnost bude upřesněna po osazení všech kontrolních a zajišťovacích bodů, po provedení základního měření a výpočtu geodetické sítě.

Výsledky všech dalších kontrolních měření budou vztaženy k základnímu měření, které bude na nově instalovaných bodech provedeno po zajištění svahu a před zahájením hloubení šachty.

Umístění kontrolních bodů na svahu a zajišťovacích bodů v okolí je v příloze č. 1.

#### **8.4 Měření relativních deformací profilu šachty a štoly při provizorním vystrojení (konvergenční měření)**

V průběhu hloubení šachty a ražby štoly bude zavedeno konvergenční měření podle vyhlášky ČBÚ 55/1996 Sb. Navržen je jeden konvergenční profil v šachtě KV1 čtyři profily (KV2 – KV5) rovnoměrně rozmístěné v injekční štole. Profil v šachtě bude tvořen čtyřmi kontrolními body na stěnách. Měření budou celkem dvě vzájemné vzdálenosti v profilu. Ve štole budou profily tvořeny třemi kontrolními body. Dva budou ve spodní části, jeden v horní části. Měření budou celkem tři vzájemné vzdálenosti v profilu. Tímto budou zjišťovány relativní deformace díla v průběhu ražby a v době možného dotvarování horninového masivu po provedených podzemních pracích. V případě nepříznivého vývoje je možnost provést včasné opatření pro zajištění bezpečnosti díla.

Četnost měření bude stanovena v Programu TBD pro období změny VD stavbou (předpokládá se 1x za 14 dní a v případě nepříznivých výsledků 1x týdně).

Umístění profilů pro konvergenční měření v přístupové šachtě a štole je uvedeno na výkrese v příloze č. 4.

#### **8.5 Měření průsaků**

Stávající měrná místa průsaků na VD budou zachována.

Nově bude zavedeno:

- měření celkového průsaku z drenážního systému přístupové štoly,
- měření celkového průsaku do podzemních objektů (přístupové šachty a štoly).

Měření bude prováděno jako „ruční“ objemové.

## 8.6 Sledování dynamických účinků

Při stavbě (zejména výstavbě přístupové šachty a stoly) může být použito trhacích prací a strojů vyvolávajících vibrace otřesy při bouracích pracích. Jejich účinky je třeba systematicky sledovat. Předpokládá se zavedení sledování dynamických účinků prací v souladu s normou – ČSN 73 0040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva a s návrhem trhacích prací [3].

Toto měření bude etapové jen po dobu stavby. V ověřovacím provozu ani v trvalém provozu VD se s tímto měřením nepočítá.

Rozsah měření bude upřesněn v Programu TBD pro období změny VD stavbou. Předpokládá se seizmická kontrola s měření rychlosti kmitání na přenosných seismografech.

Seizmická kontrola bude realizována ve dvou stupních:

1. Jednorázová úřední seizmická měření od trhacích prací a bouracích na více stanovištích objektů VD, případně i na jiných objektech v okolí. Tato měření jsou v povinnostech dodavatele stavebních prací.
2. Průběžný seizmický monitoring veškerých otřesů a vibrací od trhacích a bouracích prací na určených objektech VD. Tato měření slouží ke kontrole prováděných trhacích prací a dodržování stanovených jejich parametrů a jsou v kompetenci investora (respektive TBD).

### Úřední měření seizmických účinků

Jedná se o jednorázová kontrolní úřední měření otřesových účinků od trhacích prací na určených objektech a zařízeních VD, kterými dodavatel prokazuje správnost stanovených a používaných mezních náloží a ostatních parametrů trhacích prací, při respektování stanovených přípustných hodnot dynamického zatížení měřených objektů VD. Měření se provádí speciálními přístroji (seismografy) s registrací všech tří složek kmitání.

Při měření je registrován celý záznam vlnění vyvolaný odstřelem. Měření zahrnuje vyhodnocení dominantních hodnot rychlostí kmitání a vlivu otřesů na hodnocené objekty (dle ČSN 730040), dále frekvenční analýzu FFT, vyhodnocení dráhy kmitů a zrychlení.

Finálním výsledkem hodnocení měření je doporučení pro další postup trhacích prací s případnou úpravou parametrů trhacích prací a mezních náloží, návrhem úpravy vrtného i časového schéma apod.

Tato měření budou vykonána v rozsahu předběžně stanoveném v programu měření uvedeném v [3], podle předpokladů použití trhacích prací.

### Průběžné monitorování trhacích prací

Monitorovací systém měření umožní průběžnou kontrolu veškerých trhacích a bouracích prací po dobu jejich provádění a kontrolu správnosti stanovených náloží a dodržování stanovených limitních hodnot otřesů na určených místech a zařízeních. Místa měření na objektech VD budou stanovena v Programu TBD pro období změny VD stavbou. Předpokládá se jedno měřicí stanoviště v revizní chodbě v bloku č. 0.

*Poznámka: Po zhodnocení přesnosti výrubu, dosahu trvalých deformací od trhacích prací a příslušných dynamických měření budou stanoveny podmínky pro další postupy hloubení a ražeb s možným použitím trhacích prací.*

## 9 MEZNÍ HODNOTY VYBRANÝCH SLEDOVANÝCH JEVŮ A SKUTEČNOSTÍ

V souladu s vyhláškou č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, v platném znění, jsou definovány následující meze a hodnoty:

**Mez bdělosti** je informativní kritérium pro jevy a skutečnosti před dosažením mezních nebo kritických hodnot.

**Mezní hodnota** je předem stanovená limitní hodnota veličin, popisující jevy a skutečnosti, popřípadě jejich časové vývoje pro zvolený zatěžovací stav. Stanovuje se na základě odborného výpočtu, případně odborného odhadu v analogii s jinými obdobnými konstrukcemi.

**Kritická hodnota** je taková hodnota veličin popisující jevy a skutečnosti, které signalizují stavy ohrožení bezpečnosti, stability a mechanické pevnosti vodního díla.

Mezní hodnoty vybraných sledovaných jevů jsou jedním z hlavních podkladů pro hodnocení vývoje na vodním díle. Mezní hodnoty a skutečnosti jsou pak obecně výslednicí kombinace teoretických úvah a odborného odhadu na podkladě zkušeností, získaných výkonem TBD. Z tohoto hlediska nepředstavují neměnnou hodnotu, naopak mohou být korigovány novými poznatky, resp. podle vývoje pozorovaných skutečností v dalším provozu.

Při dosažení resp. překročení mezních hodnot odpovědní pracovníci TBD na základě momentální situace na vodním díle musí tyto hodnoty posoudit a případně upravit tak, aby vystihovaly skutečný stav vodního díla z hlediska možného vzniku zvláštních povodní. Teprve po ověření výsledků měření dosahujícího, resp. překračujícího mezní hodnoty a současně za vyhodnocení všech skutečností, jenž mohou ovlivňovat režim na vodním díle, rozhodnou pověřeni pracovníci TBD o tom, zda nastává I. SPA při nebezpečí vzniku zvláštních povodní, případně tito pracovníci dají podnět k vyhlášení II. SPA při nebezpečí vzniku zvláštních povodní.

Mezní hodnoty pro vybrané sledované jevy budou uvedeny v Programu TBD pro období změny VD stavbou, který bude zpracován formou dodatku ke stávajícímu Programu.

## 10 ZAJIŠTĚNÍ MĚŘENÍ

Tato kapitola se zabývá návrhem bezpečných přístupů k měřicím zařízením, opatření na zajištění bezpečného výkonu měření a údržby měřicích zařízení a ochranou před poškozením. Část zařízení TBD je původní a budou dále využívána, některá budou doplněna před stavbou, jiná přijdou doplnit až při stavbě. Některá zařízení pak mají jen dočasnou funkci a přijdou zrušit.

*Poznámka: období před stavbou slouží k popsání „běžného režimu vratných teplotních deformací.*

Další zařízení TBD budou instalována na nových konstrukcích po jejich dokončení. Při návrhu byla proto zohledněna i přístupnost během stavby. Dále je řešena i potřeba zajištění jednotlivých měření a přístupnost zařízení během stavby.

Areál VD je částečně přístupný veřejnosti. Po koruně hráze vede veřejně přístupná dopravní komunikace. Areál stavby nebude veřejnosti přístupný a ani vnitřní prostory hráze nejsou veřejnosti přístupné. Všechna zařízení TBD a GTM budou přístupná pro obsluhu vodního díla a specialisty provádějící měření a sledování.

Nová měřicí zařízení na objektu levobřežního vstupu do hráze budou instalována během výstavby a budou přístupná jen obsluze vodního díla.



## 10.1 Náklonoměrné základny

Náklonoměrné základny (svislé metrové náklonoměrné základny) budou instalovány na povodní straně revizní chodby v bloku č. 1 a č. 0.

Po jejich instalaci bude zahájeno měření. Základny pak budou následně běžně přístupné, a to i po dobu stavby. K základnám je přístup střední revizní chodbou po schodech.

Zařízení je vyrobeno z trvanlivého materiálu (nerez). Poškození zařízení je nepravděpodobné. Zařízení se bude nacházet uvnitř objektu, kam bude mít po většinu doby stavby přístup pouze pracovníci správce vodního díla a organizace pověřené výkonem TBD nad vodním dílem.

Základny budou opatřeny ochranným krytem.

Životnost zařízení je v desítkách let.

## 10.2 Roztahoměrné základny pro měření relativních deformací na dilatačních spárách

Roztahoměrné základny (VR3D - třírozměrné) budou instalovány na dilatačních v přístupové šachtě a štole. Měření bude manuální pomocí úchylkoměru.

Základny budou instalovány v průběhu stavby po dokončení konstrukcí definitivní obezdívky. Po jejich instalaci bude zahájeno měření. Základny pak budou následně běžně přístupné, a to i v průběhu dokončování stavby.

Zařízení je vyrobeno z trvanlivého materiálu (nerez). Poškození zařízení je možné v průběhu stavby, méně pravděpodobné je v průběhu provozu. Zařízení se bude nacházet uvnitř objektu, kam bude mít v provozu přístup pouze pracovníci správce vodního díla a organizace pověřené výkonem TBD nad vodním dílem. Po dobu stavby bude zařízení ochráněno.

Jednotlivé základny budou mírně vyčnívat nad úroveň povrchu stěny (do 5 cm) a je třeba je předepsaným způsobem označit. Základny budou opatřeny krytem proti nečistotám.

Životnost zařízení je v desítkách let.

## 10.3 Pevné body pro měření svislých a vodorovných posunů

Obecně pro zajištění měření svislých posunů je nutné mít poblíž kontrolních bodů (nebo na začátcích nivelačního pořadu) dva až tři pevné body nivelace. Pevné body se nacházejí v dostupném terénu (převážně jde o přístupné body státní nivelace a pevné body TBD). Jsou řešeny jako čepové či hřbové nivelační značky, univerzální zděře, směrové terče nebo trny pro osazení odrazného hranolu. Dále jsou v lokalitě dva pevné observační geodetické pilíře v ose hráze. Jeden je situován na pravém a druhý na levém břehu.

Všechny pevné body jsou běžně přístupné.

Všechny pevné body musí být běžně přístupné po celou dobu stavby. Dodavatel stavby zajistí jejich ochranu. V případě potřeby je možné stávající pevné body doplnit instalací nových značek mimo zónu předpokládaných deformací (nebo připojovací pořady prodloužit na další body ČSNS).

## 10.4 Kontrolní body pro měření svislých posunů

Všechny stávající i nově navržené kontrolní body pro měření svislých posunů jsou běžně přístupné. Jedná se zpravidla o nivelační čepové, hřebové a závěsné značky a nivelační hřeby.

Kontrolní body budou volně přístupné po celou dobu stavby i před stavbou.

Kontrolní body na nové konstrukci levobřežního vstupu do hráze budou přístupné z vnitřních prostor hráze.

Značky (kontrolní body) jsou vyrobeny z trvanlivého materiálu. Jejich poškození je nejpravděpodobnější zásahem třetích stran (vliv stavby atp.). Ochrana při stavbě bude nutná.

Životnost zařízení je v desítkách let.

Výjimkou jsou „provizorní“ závěsné nivelační značky tvořené ocelovým profilem s nerezovým nivelačním čepem. Budou používány při sledování deformací provizorního vystrojení štoly.

Dalším specifikem jsou nivelační hřeby, které budou použity jako kontrolní body v komunikacích. Zde je prvotním cílem minimalizace zásahu do konstrukce a ovlivnění dopravy.

## 10.5 Kontrolní body pro měření prostorových posunů

Kontrolní body pro měření prostorových posunů levého svahu budou stabilizované na zhruba ve dvou výškových úrovních. Horní úroveň se předpokládá ve skalních výchozech svahu. Dolní, resp. střední úroveň se předpokládá v místech zajištění svahu stříkaným betonem případně svorníky. Kontrolní body budou tvořit pevné fixní minihranoly. Pevné hranoly jsou voleny z důvodů horší přístupnosti bodů. Pro instalaci bodů bude potřebné použít zajištění horolezeckou technikou.

Kontrolní body jsou vyrobeny z trvanlivého materiálu (sklo, mosaz, případně nerez). Jejich poškození je nejpravděpodobnější zásahem třetích stran (vliv stavby atp.). Ochrana při stavbě bude nutná.

Životnost zařízení je v desítkách let, přesto se předpokládá využití pro měření jen v době stavby a v ověřovacím provozu.

## 10.6 Kontrolní body pro konvergenční měření

Kontrolní body pro konvergenční měření budou osazovány bezprostředně po vybudování provizorní obezdívky. Body jsou tvořeny speciálními „oky“ pro zafixování konvergenčního pásma. Všechny kontrolní body pro konvergenční měření budou běžně přístupné v určitých fázích stavby, musí však být při stavbě aktivně ochráněny před mechanickým poškozením.

Body budou používány při sledování deformací provizorního vystrojení štoly, potom budou po výstavbě definitivní obezdívky zrušeny.

## 10.7 Měření průsaků

Nově zavedená měření celkového průsaku z drenážního systému přístupové štoly a měření celkového průsaku do podzemních objektů (přístupové šachty a štoly). Budou svedena do revizní chodby v bloku č. 0 a budou běžně přístupná z vnitřních prostor hráze.

Na způsob provedení vyústění průsaků nejsou kladeny žádné speciální požadavky, musí být umožněno přímé objemové měření průsaku kalibrovanou odměrnou nádobou.

**Během stavby budou dosavadní i nově zabudovaná měřicí zařízení TBD aktivně chráněna. Zařízení musí být volně přístupná pro měření a ochráněná proti poškození!**

## **11 HARMONOGRAM INSTALACÍ A PRVNÍCH MĚŘENÍ, NÁVRH OBDOBÍ MĚŘENÍ**

### **11.1 Harmonogram instalací a prvních měření**

V současné době není ještě znám přesný harmonogram výstavby. Dle časového plánu je celková předpokládaná doba realizace akce přibližně 7 měsíců.

V období jednoho roku před zahájením stavebních prací je požadováno doplnění zařízení TBD na stávající konstrukce vodního díla a zahájení prvních (základních měření), tak aby před zahájením hlavních stavebních prací byla k dispozici roční řada měření (potřebné pro pozdější posouzení ovlivnění stavbou).

Základním měřením se rozumí první zaměření, ke kterému jsou všechna následující měření vztahována.

Zařízení na konstrukcích levobřežního vstupu budou instalována bezprostředně po stavebním dokončení prací.

### **11.2 Návrh období a četnosti měření**

U všech navrhovaných zařízení TBD se předpokládá období měření od prvních instalací až do konce životnosti jednotlivých částí vodního díla, tj. během stavby, v ověřovacím provozu a v trvalém provozu.

U zařízení využívaných po dobu budování podzemních objektů, jako jsou konvergenční měření a měření svislých posunů provizorní obezdívky štoly bude měření probíhat jen do vybudování definitivní obezdívky.

Četnost měření bude stanovena v Programu TBD pro jednotlivá období.

## **12 POŽADAVKY NA OBNOVU A MODERNIZACI MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ A ZAŘÍZENÍ**

Životnost všech zařízení je v řádu desítek let. Modernizace se předpokládá v dlouhodobém horizontu až po zastarání zařízení. Výměna je možná v případě poškození zařízení.

## 13 DOKUMENTACE KONTROLNÍCH PŘÍSTROJŮ A ZAŘÍZENÍ

### 13.1 Dokumentace zabudovaných kontrolních zařízení pro negeodetická měření

#### 13.1.1 Náklonoměrné základny

Pro sledování relativních náklonů velínu hrázových bloků budou na povodní straně revizní chodby osazeny náklonoměrné základny pro odečítací zařízení Clinometru Huggenberger AG, typu ECS1000VD. Celkem budou osazeny 2 měřicí základny. Jejich rozmístění je patrné z přílohy č. 2.

Schéma osazení náklonoměrné základny je uvedeno na výkrese v příloze č. 5.

Nové zařízení TBD bude označeno plastovým štítkem, který umožní obsluze (měřiči) přehlednou orientaci. Na štítku bude uvedeno označení zařízení.

#### 13.1.2 Roztahoměrné základny

Roztahoměrné základny budou osazeny na dilatačních sparách v přístupové šachtě a štole. Celkem budou osazeny tři měřicí základny. Rozmístění základen je patrné z příloh č. 2 a č. 3.

Dokumentace roztahoměrné základny VR3D je na výkrese v příloze č. 6.

Nové zařízení TBD bude označeno plastovým štítkem, který umožní obsluze (měřiči) přehlednou orientaci. Na štítku bude uvedeno označení zařízení.

#### 13.1.3 Konvergenční profily

Jeden konvergenční profil KV1 bude v přístupové šachtě a čtyři konvergenční profily (KV2 – KV5) budou rovnoměrně rozmístěné v injekční štole. Profil v šachtě bude tvořen čtyřmi kontrolními body na stěnách. Ve štole budou profily tvořeny třemi kontrolními body. Dva budou ve spodní části, jeden v horní části.

Body budou tvořeny speciálními „oky“ pro zafixování konvergenčního pásma.

Umístění profilů pro konvergenční měření v přístupové šachtě a štole je uvedeno na výkrese v příloze č. 4.

Schéma bodů v konvergenčních profilech je na výkrese v příloze č. 11

### 13.2 Dokumentace kontrolních přístrojů pro negeodetická měření

**Pro měření náklonů** bude používán Clinometr Huggenberger AG, typu ECS1000VD (zařízení není součástí dodávky, zajištění měřicího zařízení pro měření je záležitostí organizace pověřené výkonem TBD).

**Pro měření relativních deformací na roztahoměrných základnách** na dilatačních sparách bude použit modifikovaný digitální číselníkový úchylkoměr. Citlivost 0,01 mm, přesnost odečtu na zařízení  $\pm 0,05$  mm, měřicí rozsah min. 10 mm (zařízení není součástí dodávky, zajištění měřicího zařízení pro měření je záležitostí organizace pověřené výkonem TBD, jedno měřicí zařízení má k dispozici obsluha vodního díla).

**Pro měření relativních deformací v konvergenčních profilech** bude použito speciální invarové konvergenční pásmo. Citlivost 0,1 mm, přesnost odečtu na zařízení  $\pm 0,2$  mm, měřicí rozsah není omezující (zařízení není součástí dodávky, zajištění měřicího zařízení pro měření konvergencí je záležitostí organizace pověřené výkonem TBD).

**Pro měření průsaků** budou používány kalibrované odměrné nádoby a stopky. Tyto pomůcky má obsluha vodního díla k dispozici.

### 13.3 Dokumentace zabudovaných kontrolních zařízení pro geodetická měření

#### 13.3.1 Nivelační body

##### Komunikace na levém břehu

Pro výšková měření bude před zahájením ražeb doplněno do komunikací na levém břehu 12 ks nivelačních hřebů.

Dokumentace nivelačního hřebu je na výkrese v příloze č. 8.

##### Provizorní vystrojení přístupové štoly

Pro výšková měření na provizorní obezdívce štoly bude osazeno cca 4 ks závěsných nivelačních značek.

Dokumentace dočasné závěsné nivelační značky je na výkrese v příloze č. 10.

##### Přístupová šachta a štola

Pro výšková měření budou na nové konstrukci levobřežního vstupu do hráze, v přístupové šachtě a přístupové štole instalovány čepové a závěsné nivelační značky.

- přístupová šachta (čepová niv. značka) ..... 2 ks
- přístupová štola (závěsná niv. značka) ..... 4 ks

Dokumentace čepové nivelační značky je na výkrese v příloze č. 7.

Dokumentace závěsné nivelační značky je na výkrese v příloze č. 9.

Schéma rozmístění kontrolních bodů na objekt nového levobřežního vstupu do hráze je uvedeno v příloze č. 3.

#### 13.3.2 Body pro prostorové měření deformací

##### Měření na levém svahu

Pro měření budou instalovány fixní minihranoly s hloubkovou stabilizací

- horní řada ..... 4 ks
- dolní (resp. střední) řada ..... 4 ks

Přesná poloha bodů bude upřesněna podle způsobu provedení zajištění svahu a podmínek na stavbě.

Dokumentace fixního minihranolu je na výkrese v příloze č. 12.

## 13.4 Dokumentace kontrolních přístrojů pro geodetická měření

### 13.4.1 Nivelační přístroj

Nivelační přístroj musí splňovat parametry pro měření metodou velmi přesné nivelace (VPN). Minimální požadovaná přesnost nivelačního přístroje pro potřeby tohoto projektu je 0,7mm na 1km obousměrné nivelace dle DIN 18723, doporučená přesnost pak 0,3 mm na 1km. Nivelační přístroj musí splňovat podmínky pro měření ve vlhkém prostředí a prostorách se zhoršenými světelnými podmínkami (měření ve štolách). Pro postavení nivelačního přístroje je možné užít pevný nivelační stativ nebo skládací těžký dřevěný stativ bez nadměrných vůlí, při měření je nutné respektovat pravidla geometrické nivelace ze středu a omezení pro metodu VPN (rozměření sestav, délky záměr, výška záměry nad terénem, atd.).

Zařízení není součástí dodávky, zajištění měřicího zařízení pro měření je záležitostí organizace pověřené výkonem TBD.

### 13.4.2 Nivelační lať

Nivelační lať musí splňovat parametry pro měření VPN (pro ověření stability pevných bodů). Použity mohou být výhradně pevné invarové latě s dvěma 0,5 cm stupnicemi typu Zeiss nebo s kódovým invarovým měřítkem, opatřené pro srovnání do svislice justovanými krabicovými libelami. Dále musí splňovat podmínky pro měření ve vlhkém prostředí a prostorách se zhoršenými světelnými podmínkami (měření ve štolách). Při měření musí být pro fixaci nivelačních latí použity opěrné tyče, přestavové body jsou dle povahy terénu stabilizovány těžkými nivelačními podložkami nebo nivelačními hřeby.

Ve štolách a chodbách se požaduje použití závěsných nivelačních latí (měřítek) se stejnými požadavky (viz výše).

Dále se předpokládá, že pro měření nivelačních bodů v komunikaci budou používány speciální hrotové nástavce na latě.

Měřicí pomůcky nejsou součástí dodávky, jejich zajištění pro měření je záležitostí organizace pověřené výkonem TBD.

### 13.4.3 Přesná totální stanice

Přesná totální stanice musí disponovat úhlovou přesností  $\sigma_\varphi = 0,15$  mgon a délkovou přesností minimálně  $\sigma_s = 1 + 1$  ppm. Pro osazení bodů vztažné sítě je nutné použít dostatečně přesné cílové soustavy (trn s odrazným hranolem) odpovídající úhlové přesnosti totální stanice. Vzhledem k osazení pozorovaných bodů minihranoly v obecné poloze, kdy pro cílení není možné použít cílové terče hranolu, je doporučeno použití totální stanice s technologií automatického cílení ATR.

Zařízení není součástí dodávky, zajištění měřicího zařízení pro měření je záležitostí organizace pověřené výkonem TBD.

### 13.4.4 Minihranoly

Pro osazení kontrolních bodů a bodů vztažné sítě je nutné použít dostatečně přesné cílové soustavy (trn s odrazným hranolem), odpovídající úhlové přesnosti totální stanice.

Měřicí pomůcky jako, odrazné hranoly, adaptéry, atp. nejsou součástí dodávky jejich zajištění pro měření je záležitostí organizace pověřené výkonem TBD.

### 13.5 Souhrnné výkazy kontrolních zařízení

#### 1) Doplnění zařízení na stávající konstrukce VD (doplnění před stavbou)

Kontrolní zařízení	počet
- Náklonoměrné základny svislé 1m pro clinometr (včetně krytů)	2

#### 2) Zařízení instalovaná během stavby (pro TBD a GTM)

Kontrolní zařízení	počet
- Nivelační hřeby (komunikace)	12
- Provizorní závěsné nivelační značky	4
- Pevný směrový bod – fixní minihranol	8
- Konvergenční profil v šachtě 4 bodový	1
- Konvergenční profil ve štole 3 bodový	4

#### 3) Zařízení na objektu nového levobřežního vstupu do hráze

Kontrolní zařízení	
- Roztahoměrné základny VR3D	3
- Čepová nivelační značka (přístupová šachta)	2
- Závěsná nivelační značka (přístupová štola)	4
- Vyústění průsaku (měrná přepážka nebo koncentrovaný svod)	2

Zařízení TBD může být doplněno během stavby, pokud si to vyžádá postup výstavby, změny řešení, nebo nepříznivý vývoj deformací.

## 14 ZÁVĚR

Rozsah měření dohledu specifikuje rozsah a způsob měření a pozorování, které je potřeba realizovat v souvislosti s připravovanou stavební akcí „VD Lipno – levobřežní vstup do hráze“. Rozsah obsahuje i návrh zařízení a přístrojů potřebných pro zajištění měření.

Protože připravovaná stavba „VD Lipno – levobřežní vstup do hráze“ může ovlivnit vybrané části stávajícího vodního díla Lipno I (gravitační část hráze, injekční clonu v levém zavázání, atp.) byl návrh způsobu sledování jevů a skutečností členěn na následující okruhy:

- Sledování a minimalizování dopadů stavebních prací na stávající konstrukce VD z hlediska jejich bezpečnosti a provozuschopnosti.
- Sledování a měření související s geotechnickým monitoringem stavby (jen po dobu stavby).
- Sledování na nově realizované konstrukci levobřežního vstupu do hráze.

Rozsah měření dohledu byl zpracován podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 471/2001Sb. o TBD nad vodními díly, v platném znění, § 6 Zpracování rozsahu měření dohledu. Doplnění kontrolních zařízení vodního díla je navrženo na úrovni dnešních znalostí a technologií tak, aby

bylo možné provádět měření a sledování TBD na vodním díle v době před změnou VD stavbou, při změně VD stavbou, v ověřovacím provozu a následně i v období trvalého provozu díla.

Rozsah měření dohledu obsahuje i podrobnou dokumentaci kontrolních přístrojů a zařízení tak, aby bylo možné navrhovaná doplnění zařízení instalovat a měření zahájit.

Dalším následně vydávaným dokumentem je **Program TBD pro období změny VD stavbou**.

V tomto dokumentu, zpracovaném v souladu s vyhláškou č. 471/2001Sb., o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly v aktuálně platném znění, budou uvedeny četnosti jednotlivých měření a sledování i stanovení organizace odpovědné za jejich provádění.

Pro výkon TBD v ověřovacím a trvalém provozu budou vypracovány Programy TBD, ve kterých bude podrobně stanoven rozsah TBD pro daná období existence vodního díla Lipno I.

Protože zásadní stavební práce při výstavbě přístupové šachty a přístupové štoly budou prováděny hornickým způsobem, je třeba i zajistit bezpečnost výstavby podle příslušných (báňských) předpisů. Při výstavbě podzemních objektů hornickým způsobem observační metodou ražby NRTM je standardně zaváděn geotechnický monitoring stavby (GTM). Činnosti TBD a GTM při této stavební akci spolu úzce souvisejí. Následně zpracovávaným dokumentem je **Rozsah geotechnického monitoringu**.

Rozsah geotechnického monitoringu stavby bude obsahovat specifikaci odborných činností požadovaných při výstavbě podzemních objektů hornickým způsobem observační metodou ražby v koordinaci s činnostmi prováděnými při výkonu TBD nad vodními díly.

Na výkonu geotechnického monitoringu se bude podílet investorem najatá specializovaná geotechnická společnost. Rozsah geotechnického monitoringu bude podkladem pro zadání těchto prací.

V Praze, únor 2024

Vypracoval: Ing. David Richtr  
hlavní pracovník TBD

Spolupráce: Ing. Vítězslav Krnáč  
specialista TBD – geodet

Schválil: Ing. Petr Smrž  
ředitel



## 15 SEZNAM PŘÍLOH

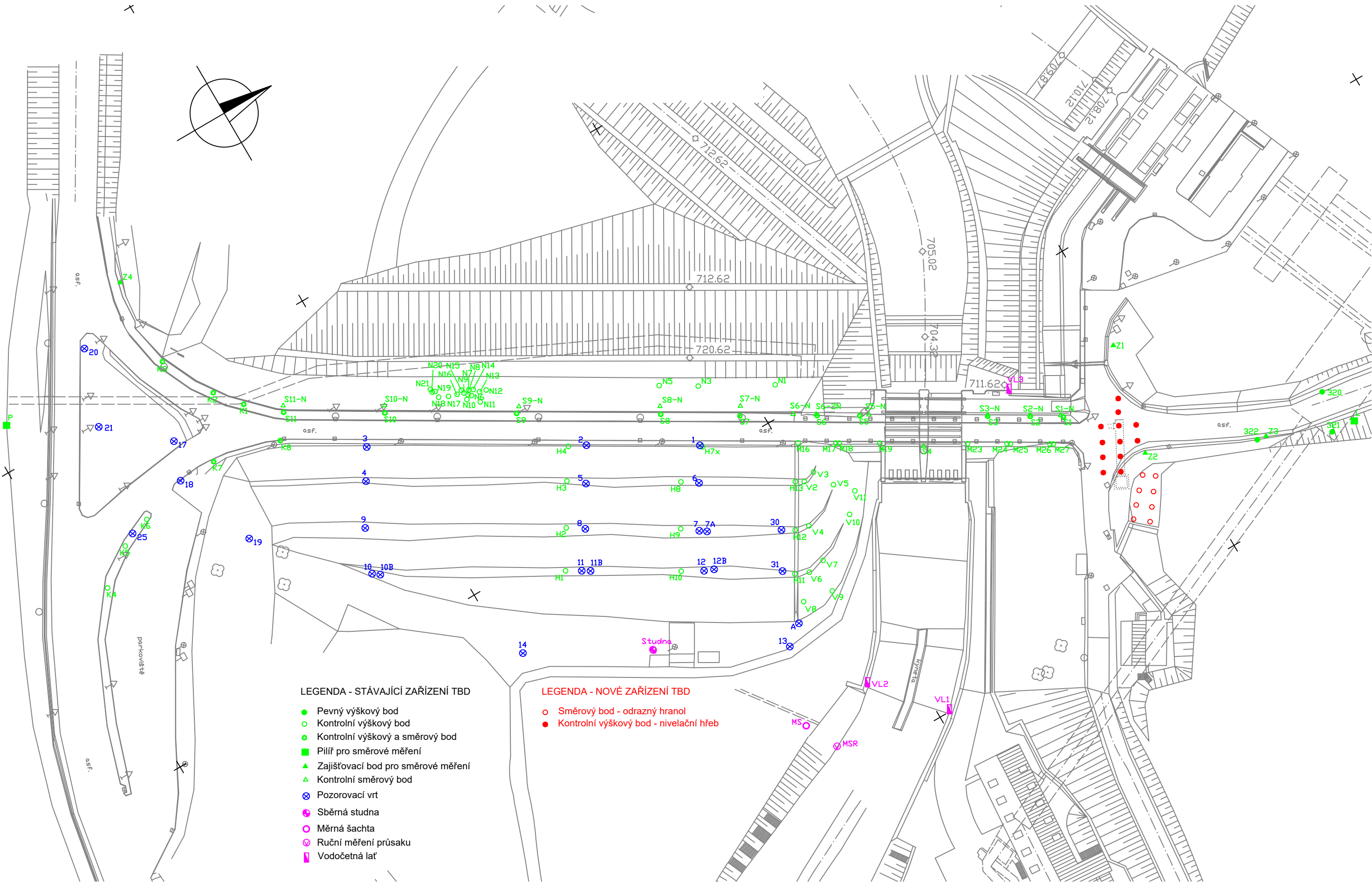
- 1 Rozmístění kontrolních zařízení TBD na povrchu hráze - situace
- 2 Rozmístění kontrolních zařízení TBD – podélný řez hrází
- 3 Rozmístění kontrolních zařízení TBD – podélný řez přístupovou štolou a šachtou
- 4 Rozmístění kontrolních zařízení TBD a GTM – podélný řez přístupovou štolou a šachtou – provizorní vystrojení
- 5 Náklonoměrná základna
- 6 Roztahoměrná základna VR3D
- 7 Nivelační značka – čepová
- 8 Nivelační značka – nivelační hřeb
- 9 Nivelační značka – závěsná
- 10 Nivelační značka – závěsná dočasná
- 11 Schéma rozmístění bodů v konvergenčním profilu
- 12 Pevný směrový bod – odrazný hranol

## 16 ROZDĚLOVNÍK

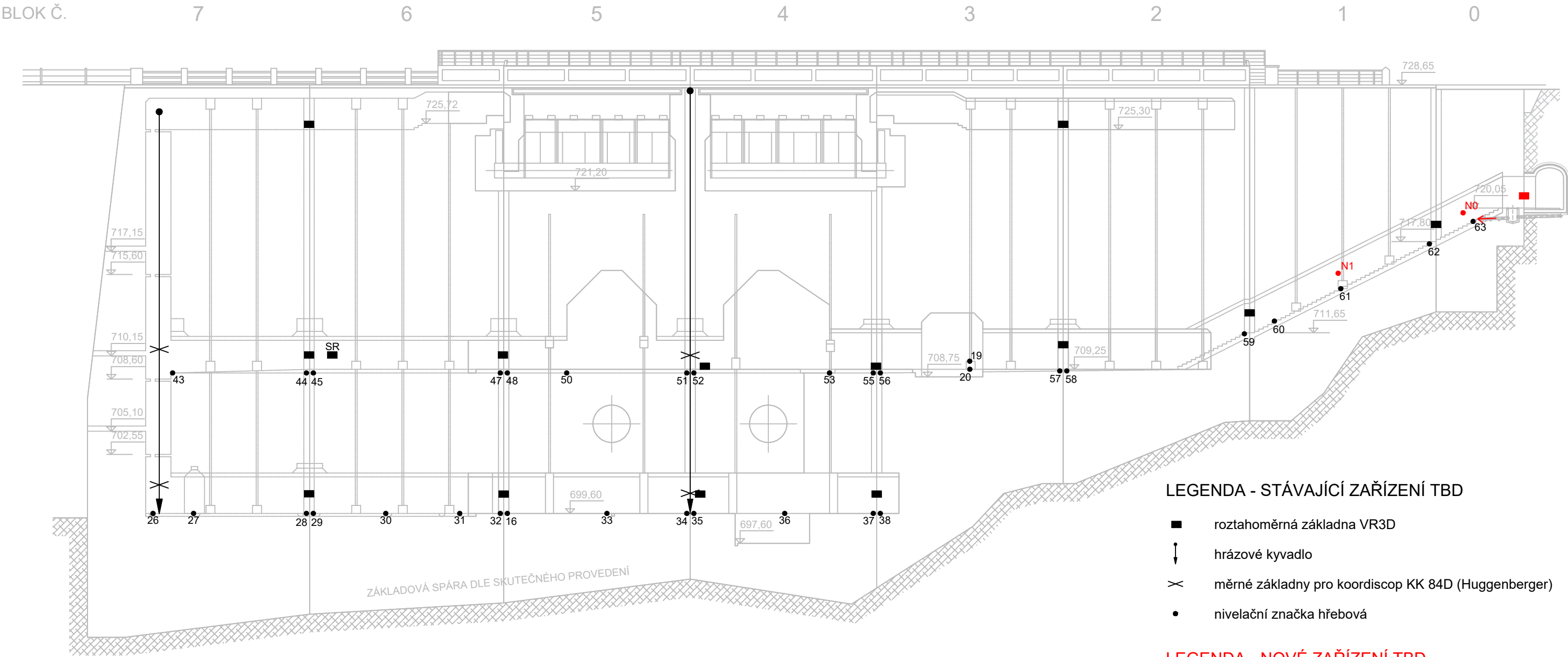
Výtisk č.

- |      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| 1- 6 | Povodí Vltavy, státní podnik          |
| 7    | VODNÍ DÍLA -TBD a.s., HP TBD          |
| 8    | VODNÍ DÍLA -TBD a.s., ADIS, pdf verze |

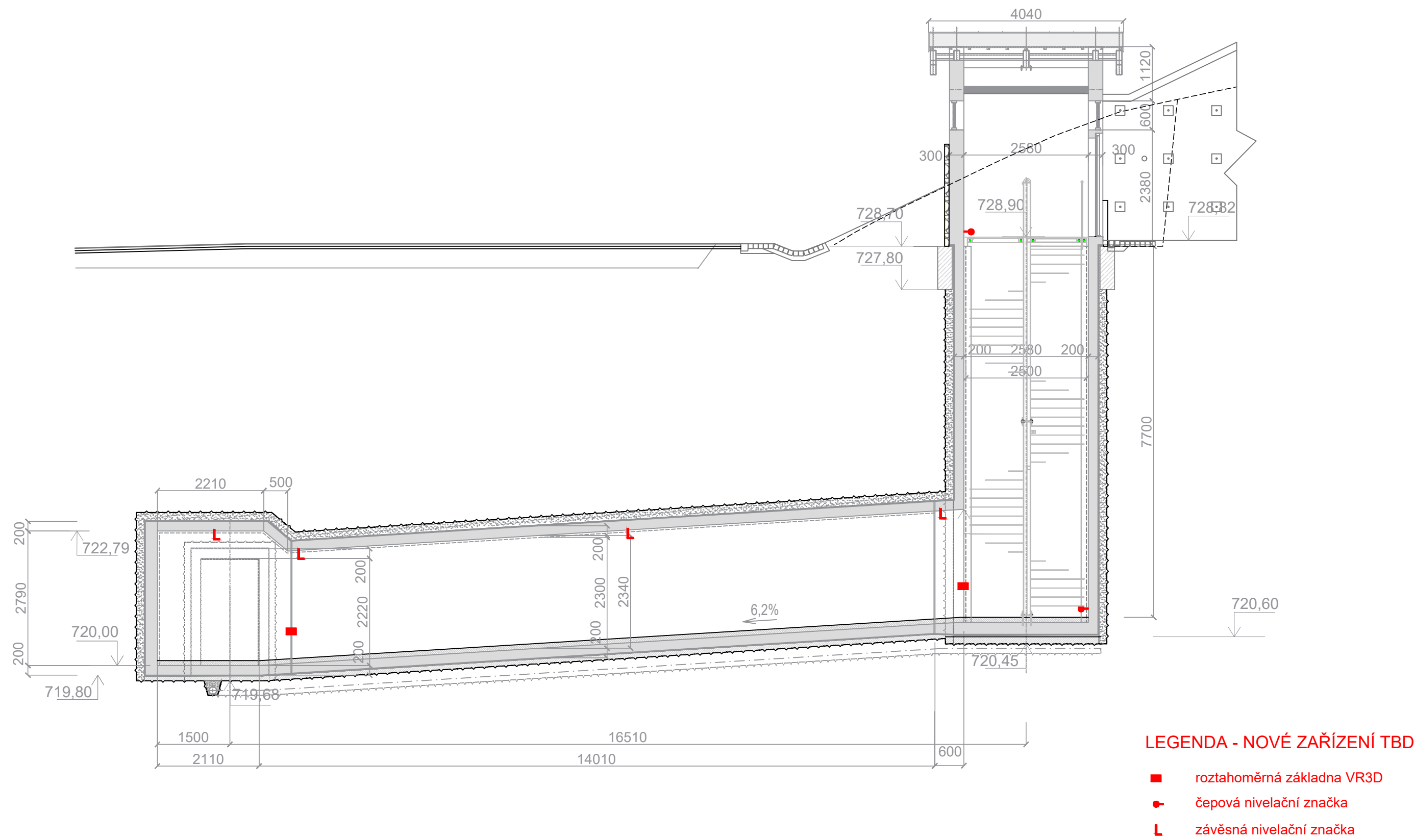
ROZMÍSTĚNÍ KONTROLNÍCH ZAŘÍZENÍ TBD NA POVRCHU HRÁZE - SITUACE



ROZMÍSTĚNÍ KONTROLNÍCH ZAŘÍZENÍ TBD - PODÉLNÝ ŘEZ HRÁZÍ



ROZMÍSTĚNÍ KONTROLNÍCH ZAŘÍZENÍ TBD - PODÉLNÝ ŘEZ PŘÍSTUPOVOU ŠTOLOU A ŠACHTOU

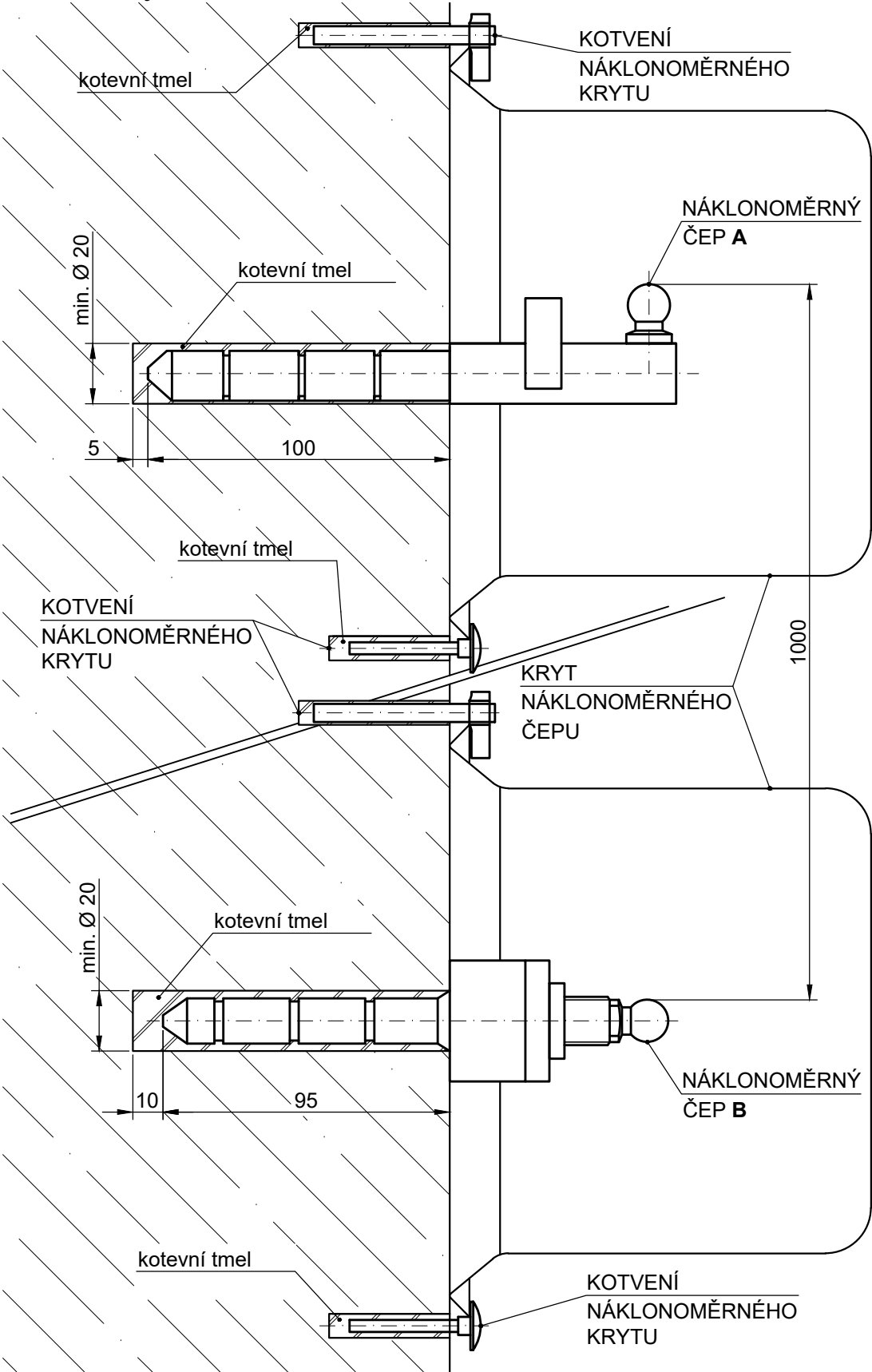


[illegible]

# NÁKLONOMĚRNÁ ZÁKLADNA CLINOMETER HUGGENBERGER

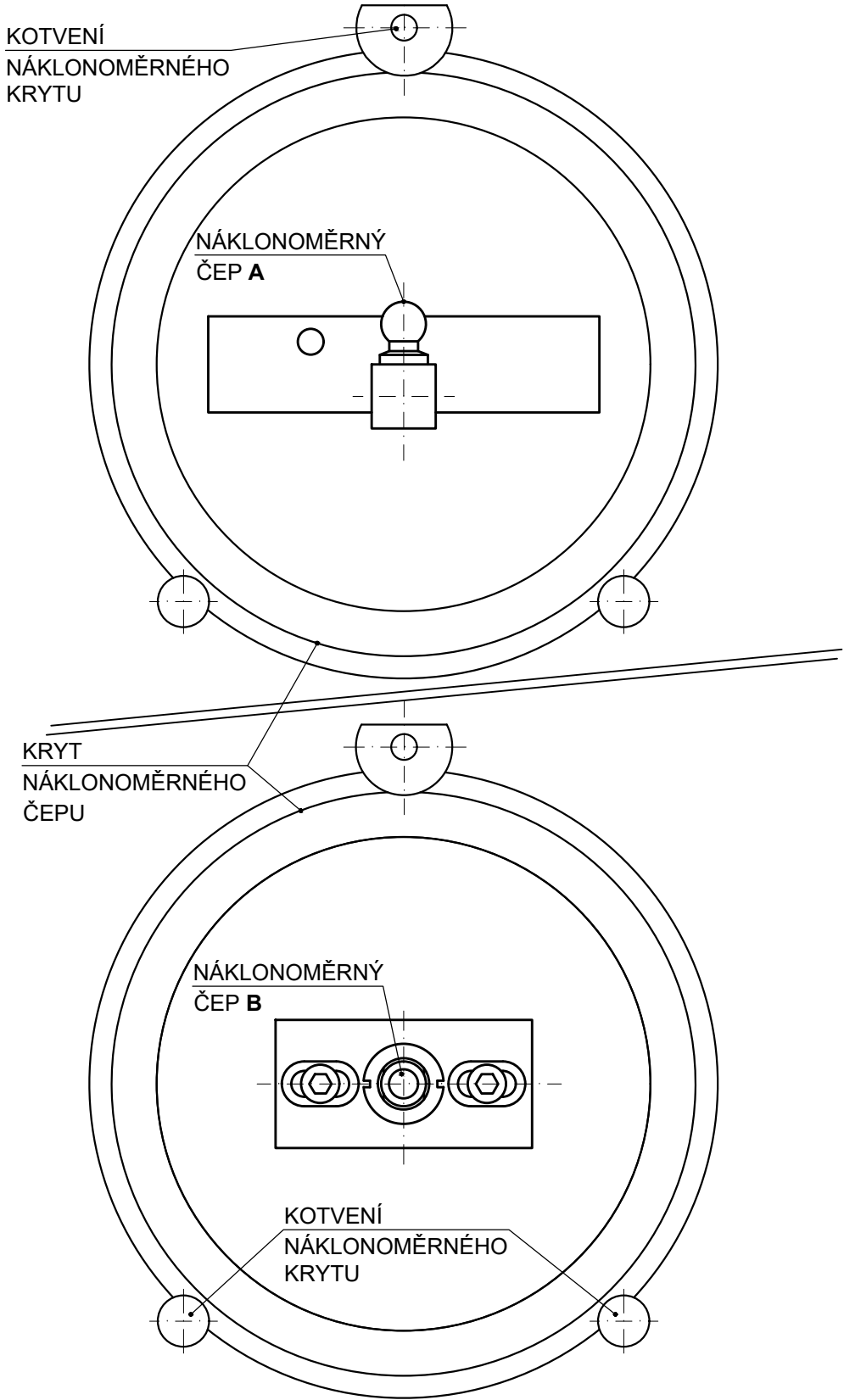
Svislý řez - osazení

M 1 : 2



Pohled - osazení

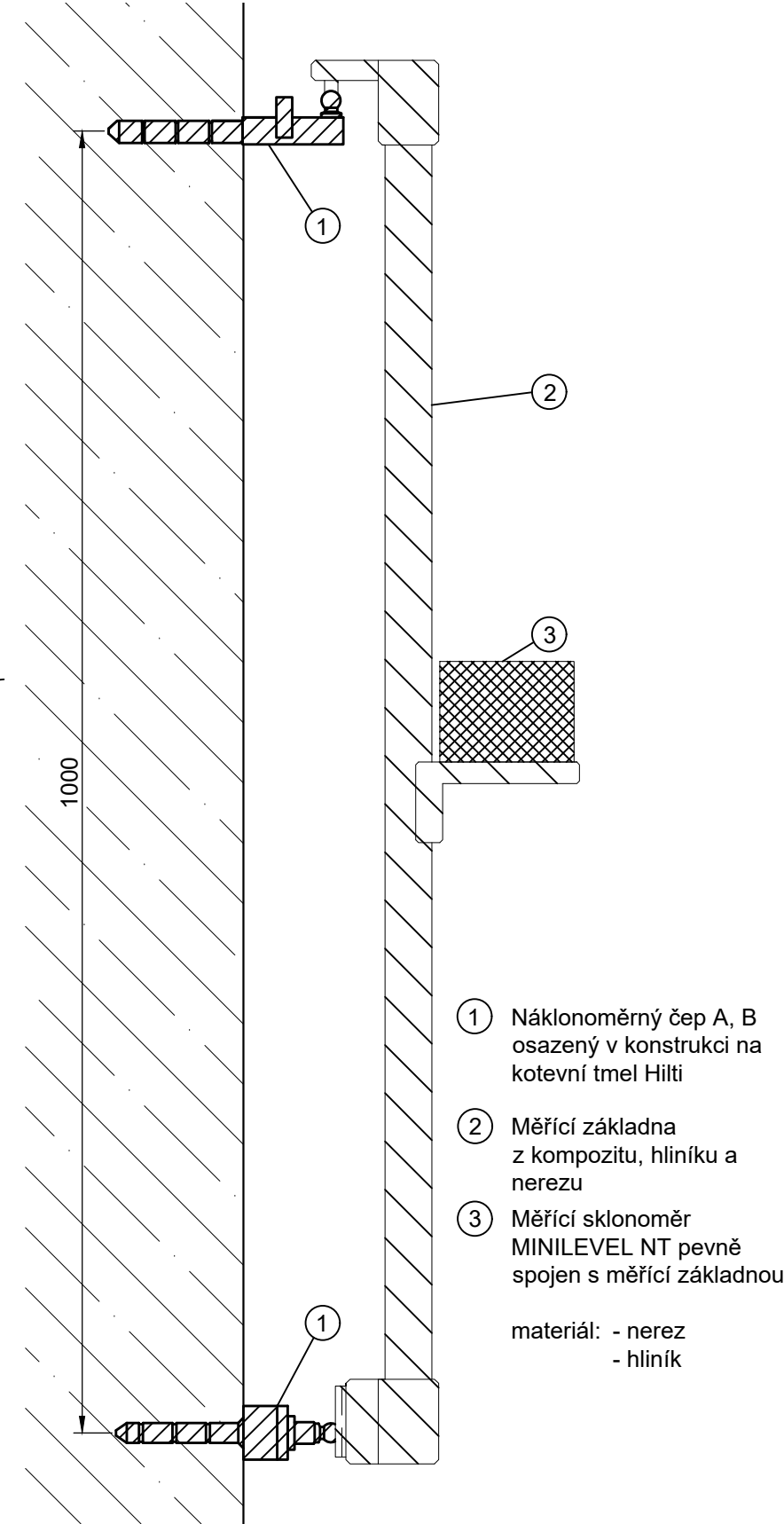
M 1 : 2



Náklonoměrná základna Clinometer Huggenberger je tvořena dvojicí náklonoměrných čepů A a B

Osazení základny - měřící pozice

M 1 : 5

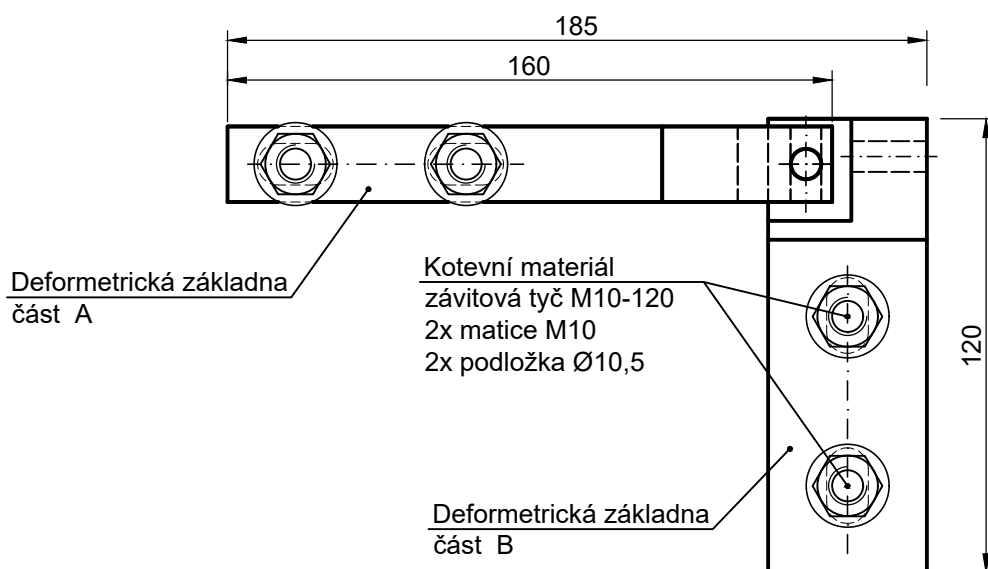


- 1 Náklonoměrný čep A, B osazený v konstrukci na kotevní tmel Hilti
  - 2 Měřicí základna z kompozitu, hliníku a nerez
  - 3 Měřicí sklonoměr MINILEVEL NT pevně spojen s měřicí základnou
- materiál: - nerez  
- hliník

# ROZTAHOMĚRNÁ ZÁKLADNA VR3D

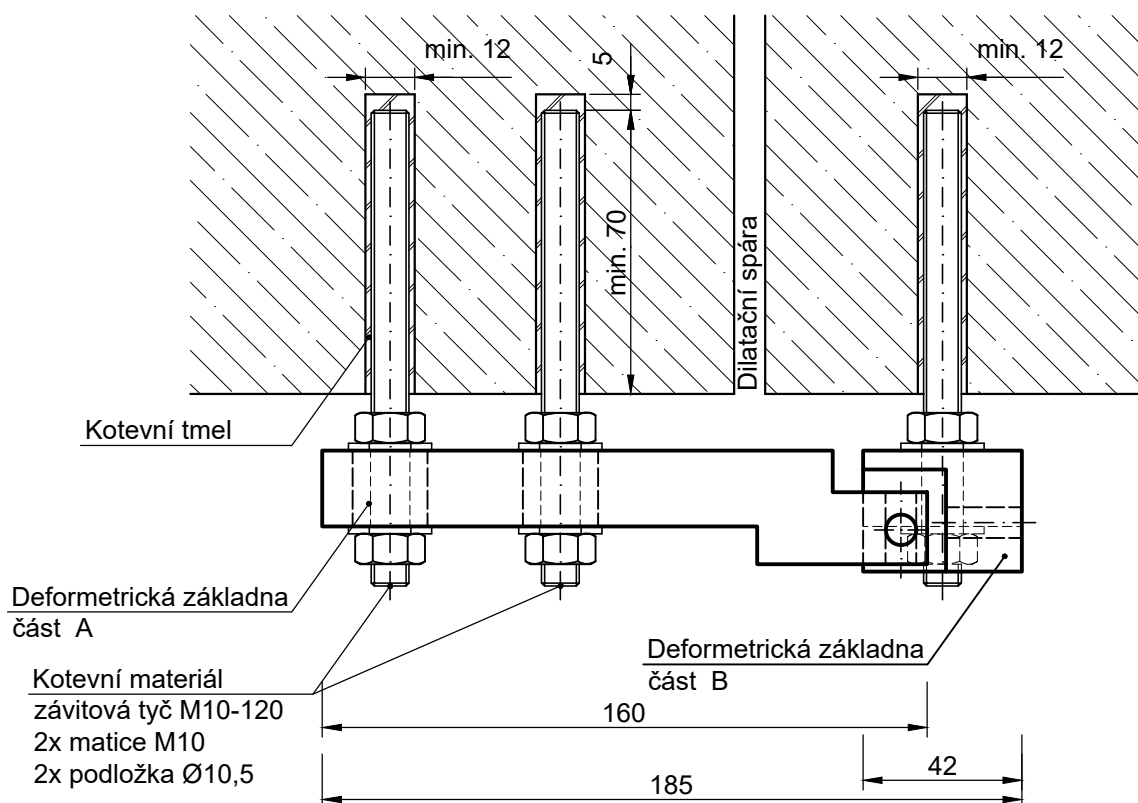
Osazení - pohled

M 1 : 2



Vodorovný řez - osazení

M 1 : 2



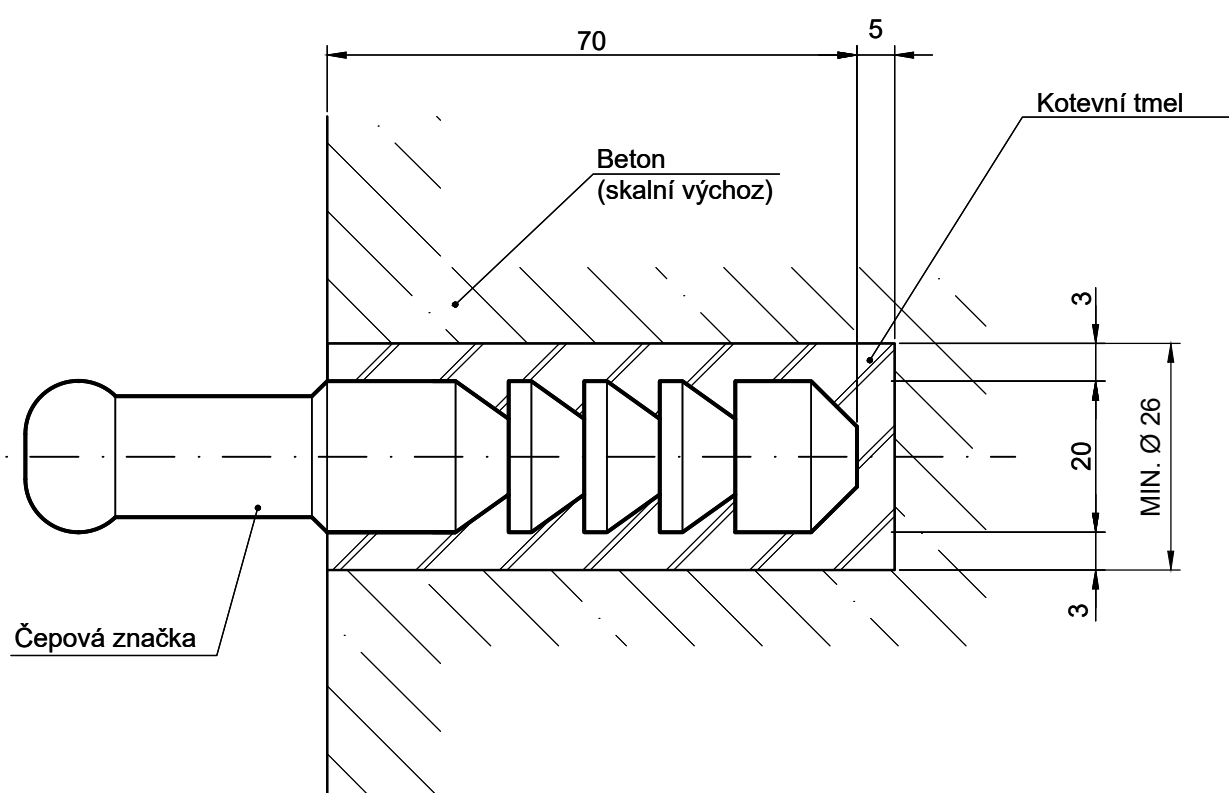
osazená základna je doplněna plastovou krytkou

# ČEPOVÁ NIVELAČNÍ ZNAČKA

pr. 20 mm

## Podélný řez - osazení

M 1 : 1

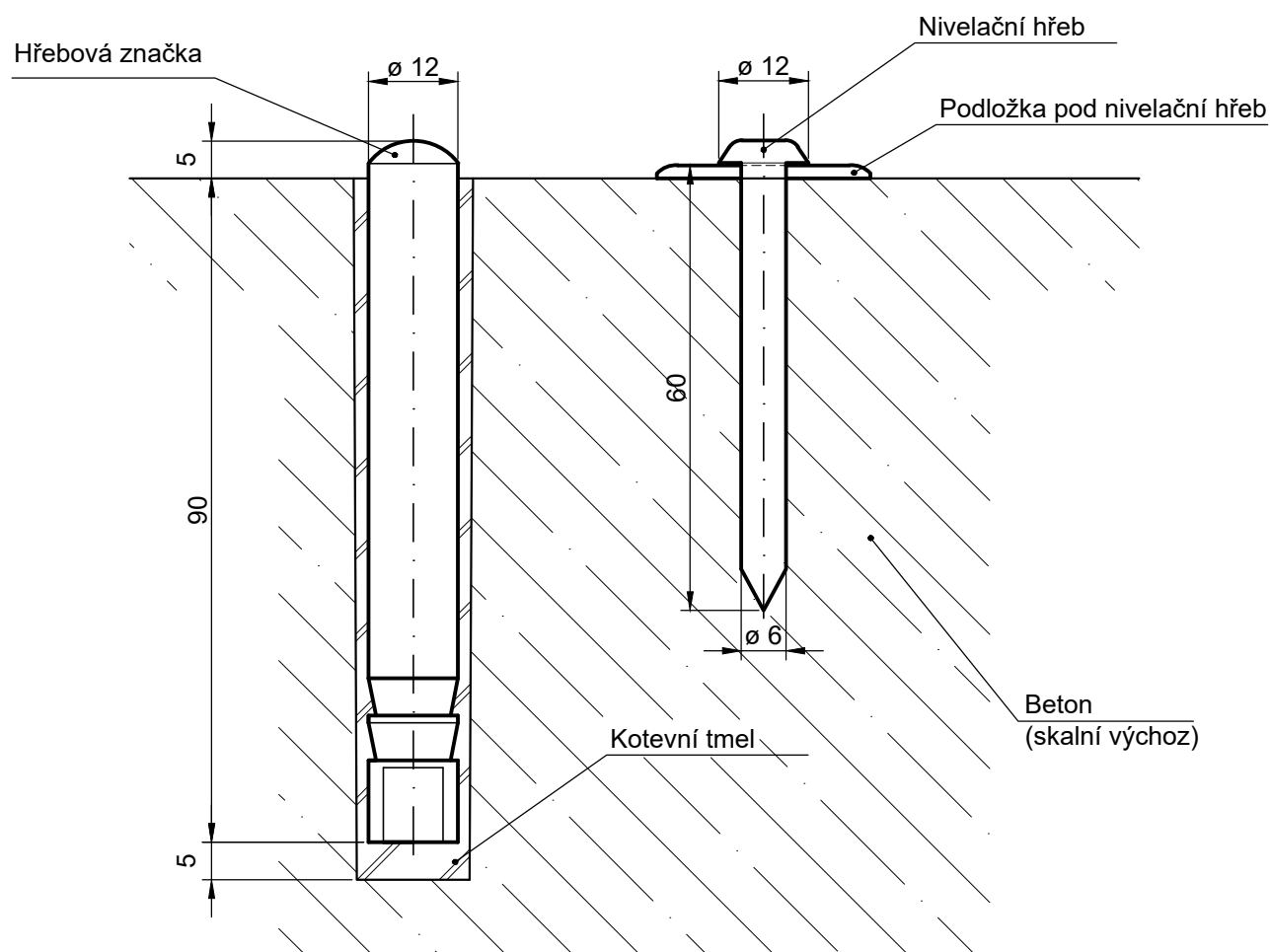




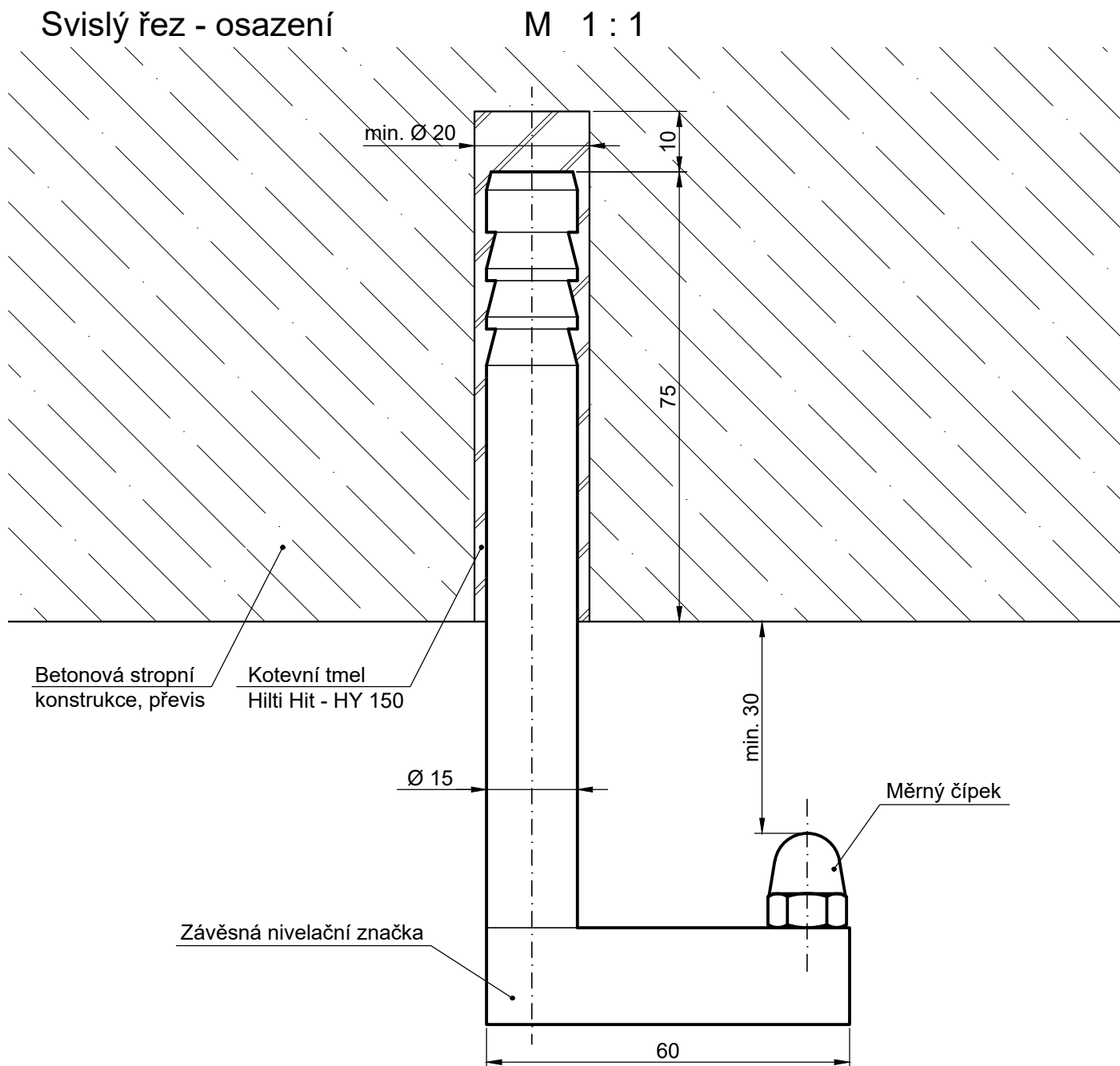
# HŘBOVÁ NIVELAČNÍ ZNAČKA; NIVELAČNÍ HŘEB

Svislý řez - osazení

M 1 : 1



# NIVELAČNÍ ZNAČKA ZÁVĚSNÁ



materiál: - nerez

# NIVELAČNÍ ZNAČKA ZÁVĚSNÁ DOČASNÁ

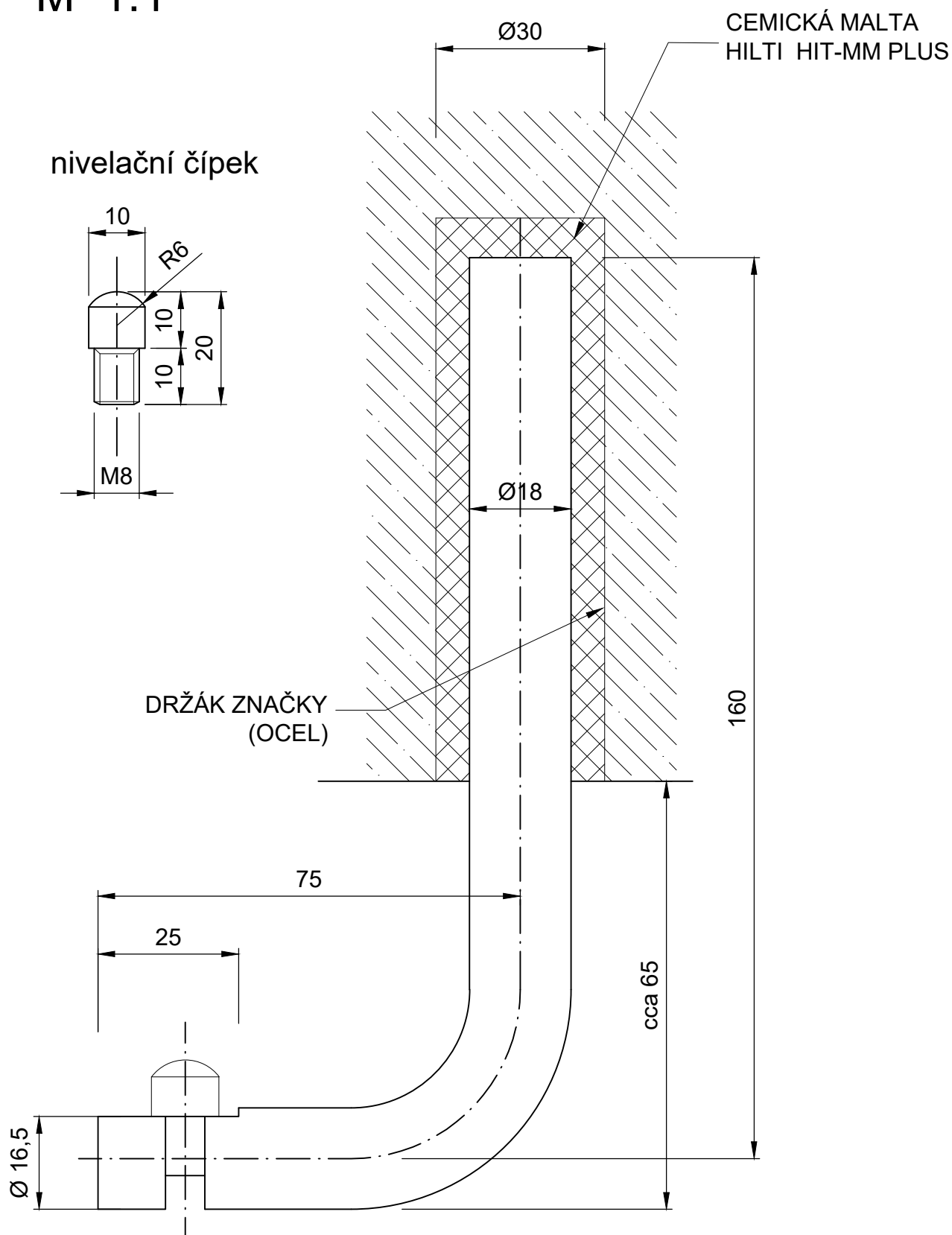
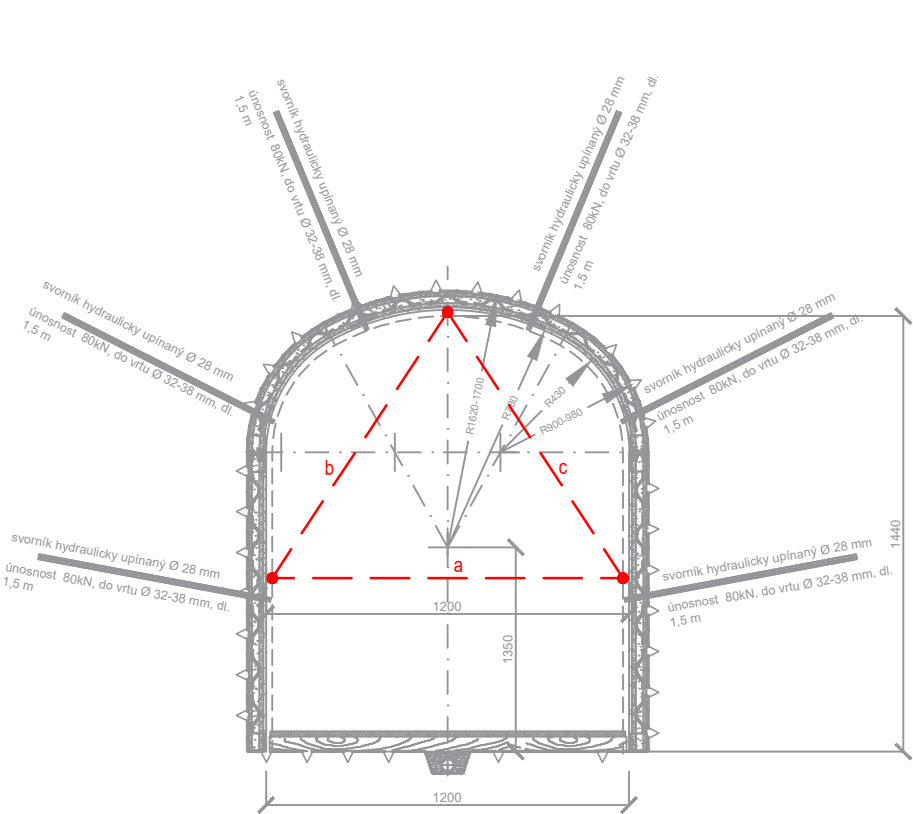
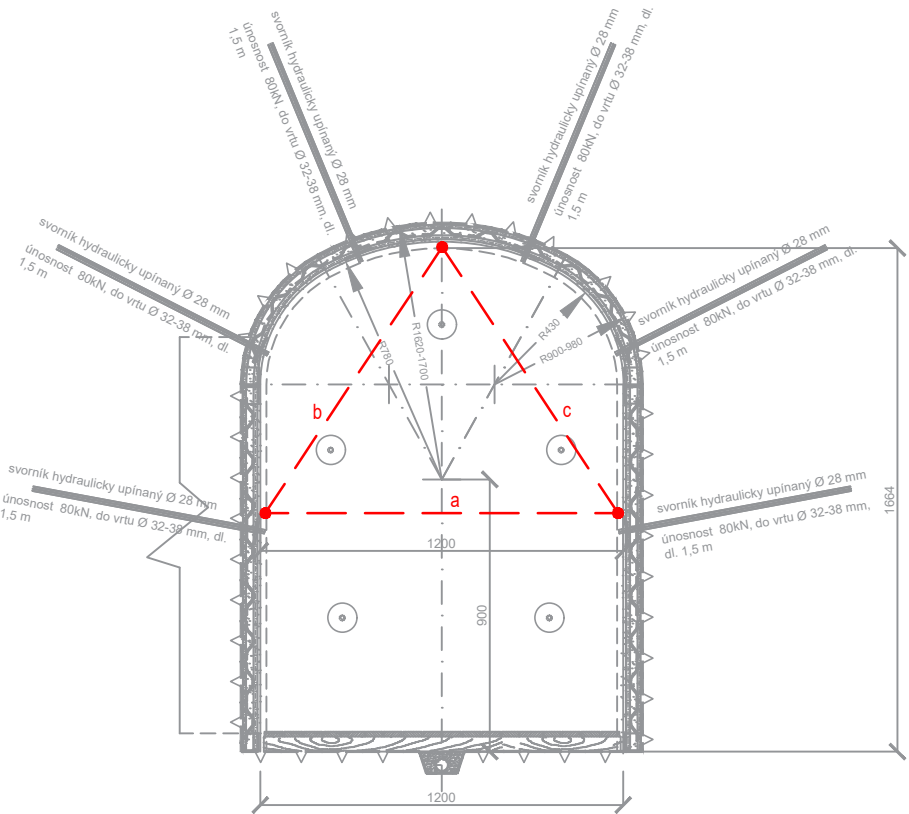
**M 1:1****KONTROLNÍ VÝŠKOVÝ BOD**

SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ BODŮ V KONVERGENČNÍM PROFILU

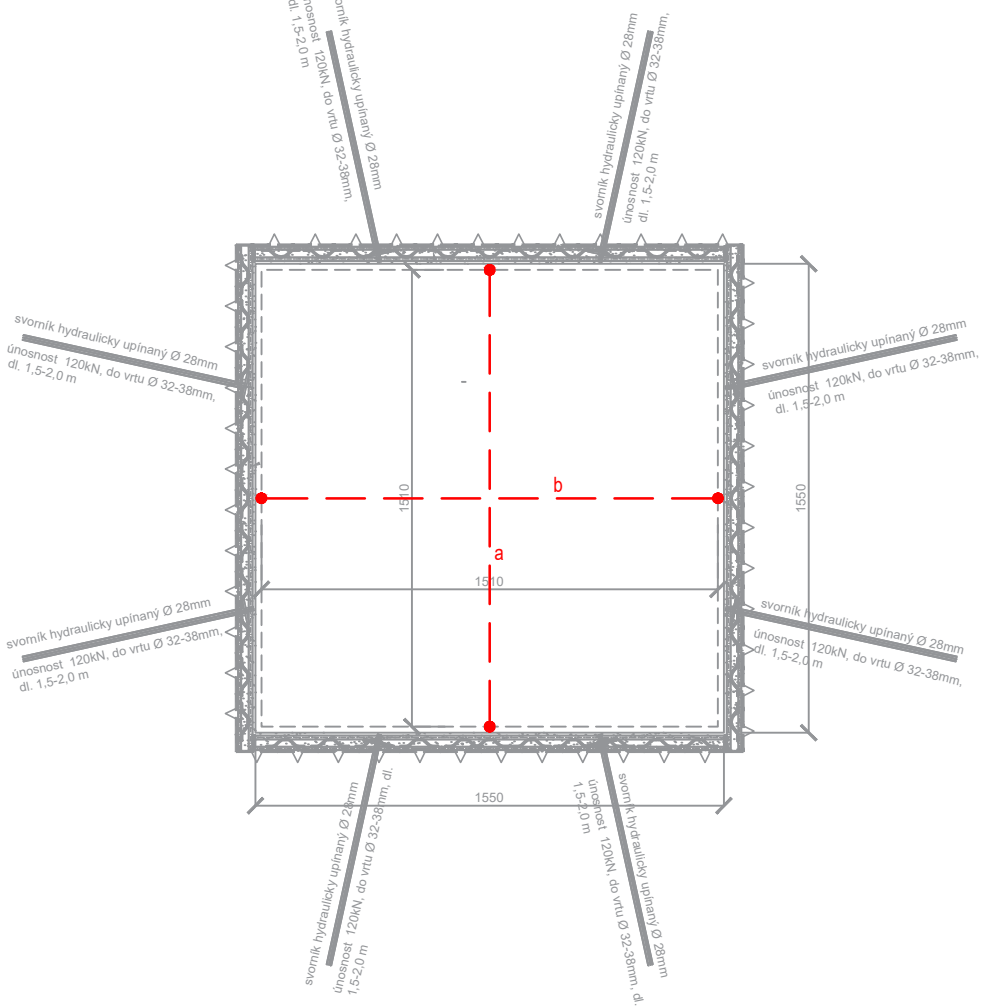
PŘÍČNÝ ŘEZ RAŽENOU ŠTOLOU-STANDARDNÍ PROFIL



PŘÍČNÝ ŘEZ RAŽENOU ŠTOLOU-PŘEVÝŠENÝ PROFIL



PŘÍČNÝ ŘEZ RAŽENOU ŠACHTOU



LEGENDA

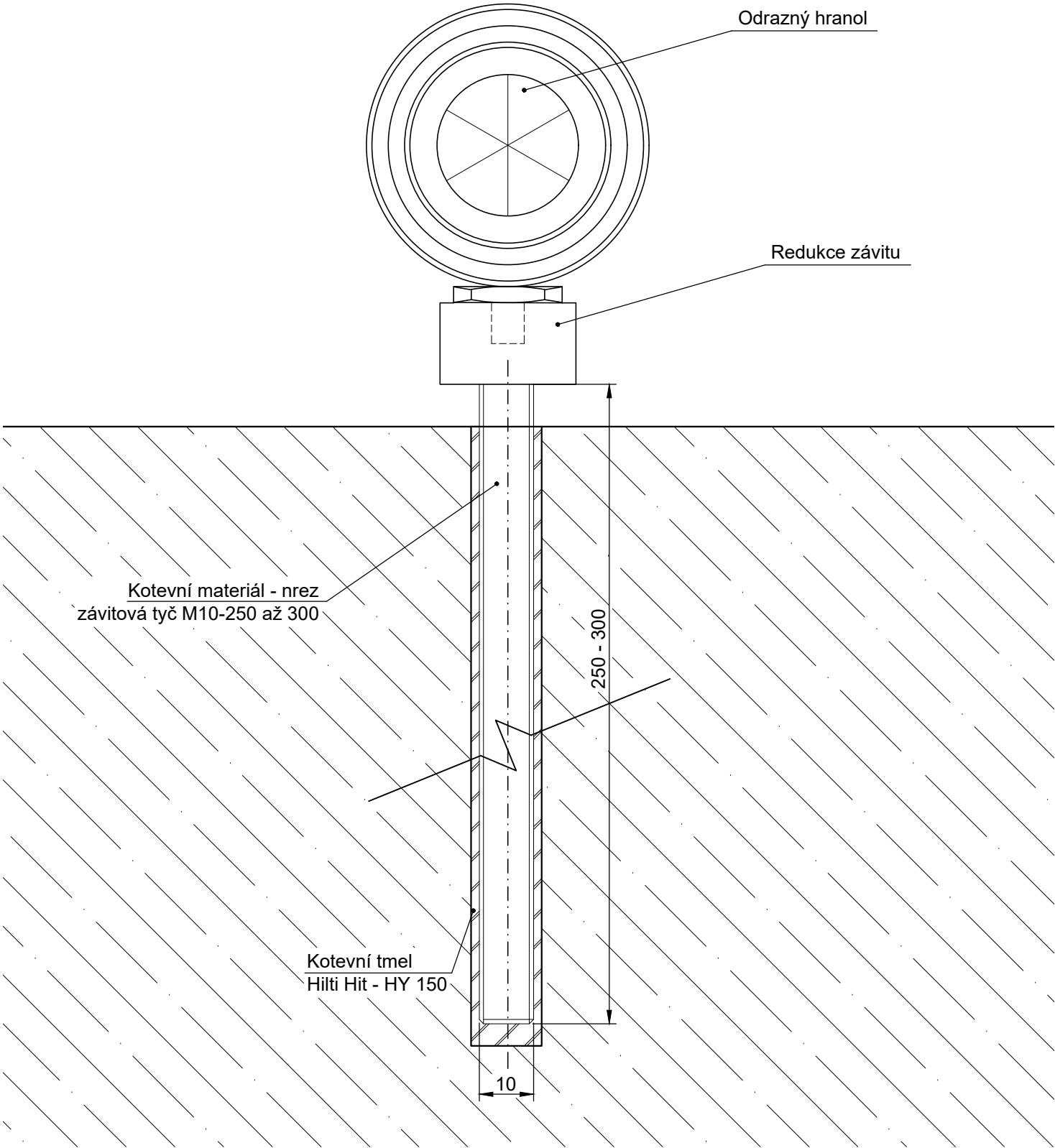
• bod konvergenčního profilu

— — — měřená přímka konvergenčního profilu

pozn.: umístění konvergenčních profilů může být upřesněno podle skutečného stavu vystrojení štol

PEVNÝ SMĚROVÝ BOD - ODRAZNÝ HRANOL

Svislý řez - osazení  
M 1 : 1



poznámka: - osazení hranolu je možné také na šikmé  
a skloněné konstrukce, eventuálně i na vodorovné  
- v případě potřeby bude doplněna ochranná stříška

Pohled na osazení  
M 1 : 1

