





**KÚ**  
100 LET  
KLOKNEROVA  
ÚSTAVU ČVUT  
V PRAZE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**K L O K N E R Ů V   Ú S T A V**

Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice

**Expertní zpráva č.  
2100 J 059**

**Datum vydání zprávy**

29. března 2021

**Oddělení KÚ**

Experimentální  
tel. +420 224 353 537

**Objednatel:    TOP CON SERVIS s.r.o.  
Ke Stírce 1824/56  
Praha 8, 182 00**

**Expertní zpráva:**

**STANOVENÍ MATERIÁLOVÝCH PARAMETRŮ ZDIVA  
PODLEŠÍNSKÉHO VIADUKTU**

**Vypracoval:**

Ing. Tomáš Bittner, Ph.D.

**Spolupráce:**

Jan Řehoř  
Petr Vrbata  
Pavel Borodáč

**Odpovědný řešitel:**

Ing. Tomáš Bittner, Ph.D.

**Vedoucí oddělení:**

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

**Ředitel KÚ:**

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

**Výtisk číslo:**

**1    2    3    4**

**Rozdělovník:**

Objednatel: 3x  
Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

## ANOTACE

Zpráva obsahuje výsledky zkoušek pevnosti kamene a malty v tlaku, stanovení vlhkosti, nasákavosti a fotodokumentaci z rámcové vizuální prohlídky Podlešínského viaduktu. Výsledky zkoušek budou použity jako podklad pro statické posouzení. Průzkumné práce proběhly v první polovině března 2021.

Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost dle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14.10.2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13.7.2004, č.j. 228/2003–Zn.

Laboratoř Kloknerova ústavu ČVUT v Praze je akreditovaná českým institutem pro akreditaci, o.p.s. (ČIA) podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005. Předmětem akreditace je **zkoušení mechanicko-fyzikální a reologických vlastností stavebních materiálů, statické a dynamické zkoušky stavebních konstrukcí, součástí a prvků včetně vyšetřování dynamických účinků na konstrukce.**



**Obr. 1:** Pohled na Podlešínský viadukt

**OBSAH:**

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>4</b>
<b>2. PODKLADY .....</b>	<b>4</b>
<b>3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY .....</b>	<b>4</b>
3.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA V MÍSTECH ODBĚRU VZORKŮ .....	4
3.2. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI MALTY V TLAKU .....	5
3.3. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE A MALTY V TLAKU .....	5
3.4. STANOVENÍ NASÁKAVOSTI ZDÍČÍCH PRVKŮ .....	5
3.5. STANOVENÍ KOEFICIENTU ZMĚKČENÍ ZDÍČÍCH PRVKŮ .....	6
3.6. STANOVENÍ OBSAHU VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU .....	6
3.7. PEVNOST ZDIVA V TLAKU .....	6
<b>4. VÝSLEDKY ZKOUŠEK IN-SITU A LABORATORNÍCH ZKOUŠEK .....</b>	<b>7</b>
4.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA V MÍSTECH ODBĚRU VZORKŮ .....	7
4.2. PEVNOST PŘÍRODNÍHO KAMENE V TLAKU – DEST. ZKOUŠKY .....	7
4.3. PEVNOST MALTY V TLAKU - DESTRUKTIVNÍ A NED. ZKOUŠKY .....	8
4.4. VLHKOSTNÍ STAV KAMENE, NASÁKAVOST A OBJ. HMOSTNOST .....	8
4.5. STANOVENÍ OBSAHU VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU .....	8
4.6. STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA V TLAKU – dle metodiky EN .....	9
<b>5. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ .....</b>	<b>9</b>
<b>6. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>10</b>



## **1. ÚVOD**

Na základě objednávky fy. TOP CON SERVIS s.r.o., Ke Stírce 1824/56, Praha 8, 182 00 byl pracovníky ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, Praha 6 realizován průzkum zdiva Podlešínského viaduktu (mostu). Obsahem zprávy je popis průzkumných prací, včetně následného stanovení materiálových charakteristik kamene, malty a pevnosti zdiva v tlaku.

V rámci zadání prací bylo provedeno:

- rámcová vizuální prohlídka v místě prováděných odběrů,
- odběr vzorků pro destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku,
- destruktivní zkoušky pevnosti kamene a malty v tlaku, stanovení objemové hmotnosti,
- nedestruktivní zkoušky pevnosti malty v tlaku in-situ,
- orientační měření vlhkosti cihel příložným vlhkoměrem,
- stanovení nasákavosti kamene, určení koeficientu změkčení kamene,
- pevnost zdiva v tlaku dle EN,
- odběr a stanovení obsahu ve vodě rozpustných solí,
- fotografická dokumentace, vyhodnocení zkoušek a sepsání zprávy.

Práce in-situ byly provedeny na v první polovině března 2021. Laboratorní práce a zkoušky byly provedeny v období od 15.3.2021 do 24.3.2021.

## **2. PODKLADY**

- [1] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí. Hodnocení existujících konstrukcí.
- [2] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí (nahrazeno [4]).
- [3] ČSN EN 1996 Navrhování zděných konstrukcí (náhrada ČSN 73 1101).
- [4] ČSN EN 772-1 Zkušební metody pro zdicí prvky. Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku.
- [5] ČSN EN 1926 Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v tlaku.
- [6] ČSN 72 2605 Skúšanie tehliarských výrobkov. Stanovenie mechanických vlastností.
- [7] ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb. Sanace vlhkého zdiva. Základní ustanovení.
- [8] ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování konstrukcí při přestavbách (neplatná).
- [9] ČSN EN ISO 10304-1 Jakost vod - Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů - Část 1: Stanovení bromidů, chloridů, fluoridů, dusičnanů, dusitanů, fosforečnanů a síranů.

## **3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY**

### **3.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA V MÍSTECH ODBĚRU VZORKŮ**

Vizuální prohlídka, i když jí nelze upřít subjektivnost, je jedním z nedůležitějších diagnostických postupů, neboť jen tento postup umožňuje odhalit nedostatky prakticky v celé zkoumané ploše. V rámci prováděných prací byla provedena rámcová vizuální prohlídka zdiva viaduktu cílená na vyhledání příp. závažných statických trhlin, drcení zdiva, degradační a korozní, a to v místech prováděných odběrů zkušebních vzorků.

### **3.2. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI MALTY V TLAKU**

Pevnost malty je jedním ze základních parametrů pro stanovení charakteristické, resp. návrhové pevnosti zdiva. Posuzování kvality zdicí malty v hotovém zdivu je velmi obtížné, protože v běžných případech nelze z ložných nebo styčných spár odebrat vzorky malty takové velikosti, aby bylo možno provést destruktivní zkoušku. ČSN ISO 13822, Příloha NF [1] doporučuje stanovit značku malty buď tvrdoměrnou zkouškou nebo odhadem nebo metodami lokálního porušení nebo na základě obsahu pojiva stanoveného chemickým rozбором.

Pro stanovení pevnosti malty v tlaku  $f_m$  byla v tomto případě použita nedestruktivní tvrdoměrná metoda vyvinutá v KÚ ČVUT, která byla od té doby mnohokrát prověřovaná v praktických aplikacích. Metoda vychází z předpokladu, že existuje závislost mezi pevností malty v tlaku a její tvrdostí. Principem zkušební postupu je stanovení tvrdosti malty, která je při této zkoušce charakterizována odporem válcového indentoru zaráženého do malty kladivem o hmotnosti 1 kg ze vzdálenosti 0,2 m do hloubky 5 mm. Měřeným parametrem je počet úderů potřebných k zaražení indentoru, který je korelován s pevností malty v tlaku, a to na základě neustále upřesňovaného vlastního korelačního vztahu pracovníka, který zkoušku provádí. Metoda je vhodná pro posuzování malt vápenných nebo vápenocementových s horní hranicí pevnosti v tlaku do 10 MPa. I přes poměrně značnou nejistotu měření obvyklou pro nedestruktivní zkoušky (cca  $\pm 20 \%$ ), jsou takto získané výsledky ve velké většině případů dostačující pro stanovení charakteristické, resp. návrhové pevnosti zdiva. Významnou výhodou této zkoušky je zejména její rychlost a operativnost. Pevnost malty byla tímto způsobem ověřována v hloubce cca 30 až 100 mm od líce zdiva.

### **3.3. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE A MALTY V TLAKU**

Pro stanovení pevnosti kamene v tlaku destruktivní zkouškou byly z kamenů konstrukce odebrány jádrové vývrty  $\varnothing 50$  mm (5 ks), ze kterých byly nařezány zkušební vzorky tvaru válce se štíhlostním poměrem  $\lambda = 1$ . Tlačné plochy zkušebních vzorků byly zabroušeny a zaleštěny. Poté byly zkušební vzorky změřeny a sušeny při teplotě 105 °C do ustálené hmotnosti. Před vlastní zkouškou byly zkušební vzorky zváženy. Zkoušky byly provedeny dle ČSN EN 1926 [5] a ČSN EN 772-1 [4] v zatěžovacím stroji WPM 500 kN, metrologické číslo S 07 011 M ve vysušeném a nasyceném stavu.

Byly rovněž provedeny 2 vývrty  $\varnothing 80$  mm pro stanovení rozsahu vyplnění spár maltou, případně pro zhotovení zkušebních těles z malty (krychle o hraně maximální možné vzhledem ke spáře ve zdivu). Zkoušení vzorků malty těchto rozměrů není normováno.

### **3.4. STANOVENÍ NASÁKAVOSTI ZDICÍCH PRVKŮ**

Zkouška nasákavosti zdicích prvků se provede tak, že se zkušební vzorky se v sušárně suší při teplotě 105 °C do dosažení ustálené hmotnosti. Ustálené hmotnosti je dosaženo, pokud rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími váženími v rozmezí 24 hod. není větší než 0,1 % z prvního ze dvou vážení. Vzorky ve stavu ustálené hmotnosti se opět zváží. Poté se vloží do nádoby (na podpěry na dně nádoby) a zalijí se vodou o teplotě 20 °C (čas  $t_0$ ). V čase  $t_0 + 48$

hod. se zkušební vzorky vyjmou z vodní lázně, osuší se, zváží a opět se ponoří do vody. Po každých 24 hod. se vzorky vyjmou, osuší a zváží, dokud není dosaženo ustálené hmotnosti. Ustálené hmotnosti je dosaženo, pokud rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími váženími není větší než 0,1 % hm. zkušební vzorku. Výsledek posledního vážení představuje hmotnost nasyceného vzorku. Nasákavost se stanoví dle vztahu:

$$NV = (m_{nas.} - m_{such.}) / m_{such.} \cdot 100 \text{ (\% hm.)}$$

kde: NV = nasákavost (%)

$m_{nas.}$  = hmotnost nasáklého (g)

$m_{such.}$  = hmotnost suchého (g)

### **3.5. STANOVENÍ KOEFICIENTU ZMĚKČENÍ ZDÍČÍCH PRVKŮ**

Vlhkost zdíčních prvků z přírodního kamene zpravidla nepříznivě ovlivňuje jeho pevnost v tlaku. Míra ovlivnění závisí na mnoha faktorech, např. struktuře základního materiálu, obsahu jílovitých podílů, objemové hmotnosti, zrnitosti, typu pojiva apod. Koeficientem změkčení se rozumí podíl pevnosti zdíčního prvku zjištěné v nasyceném stavu k pevnosti zdíčního prvku zjištěné v suchém stavu ( $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$ ). Dle našich zkušeností se hodnoty koeficientu změkčení pohybují u zdíčních prvků z pískovce v poměrně širokém rozmezí 0,6 - 0,9. Např. hodnota koeficientu změkčení rovna 0,7 znamená, že pískovec nasycený vodou vykazuje o 30 % nižší pevnosti v tlaku než ve vysušeném stavu.

### **3.6. STANOVENÍ OBSAHU VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU**

Pro účely chemických analýz zdiva byly odebrány prachové vzorky vrtem Ø 16 mm, případně odseknuté části prvků o hmotnosti minimálně 25 g. Prachové vzorky byly odebrány z hloubky 0 až 30 mm. Při vrtání se prach jímá a vloží se do plastové nádoby s uzávěrem. Vysušené vzorky se namelou na analytickou jemnost a z takto namletých vzorků se připraví vodné výluhy v poměru 1:10 (vzorek k destilované vodě) po dobu 24 hod. Ve výluzích se zjišťují obsahy chloridových iontů ( $Cl^-$ ), síranových iontů ( $SO_4^{2-}$ ) a iontů dusičnanových ( $NO_3^-$ ). Chemická analýza vodných výluhů se provede dle ČSN EN ISO 10304-1 [9] a klasifikace stupně zasolení zdiva dle ČSN P 73 0610 [7].

### **3.7. PEVNOST ZDIVA V TLAKU**

Při posuzování konstrukcí dle Eurokódu ČSN EN 1996 [3] je nutno provést výpočet charakteristické pevnosti zdiva  $f_k$  dle vztahů uvedených v ČSN ISO 13822 [1]. Zkouškami zjištěnou pevnost kusového staviva v tlaku  $f_c$  je nutno převést na normalizovanou pevnost  $f_b$  dle ČSN EN 772-1 [4] a jako pevnost malty je možno uvažovat průměrnou hodnotu  $f_m$  zjištěnou zkouškami nebo např. kvalifikovaným odhadem. Volba součinitelů  $\gamma_m$  pro stanovení návrhové (výpočtové) pevnosti zdiva  $f_d$  je součástí komplexního statického posouzení (ČSN ISO 13822, Příloha NF). Součinitelé  $\gamma_m$  zahrnují dílčí součinitel spolehlivosti, vazbu zdiva a vyplnění spár maltou, vlhkost zdiva a poškození zdiva trhlinami. Pro účely odvození součinitele  $\gamma_m$ , kterým se zohledňuje vlhkost zdiva při stanovování jeho návrhové pevnosti,

bylo využito zejména výsledků vlhkostní analýzy. Vlhkost byla orientačně měřena instrumentální metodou pomocí příložného kapacitního vlhkoměru DM4A.

#### **4. VÝSLEDKY ZKOUŠEK IN-SITU A LABORATORNÍCH ZKOUŠEK**

Místa sond byla volena náhodně v ploše konstrukce (v závislosti na přístupu). Rozsah průzkumných prací byl zvolen na základě požadavku objednatele průzkumu. V rámci prací in-situ byl proveden odběr vzorků a rámcová vizuální prohlídka v oblastech odběru. Fotografická dokumentace vizuální prohlídky je uvedena v Příloze 1.

##### **4.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA V MÍSTECH ODBĚRU VZORKŮ**

###### **Na základě rámcové vizuální prohlídky lze konstatovat:**

- Záznam z vizuální prohlídky v místech odběrů je obsažen v Příloze 1 (fotografie 1 až 22). Při vizuální prohlídce bylo lokalizováno několik míst, kde dochází k velmi výrazné degradaci kamenů. Hloubka degradace (rozpad) dosahuje lokálně hloubky až 150 či 200 mm. Na čelních zdech byla zjištěna místa s hloubkou degradace až 300 mm (foto 9 a 10, Příloha 1). K výraznému rozpadu dochází rovněž v oblasti všech říms pískovcových oblouků.
- Upozorňujeme na fakt, že v poli 5 (nad silnicí) degradující kusy pískovce odpadávají na krajnici přemostěné komunikace. Dle zběžné prohlídky k obdobnému rozpadu dochází i v ostatních polích viaduktu (vyjma pole 1). Povrch pískovce je degradován především účinky mrazu a vody.
- V některých bodech byly zjištěny i trhliny (například pole 2, foto 18, Příloha 1). V poli 3 je dle dodané dokumentace trhlina oddělující část čelní zdi od zbytku klenby.
- Jednotlivé oblouky jsou ve většině plochy pokryty černou krustou. V mnoha místech rovněž dochází k vyluhování pojivové hmoty ze spár (Příloha 1, foto 14, 16, 18, 20, 21, 29, 30 aj.).

##### **4.2. PEVNOST PŘÍRODNÍHO KAMENE V TLAKU - DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY**

###### **Na základě provedených destruktivních zkoušek lze konstatovat:**

- Ze zdiva viaduktu bylo odebráno 5 vývrtů a z nichž bylo vyřezáno celkem 29 zkušebních těles (jádra s poměrem  $\emptyset/L = 1$ ). Čtyři vývrty (V1 až V4) byly provedeny do pískovce (pole 2 až 5), vývrt V7 byl proveden v oblouku 1 (nad vodotečí) do žuly (granitoidu).
- Výsledné pevnosti kamenů v tlaku stanovené na základě zkoušek i dílčí hodnoty jsou uvedeny v Příloze 2, Tab. 1 a 2. Jednotlivé vzorky jsou dokumentovány na fotografiích 5 až 7 a průběh zkoušek včetně kondicionování na fotografiích 8 až 13 téže přílohy.
- Průměrná pevnost v tlaku pískovce (pole 2 až 5) ve vysušeném stavu je 11,1 MPa. Ve stavu nasyceném pak pevnost dosahuje pouze cca 6,9 MPa. Průměrný stanovený koeficient změkčení pískovce je 0,62.
- Průměrná pevnost v tlaku vzorků žuly (pole 1) ve vysušeném stavu je 148,4 MPa a ve stavu saturovaném 131,6 MPa. Koeficient změkčení dosahuje hodnoty 0,89.

#### **4.3. PEVNOST MALTY V TLAKU – DESTRUKTIVNÍ A NED. ZKOUŠKY**

##### **Na základě provedených zkoušek malty lze konstatovat:**

- Bylo provedeno celkem 17 nedestruktivních měření pevnosti malty. Dílčí výsledky jsou zobrazeny v Příloze 2, Tab. 4. Pevnost malty v tlaku byla zjišťována po odstranění svrchní spárovací malty, tj. v hloubce cca 30 až 100 mm za lícem zdiva. Průměrná hodnota pevnosti malty stanovená nedestruktivně je 1,66 MPa. Dílčí hodnoty leží v rozmezí 0,94 až 2,84 MPa. Při zkouškách malty in situ bylo zjištěno, že cca ve 30 % míst je za spárováním dutina.
- Z vývrtu 5 (provedeného přes spáru) bylo zhotoveno 8 zkušebních krychlí o hraně cca 17 až 20 mm. Průměrná pevnost malty stanovená destruktivně na vzorcích z vývrtu 5 je 6,1 MPa (Příloha 2, Tab. 3).
- Rozdíl v pevnosti malty stanovené destruktivně a nedestruktivně je dán polohou zkušebních vzorků, kdy při povrchu je pevnost malty výrazně nižší než v jádru. Tento fakt je způsoben z velké části účinky mrazu a vody.

#### **4.4. VLHKOSTNÍ STAV KAMENE, NASÁKAVOST A OBJ. HMOTNOST**

##### **Na základě měření vlhkosti in-situ, stanovení nasákavosti a objemové hmotnosti lze konstatovat:**

- Bylo provedeno celkem 17 měření vlhkosti zdiva in-situ. Měření proběhla v místech, ve kterých byla ověřována pevnost malty, případně prováděn odběr vzorků. Výsledky jsou obsaženy v Příloze 2, Tab. 4. Zjištěné hodnoty leží v rozmezí 3,1 – 17,5 %.
- Zdivo viaduktu je místy velmi výrazně saturováno vodou. Největší vlhkost byla zjištěna v oblasti vrcholu, případně cca od ¼ klenby směrem k římse. V těchto místech rovněž dochází k nejzávažnější degradaci kamene.
- Průměrná nasákavost vzorků pískovce dosahuje cca 8,0 až 10,3 % hm. Průměrná objemová hmotnost vzorků pískovce je 1860 kg/m<sup>3</sup> (Příloha 2, Tab. 1). Průměrná nasákavost vzorků žuly (granitoidu) je cca 0,3 % hm., při zjištěné objemové hmotnosti 2670 kg/m<sup>3</sup> (Příloha 2, Tab. 2).

#### **4.5. STANOVENÍ OBSAHU VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU**

##### **Na základě provedených chemických testů lze konstatovat:**

- Celkem bylo odebráno 5 vzorků pro stanovení přítomnosti ve vodě rozpustných solí (chloridy, dusičnany a sírany). Vzorky VZ1 a VZ2 obsahovaly zvýšené množství chloridů a vzorek VZ4 zvýšené množství dusičnanů. U vzorku VZ2 byla rovněž zjištěna nadlimitní přítomnost síranů (Příloha 2, Tab. 7 a 8).

#### **4.6. STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA V TLAKU - dle metodiky EN**

##### **Na základě provedených testů a jiných zjištěných skutečností konstatovat:**

- V Příloze 2, Tab. 6 jsou uvedeny námi doporučené hodnoty součinitelů  $\gamma_m$  a z nich vypočtená návrhová pevnost zdiva  $f_d$ . Je však na rozhodnutí statika, jaké hodnoty  $\gamma_m$  pro stanovení návrhové pevnosti zdiva použije (ČSN ISO 13822, Příloha NF).
- Stanovení charakteristické a návrhové pevnosti zdiva je uvedeno v Příloze 2, Tab. 6. Hodnocení je provedeno z destruktivních testů kamene v tlaku (jako průměr z výsledků zkoušek vysušených i nasycených vzorků). Ve sloupci 2 Tab. 6 je uvedeno vyhodnocení pevnosti zdiva na základě doporučené hodnoty pevnosti malty (cca 3 MPa) a pevnosti pískovce při uvážení přítomnosti pouze atmosférické vlhkosti (cca 10 MPa).
- Při uvážení aktuálního stavu konstrukce je průměrná hodnota pevnosti zdiva z pískovce rovna 1,01 MPa (Příloha 2, Tab. 6). Hodnota pevnosti pro zdivo z žuly přibližně 7,88 MPa (Příloha 2, Tab. 6). Pro výpočet pevnosti zdiva byl použit součinitel  $K=0,45$ , tj. součinitel pro zdivo bez podélné (nebo částečné podélné) spáry.

#### **5. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ**

Na základě objednávky fy. TOP CON SERVIS s.r.o., Ke Stírce 1824/56, Praha 8, 182 00 byl pracovníky ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, Praha 6 realizován průzkum zdiva Podlešínského viaduktu (mostu). Obsahem zprávy je popis průzkumných prací, včetně následného stanovení materiálových charakteristik kamene, malty a pevnosti zdiva v tlaku. Práce in-situ byly provedeny na v první polovině března 2021. Laboratorní práce a zkoušky byly provedeny v období od 15.3.2021 do 24.3.2021. Podrobné hodnocení je uvedeno v Přílohách 1 a 2 a to včetně pořízené fotodokumentace.

##### **Na základě provedených prací a materiálových testů lze konstatovat:**

- Zdivo kleneb je ve většině plochy pokryto černou krustou. Ve vrcholu, a především cca od ¼ klenby směrem k patě klenby je patrná výrazná degradace povrchu pískovce účinky vody mrazu. Lokálně lze měřit hloubku odpadávajících vrstev až 200 mm. Zdivo je zasaženo vysokou vlhkostí, což se negativně projevuje na jeho pevnosti. Vlhkostní stav konstrukce vypovídá o zcela nefunkční hydroizolační vrstvě (pokud je vůbec přítomna).
- Pole 2 až 5 je tvořeno sedimentárními horninami (pískovce), pole 1 je tvořeno granitoidy (žulou). Stanovená pevnost pískovce ve vysušeném stavu je cca 11,1 MPa, ve stavu nasyceném však pouze 6,9 MPa. Pevnost žuly ve vysušeném stavu je 148,4 MPa a ve stavu nasyceném 131,6 MPa.
- Pevnost malty v přípovrchových vrstvách dosahuje cca 1,66 MPa (stanoveno nedestruktivně). Pevnost malty na zkušebních krychlich o hraně 17 až 20 mm přibližně 6,1 MPa. Na základě zkušebních vrtů provedených přes ložné spáry lze považovat velkou část spár za nedostatečně vyplněnou.

- Pro statický přepočet doporučujeme uvažovat pevnost malty přibližně na úrovni **3 MPa** a pevnost pískovce v případě alespoň částečného vysušení zdiva a zabránění dalšího pronikání vlhkosti přibližně na úrovni **10 MPa**.
- Pevnost zdiva dle metodiky EN je vypočtena v Příloze 2, Tab. 6. V aktuálním stavu konstrukce lze návrhovou hodnotu pevnosti zdiva (pole 2 až 5, tj. pole pískovcová) v tlaku uvažovat jako přibližně **1,0 MPa**. V případě vysušení zdiva a zabránění vnikání jiné než vzdušné vlhkosti lze uvažovat pevnost zdiva cca **1,4 MPa**. V případě pole 1 (tj. pole žulové) je návrhová hodnota pevnosti zdiva v tlaku na úrovni cca **7,5 až 8,0 MPa**.

*Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků zkoušek in-situ provedených v určitých oblastech v době prohlídky, limitovaných jejich přístupností. Volba součinitelů  $\gamma_m$  pro stanovení návrhové pevnosti zdiva  $f_a$  pro posouzení zdiva dle ČSN EN 1996 je na rozhodnutí statika. Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které byly nad rámec provedených zkoušek a diagnostických prací nebo byly dodatečně zjištěny mimo diagnostikované oblasti.*

## **6. SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 RÁMCOVÁ PROHLÍDKA ZDIVA A ODBĚR VZORKŮ

Příloha 2 MATERIÁLOVÉ ZKOUŠKY ODEBRANÝCH VZORKŮ

## **PŘÍLOHA 1**

Expertní zprávy č. 2100 J 059

### **STANOVENÍ MATERIÁLOVÝCH PARAMETRŮ ZDIVA PODLEŠÍNSKÉHO VIADUKTU**

### **RÁMCOVÁ PROHLÍDKA ZDIVA A ODBĚR VZORKŮ**

**Příloha 1.1:** Rámcová prohlídka zdiva (strana 2 až 12, foto 1 až 22)

**Příloha 1.2:** Odběr solí (strana 13 až 16, foto 23 až 30)



**Příloha 1.1**  
Expertní zpráva 2100 J 059



**Foto 1:** Pohled a Podlešínský viadukt, pole 5 (silnice)

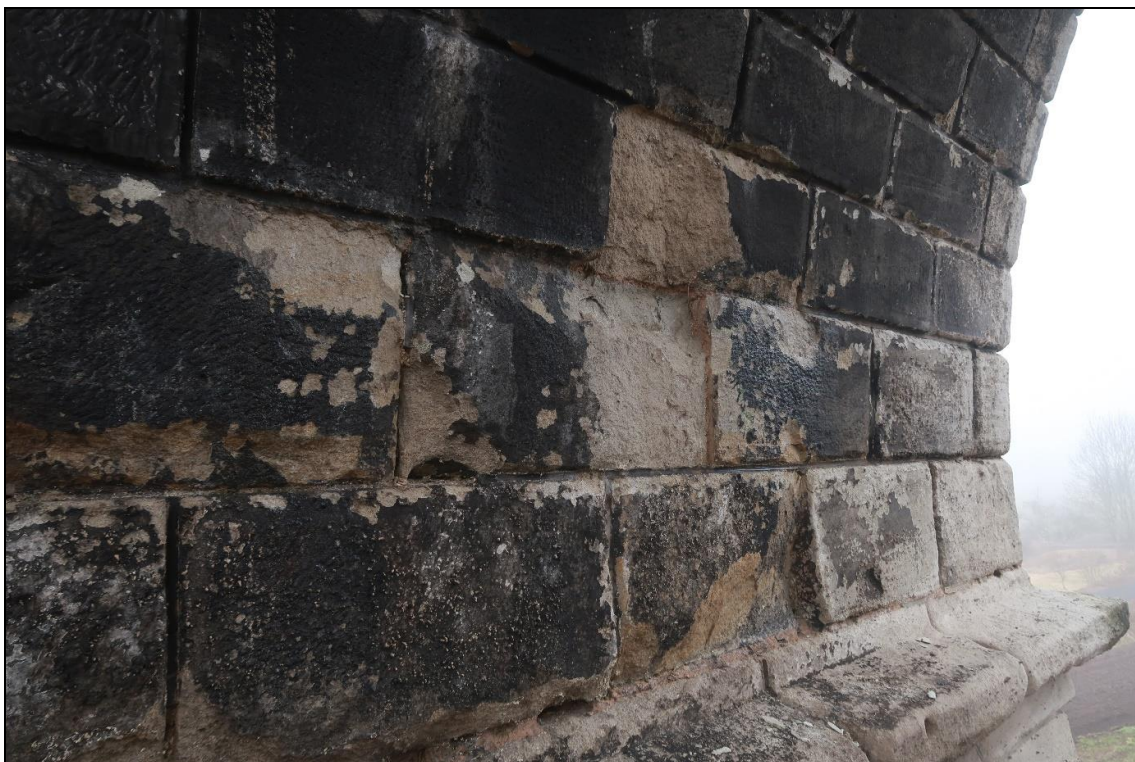


**Foto 2:** Dolní líc pole 5, místy dochází k rozpadu povrchových vrstev pískovce do hloubky 150 až 200 mm, spodní líc ve většině plochy pokryt černou krustou





**Foto 3:** Detailní pohled na odpadávající povrchové vrstvy kamenů klenby (hloubka 150 až 200 mm), kameny mokré



**Foto 4:** Pohled na kameny nad římsou, pole 5, hloubka degradace cca 50 až 100 mm





**Foto 5:** Pole 5, část odpadávajících povrchových vrstev na přilehlé komunikaci, na krajnici odpadávají kusy o váze až 1 kg



**Foto 6:** Pole 5, detail provedených vývrtů V1 (kámen) a V5 (spára)





**Foto 7:** Pole 5, pohled do vývrtu V5, v hloubce cca 80 až 100 mm je patrná nevyplněná spára



**Foto 8:** Pole 5, pohled na opěru mostu, na fotografii je viditelná vlhkostní mapa směrem od terénu





**Foto 9:** Pole 5, pohled na pilíř směrem k Podlešínu, v kalhotách mezi klenbami přítomny výrazně degradované kameny



**Foto 10:** Pole 5, detail z fotografie 9, degradace kamenů do hloubky až 300 mm





**Foto 11:** Pole 4, oblast nad římsou, směrem k nižšímu pilíři, výrazná degradace kamenů vlivem vody a mrazu



**Foto 12:** Pole 4, kusy pískovce odpadávající pod klenbu





**Foto 13:** Pole 2, klenba nad cyklostezkou, klenba ve většině plochy pokryta černou krustou



**Foto 14:** Pole 2, pohled na oblast římsy směrem k vyššímu pilíři, kamene římsy silně degradovány, probíhá výrazný rozpad do hloubky cca 150 mm



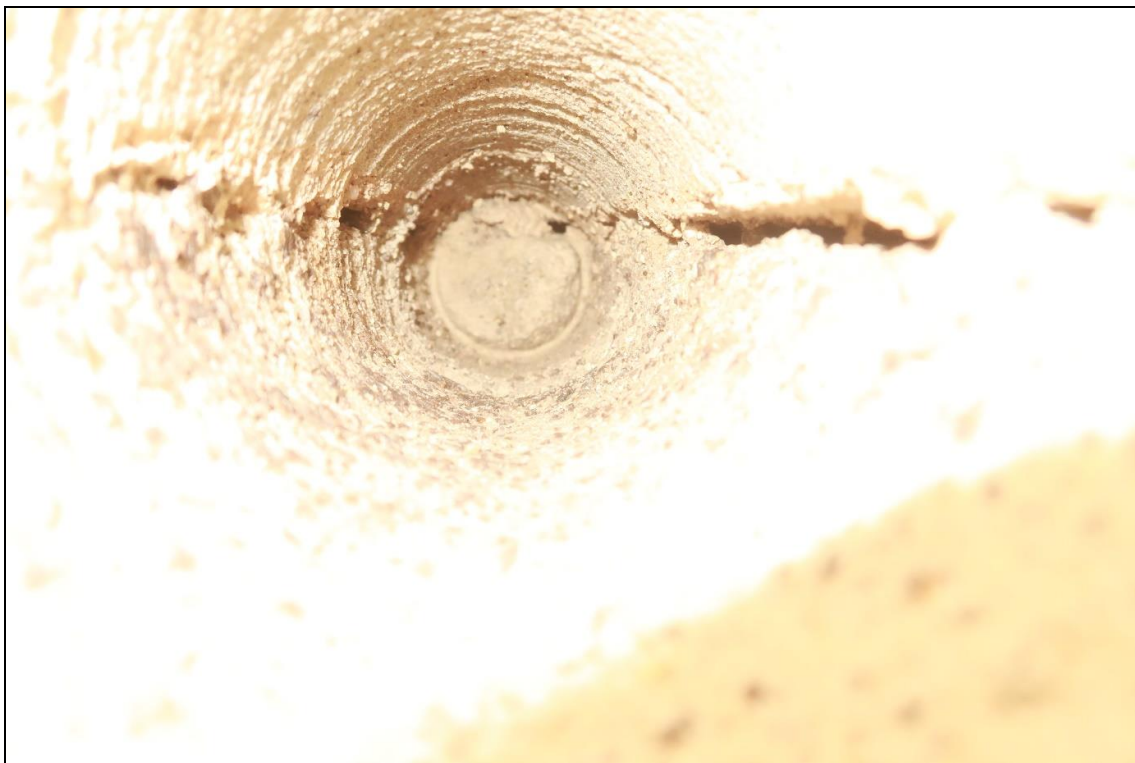


**Foto 15:** Pole 2, pohled na vůrt 4, vůrt proveden do kamene s povrchovou degradací



**Foto 16:** Pole 2, pohled na vůrt 3 (kámen) a vůrt 6 (ložná spára)





**Foto 17:** Pole 2, pohled do výmrtu 6, ložná spára ve většině délky není vyplněna



**Foto 18:** Pole 2, pohled na kámen obsahující trhliny (cca  $\frac{1}{4}$  rozpětí klenby)



**Foto 19:** Pole 1, klenba nad vodotečí, jiný formát zdiva, vyzděna z granitoidů (žuly)

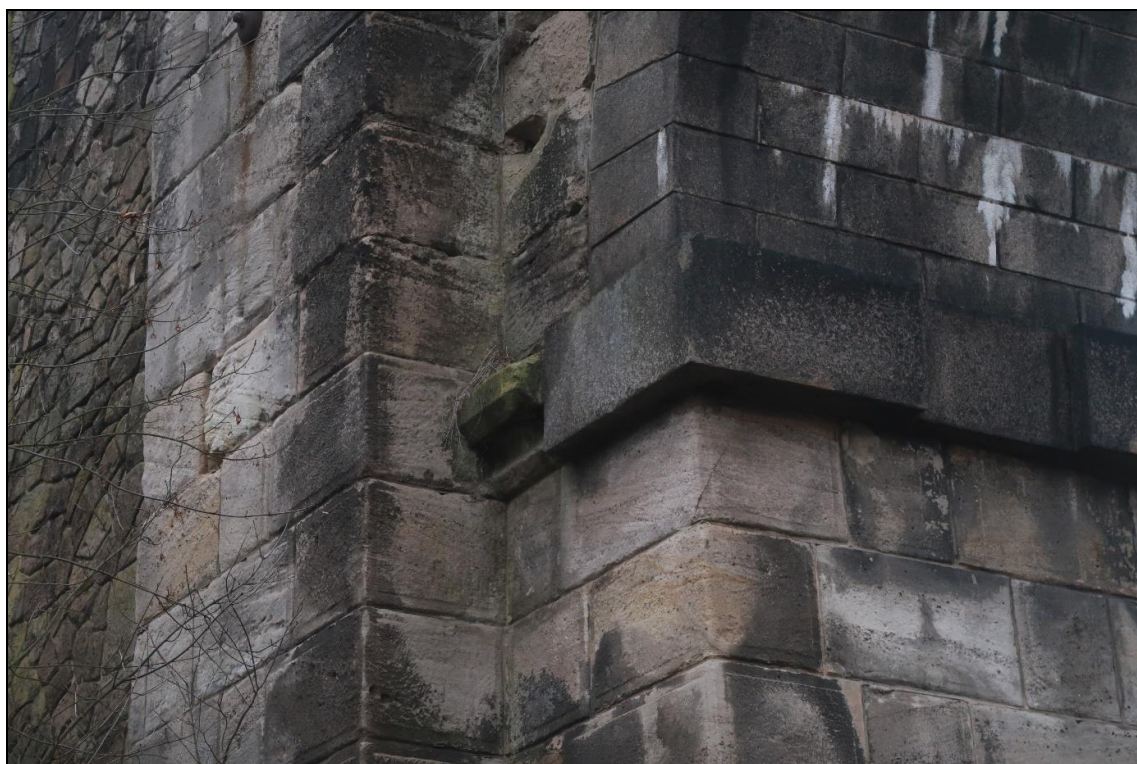


**Foto 20:** Pole 1, klenba nad vodotečí, pohled na dolní líc klenby, žulové zdivo, ze spár je vyluhováno pojivo





**Foto 21:** Pole 1, klenba nad vodotečí, pilíř z pískovce, klenba granitoid (počíná římsovým kamenem)



**Foto 22:** Pole 1, detail paty klenby z žuly na pískovcovém zdivu pilíře



**Příloha 1.2**  
Expertní zprávy 2100 J 059



**Foto 23:** Odběr solí, pilíř P4, výška cca 0,25 m nad terénem, vzorek VZ1



**Foto 24:** Odběr solí, pilíř P4, výška cca 0,25 m nad terénem, vzorek VZ1 - detail





**Foto 25:** Odběr solí, opěra O2, výška cca 0,15 m nad terénem, vzorek VZ2



**Foto 26:** Odběr solí, pilíř P4, výška cca 0,25 m nad terénem, vzorek VZ2 - detail





**Foto 27:** Odběr solí, pilíř P4 (čelo), výška cca 0,2 m nad terénem, vzorek VZ3



**Foto 28:** Odběr solí, pilíř P4 (čelo), výška cca 0,2 m nad terénem, vzorek VZ3 - detail





**Foto 29:** Odběr solí, pilíř P2, výška cca 0,2 m nad terénem, vzorek VZ4 – detail (odběr v místě bílého výluhu)



**Foto 30:** Odběr solí, klenba pole 2, vzorek VZ5 – detail (odběr v místě bílého výluhu)

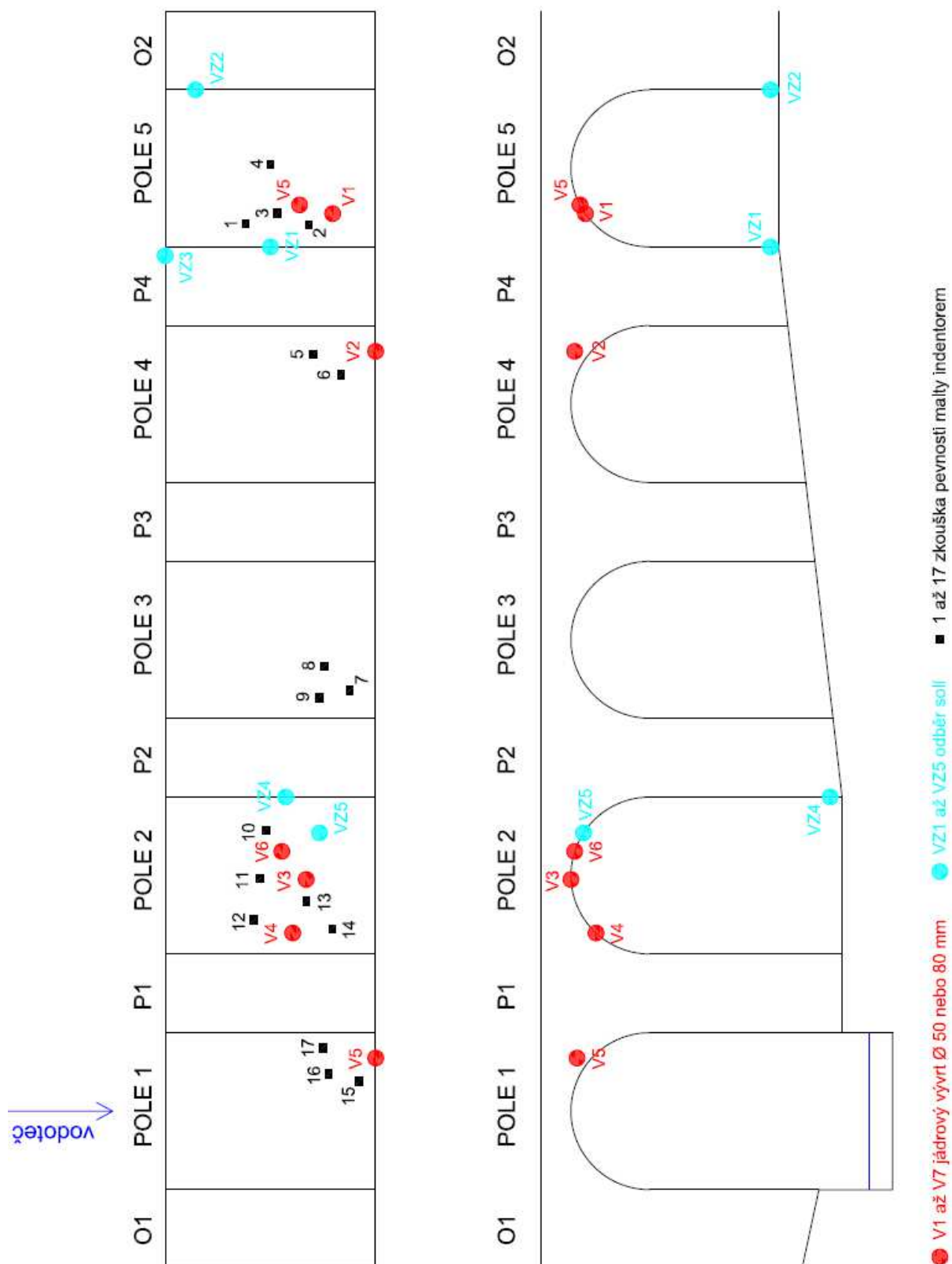
## **PŘÍLOHA 2**

Expertní zprávy č. 2100 J 059

### **STANOVENÍ MATERIÁLOVÝCH PARAMETRŮ ZDIVA PODLEŠÍNSKÉHO VIADUKTU**

### **MATERIÁLOVÉ ZKOUŠKY ODEBRANÝCH VZORKŮ**





**Obr. 1:** Schématický náčrt konstrukce Podlešínského viaduktu včetně označení zkušebních poloh (vývrty, indentory, soli)

**Tab. 1:** Destruktivní zkoušky v tlaku, válce Ø 50 mm - pískovec

Místo	Označení vývrtu a polohy	Ozn. vzorku	Tlačná plocha [cm <sup>2</sup> ]	Výška [mm]	Hmotnost vysušeného vzorku [g]	Objem. hmot. [kg/m <sup>3</sup> ]	Hmotnost nasyceného vzorku [g]	Nasákavost [%]	Tlačná síla [kN]	Pevnost v tlaku vys. vzorku f <sub>c, des, s</sub> [MPa]	Pevnost v tlaku nas. vzorku f <sub>c, des, n</sub> [MPa]
PÍSKOVEC - VÝVRT Ø 50 MM											
PODLEŠÍNSKÝ VIADUKT (MOST) - POLE 2 AŽ POLE 5	VÝVRT 1 (PÍSKOVEC)	1-1	22,3	53,1	225,0	1899	-	-	29,8	13,3	-
		1-2	22,5	53,0	226,8	1903	244,8	8,0	15,3	-	6,8
		1-3	22,4	53,2	226,9	1908	-	-	28,5	12,7	-
		1-4	22,2	53,8	225,4	1890	244,2	8,3	19,3	-	8,7
		1-5	22,3	53,3	224,1	1886	-	-	30,5	13,7	-
		1-6	22,4	53,8	225,4	1869	244,5	8,5	18,5	-	8,2
	VÝVRT 2 (PÍSKOVEC)	2-1	22,6	53,6	225,1	1863	-	-	28,8	12,7	-
		2-2	22,6	53,3	223,4	1856	243,3	8,9	19,0	-	8,4
		2-3	22,5	53,1	226,1	1894	-	-	35,5	15,8	-
		2-4	22,5	53,4	225,7	1878	244,2	8,2	21,3	-	9,4
		2-5	22,5	53,3	224,1	1867	-	-	31,8	14,1	-
		2-6	22,4	52,9	222,2	1875	241,0	8,5	20,6	-	9,2
	VÝVRT 3 (PÍSKOVEC)	3-1	22,3	53,0	214,3	1812	-	-	19,5	8,7	-
		3-2	22,2	53,2	215,0	1818	234,0	8,8	11,8	-	5,3
		3-3	21,8	53,2	211,4	1827	-	-	22,5	10,3	-
		3-4	22,0	52,8	214,0	1841	233,1	8,9	14,5	-	6,6
		3-5	22,1	53,3	215,5	1831	-	-	24,5	11,1	-
	VÝVRT 4* (PÍSKOVEC)	4-1	22,0	53,1	213,7	1828	-	-	11,3	5,1	-
		4-2	22,3	53,1	215,9	1826	238,2	10,3	5,3	-	2,4
		4-3	22,1	52,9	216,9	1855	-	-	16,3	7,4	-
		4-4	22,1	53,2	216,4	1837	-	-	17,8	8,0	-
		4-5	22,0	53,5	217,0	1847	236,9	9,1	8,5	-	3,9
Průměr						1860				11,1	6,9
Směrodatná odchylka [MPa]										3,2	2,4
Variační koeficient [-]										0,29	0,35

koefficient změkčení

$$\alpha = f_{c, des, n} / f_{c, des, s} [-]$$

**0,62**

**Tab. 2:** Destruktivní zkoušky v tlaku, válce Ø 50 mm – granitoid (žula)

Místo	Označení vývrtu a polohy	Ozn. vzorku	Tlačná plocha [cm <sup>2</sup> ]	V ýška [mm]	Hmotnost vysušeného vzorku [g]	Objem. hmot. [kg/m <sup>3</sup> ]	Hmotnost nasyceného vzorku [g]	Nasákavost [%]	Tlačná síla [kN]	Pevnost v tlaku vys. vzorku f <sub>c, des, s</sub> [MPa]	Pevnost v tlaku nas. vzorku f <sub>c, des, n</sub> [MPa]
ŽULA - VÝVRT Ø 50 MM											
PODLEŠÍNSKÝ VIADUKT (MOST) - POLE 1	VÝVRT 7 (ŽULA)	7-1	19,6	53,6	281,5	2688	-	-	266,0	136,0	-
		7-2	19,6	53,2	277,6	2663	278,3	0,3	259,0	-	132,2
		7-3	19,5	53,2	277,9	2676	-	-	258,0	132,2	-
		7-4	19,6	53,3	279,0	2679	279,8	0,3	241,0	-	123,2
		7-5	19,6	53,1	276,7	2665	-	-	322,0	164,7	-
		7-6	19,6	53,3	277,8	2662	278,5	0,3	273,0	-	139,3
		7-7	19,5	53,3	276,1	2657	-	-	314,0	160,9	-
Průměr					2670				148,4	131,6	
Směrodatná odchylka [MPa]									16,7	8,1	
Variační koeficient [-]									0,11	0,06	

koeficient změkčení

$$\alpha = f_{c, des, n} / f_{c, des, s} [-]$$

**0,89**
**Tab. 3:** Destruktivní stanovení pevnosti malty, krychle o hraně cca 20 mm (z vývrtu V5)

NOSNÁ KONSTRUKCE (kamenné zdivo z čistých kvádrů - pískovce)									
Pole	Jádrový vývrt	Ozn. zk. vzorku	Rozměry			Hmotnost [g]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Tlačná síla [kN]	Pevnost malty v tlaku f <sub>m</sub> [MPa]
			b [mm]	h [mm]	v [mm]				
POLE 5	V5	1	20,37	20,15	19,96	11,48	1401	3,32	8,1
		2	20,38	20,01	20,23	11,21	1359	2,53	6,2
		3	20,12	20,31	19,79	11,34	1402	2,84	6,9
		4	19,88	20,24	20,06	10,78	1336	2,18	5,4
		5	17,73	17,70	17,69	7,80	1405	2,25	7,2
		6	17,71	17,60	17,60	7,07	1289	1,59	5,1
		7	17,60	17,59	18,10	7,27	1297	1,15	3,7
		8	17,58	17,60	17,98	7,57	1361	1,89	6,1
Průměr VÝVRT 5							1356		6,1
Směrodatná odchylka							46		1,4
Variační součinitel [%]							3		22

**Tab. 4:** Nedestruktivní stanovení pevnosti malty, stanovení vlhkosti

Zkušební místo	VLHKOST KAMENE			ZKOUŠKA PEVNOSTI MALTY V TLAKU						
	Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610			Počet úderů na zaražení indentoru				Průměr	Pevnost v tlaku $f_m$ [MPa]	
KLENBA 1 = ŽULA, KLENBY 2 AŽ 5 PÍSKOVEC										
PODLEŠÍNSKÝ VIADUKT (MOST)										
1-POLE 5	5,5	7,9	11,2	3	11	7	9	7,5	1,26	
2-POLE 5	15,5	12,3	8,8	8	2	11	4	6,3	0,94	
3-POLE 5	9,3	10,5	7,7	7	9	14	2	8,0	1,39	
4-POLE 5	17,8	15,4	10,6	8	12	3	5	7,0	1,13	
5-POLE 4	5,0	9,3	7,2	8	9	12	7	9,0	1,69	
6-POLE 4	10,2	10,3	7,6	5	11	4	7	6,8	1,06	
7-POLE 3	7,3	10,1	10,3	9	3	5	8	6,3	0,94	
8-POLE 3	7,5	8,2	9,4	10	9	13	5	9,3	1,77	
9-POLE 3	5,5	7,1	4,9	15	13	8	6	10,5	2,18	
10-POLE 2	7,3	10,1	10,3	12	11	10	16	12,3	2,84	
11-POLE 2	8,6	7,2	10,6	10	4	12	6	8,0	1,39	
12-POLE 2	11,7	12,3	9,9	9	9	3	8	7,3	1,19	
13-POLE 2	12,2	12,1	7,7	13	13	9	5	10,0	2,01	
14-POLE 2	7,8	15,1	17,5	7	11	10	5	8,3	1,47	
15-POLE 1	4,9	10,7	8,3	13	14	7	9	10,8	2,27	
16-POLE 1	3,6	4,2	5,1	9	16	11	10	11,5	2,55	
17-POLE 1	3,1	5,2	5,5	12	9	7	14	10,5	2,18	
PRŮMĚR POLE 2 až 5									1,52	
PRŮMĚR POLE 1									2,34	
CELKOVÝ PRŮMĚR									1,66	
SMĚRODATNÁ ODCHYLKA [MPa]									0,57	
VARIACNÍ KOEFICIENT [%]									34,12	

**Tab. 5:** Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610 (legenda)

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610			
velmi nízká		w	<	3
nízká	3	≤	w	< 5
zvýšená	5	≤	w	< 7,5
vysoká	7,5	≤	w	≤ 10
velmi vysoká		w	>	10

**Tab. 6:** Stanovení pevnosti zdiva dle evropských norem (EN) na základě provedených destruktivních a nedestruktivních zkoušek

PODLEŠÍNSKÝ VIADUKT				ZDIVO Z KAMENE (PÍSKOVEC POLE 2 AŽ 5) <u>dle destruktivních kousků</u> <u>(Ø suchého a mokrého)</u>	ZDIVO Z KAMENE (PÍSKOVEC POLE 2 AŽ 5) <u>dle doporučených hodnot</u> <u>pevnosti malty a pískovce</u>	ZDIVO Z KAMENE (GRANITOID POLE 1) <u>dle destruktivních zkoušek</u> <u>(Ø suchého a mokrého)</u>
1	K	Součinitel K	K	0,45	0,45	0,45
2	$\alpha$	Exponent $\alpha$ závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty	$\alpha$	0,70	0,70	0,70
3	$\beta$	Exponent $\beta$ závislý na druhu malty	$\beta$	0,30	0,30	0,30
4	$f_m$	Průměrná pevnost $f_m$ malty zjištěná zkouškami (MPa)	$f_m$	1,52	3,00	2,34
5	$f_c$	Průměrná pevnost staviva $f_c$ zjištěná zkouškami (MPa)	$f_c$	8,98	10,00	140,00
6	$\delta$	Součinitel $\delta$ pro normalizovanou pevnost	$\delta$	0,85	0,85	0,85
7	$f_b$	Normalizovaná pevnost staviva $f_b = \delta f_c$ (MPa)	$f_b$	7,63	8,50	119,00
8	$f_k$	<b>Charakteristická pevnost zdiva <math>f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta</math> (MPa)</b>	$f_k$	<b>2,12</b>	<b>2,80</b>	<b>16,48</b>
9	$\gamma_{m1}$	Dílčí součinitel spolehlivosti $\gamma_{m1}$	$\gamma_{m1}$	2,00	2,00	2,00
10	$\gamma_{m2}$	Součinitel $\gamma_{m2}$ zohledňující vazbu zdiva a vyplnění spár maltou	$\gamma_{m2}$	0,95	0,95	0,95
11	$\gamma_{m3}$	Součinitel $\gamma_{m3}$ zohledňující vlhkost zdiva	$\gamma_{m3}$	1,10	1,05	1,10
12	$\gamma_{m4}$	Součinitel $\gamma_{m4}$ zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu	$\gamma_{m4}$	1,00	1,00	1,00
13	$f_d$	<b>Návrhová pevnost zdiva <math>f_d = f_k / \gamma_{m1} \gamma_{m2} \gamma_{m3} \gamma_{m4}</math> (MPa)</b>	$f_d$	<b>1,01</b>	<b>1,40</b>	<b>7,88</b>

Tab. 7: Stanovení obsahu soli ve zdivu Podlešínského viaduktu (5 vzorků)

Název vzorku	Hloubka odběru	Chloridy [% hmot.]	Dusičnany [% hmot.]	Sírany [% hmot.]
VZ1 (pískovec)	0-30 mm pilíř v=0,25 m	0,095	0,067	0,417
VZ2 (pískovec)	0-30 mm opěra v=0,15 m	0,159	0,024	0,975
VZ3 (pískovec)	0-30 mm pilíř (čelo) v=0,2 m	0,007	0,014	0,333
VZ4 (pískovec)	0-30 mm pilíř (výluh) v=0,2 m	0,032	0,163	0,141
VZ5 (pískovec)	0-30 mm klenba (výluh)	0,001	0,004	0,019

**Tab. 8:** Legenda značení obsahu solí ve vztahu k limitům podle ČSN P 730610

Stupeň zasolení zdiva	Cl <sup>-</sup> [% hmot.]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [% hmot.]	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [% hmot.]
nízký	x < 0,075	x < 0,1	x < 0,50
zvýšený	0,075 – 0,20	0,1 – 0,25	0,5 – 2,0
vysoký	0,20 – 0,50	0,25 – 0,5	2,0 – 5,0
velmi vysoký	> 0,50	> 0,5	> 5,0

**Tab. 9:** Makroskopický popis vrtných jader odebraných z Podlešínského viaduktu

OZN.	Pole	Makroskopický popis
<b>V1</b> l=385 mm Ø 50 mm	<b>klenba 5</b>	sedimentární hornina (pískovec), struktura střednězrnná, barva světle béžová, povrch vývrtu hladký a drolivý
<b>V2</b> l=415 mm Ø 50 mm	<b>klenba 4</b>	sedimentární hornina (pískovec), struktura spíše jemnozrnná, barva tmavě béžová, povrch vývrtu hladký a pevný
<b>V3</b> l=390 mm Ø 50 mm	<b>klenba 2</b>	sedimentární hornina (pískovec), struktura střednězrnná až jemnozrnná, barva béžová, povrch vývrtu hladký a drolivý
<b>V4</b> l=345 mm Ø 50 mm	<b>klenba 2</b>	sedimentární hornina (pískovec), struktura střednězrnná až jemnozrnná, barva béžová, povrch vývrtu hladký a drolivý
<b>V5</b> l=455 mm Ø 50 mm	<b>klenba 5 (spára)</b>	vývrt přes spáru, zdivo přespárováno zřejmě maltou na bázi cementu, hloubka přespárování cca 6 až 9 mm
<b>V6</b> l=390 mm Ø 50 mm	<b>klenba 2 (spára)</b>	vývrt přes spáru, zdivo přespárováno zřejmě maltou na bázi cementu, hloubka přespárování cca 5 až 8 mm
<b>V7</b> l=410 mm Ø 50 mm	<b>klenba 1</b>	granitoid (žula), struktura střednězrnná místy s většími vyrostlicemi (asi křemene), barva šedomodrá, povrch vývrtu hladký a pevný





**Foto 1:** Pohled na vrtná jádra (V1, V2, V3, V4 a V7) Ø 50 mm odebraná z kamenů kleneb vč. označení pro přípravu zkušebních vzorků pro zkoušky v tlaku



**Foto 2:** Pohled na vrtná jádra (V5 a V6) Ø 80 mm odebraná z ložných spár, V5 pole 5 (nad silnicí), V6 pole 2 (pole nad cestou)





**Foto 3:** Detail nevyplněné spáry vývrtu V5, od čela do hloubky cca 60 malta ve spáře přítomna, dále cca 100-120 mm malta zcela chybí, zbytek spáry vyplněn



**Foto 4:** Detail spáry vývrtu V6, spára vyplněna částečně, část malty vyplavená ze spáry



**Foto 5:** Pohled na připravené vzorky z vývrtnu 7 (granitoid), celkem 7 ks



**Foto 6:** Pohled na připravené vzorky z vývrtnu 1, 2, 3 a 4 (sedimenty - pískovce), celkem 22 ks



**Foto 7:** Vzorky malty (krychle o hraně cca 17 až 20 mm) připravené z vývrtnu V5, celkem 8 ks, malta místy pórovitá









**Foto 10:** Zkušební těleso 4-1 (pískovec) v zatěžovacím lisu



**Foto 11:** Zkušební těleso 4-1 (pískovec) po zkoušce v tlaku





**Foto 12:** Zkušební těleso 7-1 (granitoid) v zatěžovacím lisu



**Foto 13:** Zkušební těleso 7-1 (granitoid) po zkoušce v tlaku