

**Zpráva o provedení stavebně technického průzkumu objektu vodojemu na Žlutém kopci ne ulici Tvrdého v Brně**

**Objednatel:** Ing. arch. David Prudík  
Spojovací 2  
616 00 Brno

**Zhotovitel:** Průzkumy staveb s.r.o.  
Líský 1000/44  
624 00 Brno

**Úvod**

Na základě požadavků objednatele byl proveden stavebně technický průzkum (dále jen STP) objektu bývalého vodojemu na Žlutém kopci v Brně.

V rámci tohoto STP byla zjišťována skladba a pevnost cihelného zdiva stropních kleneb pomocí vrtaných sond v místech určených objednatelem. Sondy byly také prováděny za účelem stanovení míry degradace plných cihel v poškozené části vrcholu klenby. Dále byla pořízena fotodokumentace provedených vývrtů.

Předmětem průzkumu byl vodojem s označením 1, který je nejstarší z trojice podzemních nádrží a je situován do severovýchodní části areálu. Tento objekt byl uveden do provozu v roce 1872 a byl vystavěn pouze z plných cihel bez použití oceli, dřeva nebo železobetonu. Svislé zdivo ani cihelné klenby nejsou opatřeny omítkami, jedná se o režnou konstrukci. Spáry mezi cihlami jsou na svém povrchu opatřeny blíže neurčenou hmotou, pravděpodobně se jedná o cementovou mazaninu. Dle historických pramenů byla vodotěsnost vodojemu podpořena obalem z jílu, blíže viz [4].

Zkušební vývrtů byly provedeny ve vrcholu klenby, v místě určeném objednatelem průzkumu, u cihel s patrným poškozením povrchu.

Vodojem na Žlutém kopci je technickou památkou, čemuž musel být přizpůsoben výběr míst a způsob provádění zkoušek.

**Podklady**

- [1] nabídka prací ze dne 22.06.2021
- [2] ústní objednávka prací
- [3] zaměření stávajícího stavu objektu vodojemu v elektronickém stavu, poskytl objednatel průzkumu
- [4] veřejně dostupné informace na [www.brnenske-podzemi.cz](http://www.brnenske-podzemi.cz)
- [5] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
- [6] ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplňující ustanovení
- [7] Zpráva č.2021\*1101, Zkoušky vlastností vývrtů z cihel, Brno, vodojem na Žlutém kopci, zpracovatel Ing. Jiří Habarta, Pellicova 5d, Brno 602 00, listopad 2021
- [8] místní šetření konané dne 03.11.2021

### **Skladba stropní konstrukce**

Pomocí vrtaných sond bylo zjištěno, že stropní konstrukce vodojemu je provedena jako válcová cihelná klenba valená do klenebných pasů. Jako zdící materiál byly použity cihly plné pálené, tloušťka zděné konstrukce je cca 300 mm. Skladba nad cihelným zdívem nebyla blíže zjišťována, aby nedošlo k porušení pravděpodobné jílové mazaniny, která by měla napomáhat ke snížení namáhání stavební konstrukce vlhkostí z okolního terénu.

### **Degradace plných cihel**

Ze spodního líce klenby jsou na některých místech viditelně poškozené plné cihly. Při bližším zkoumání je zřejmé, že u nich dochází k rozpadu povrchu, foto č.1 - 7. V době konání průzkumu se jednalo maximálně o vrstvu cca 20 - 30 mm od původního nepoškozeného líce zdiva. u 5 vybraných cihel byly provedeny jádrové vývrty průměru cca 50 mm do hloubky cca 100 mm. Byly odebrány vzorky cihel a po dohodě s objednatelem průzkumu u nich byla stanovena pevnost v tlaku.

U spár mezi cihlami v klenbách je místy odpadaná pravděpodobně cementová mazanina, místy jsou viditelné krystalky výkvětovitých solí, foto č.7.

### **Pevnost zdiva kleneb**

Na základě požadavku statika byla u odebraných vzorků zdiva, cihel plných pálených, zjišťována také pevnost materiálu v tlaku.

Vývrty byly předány Ing. Jiřímu Habartovi, CSc., který z nich připravil zkušební tělesa, u kterých zjistil jejich rozměry, hmotnost, stanovil objemovou hmotnost, provedl pevnostní zkoušky v lisu, ultrazvukové měření, vyhodnotil dynamický modul pružnosti, sledoval karbonataci betonu vzorků atd., blíže viz příloha č.2 této zprávy. Pro zkoušky pevnosti plných cihel v tlaku bylo z dodaných vývrtů připraveno celkem 5 zkušebních těles. Pohled na některé provedené vývrty viz foto č.3 - 6.

Pevnosti zjištěné destruktivní zkouškou jsou u 4 vzorků v intervalu od 4,3 do 6,6 N/mm<sup>2</sup>. Průměrná hodnota je cca 5,4 N/mm<sup>2</sup>. Pevnost u pátého vzorku byla 14,9 N/mm<sup>2</sup>. Pokud bychom vycházeli z průměrné pevnosti 5,4 N/mm<sup>2</sup>, tak je zřejmé, že v současné době tyto cihly splňují podmínku pro pevnostní značku cihel P5.

Pevnost malty použité u konstrukce klenby nebylo vzhledem ke špatné přístupnosti a příliš úzkým spárám stanovit metodou vrtů speciálně upravenou ruční vrtačkou. Avšak na základě zkušeností s podobnými konstrukcemi a jistou mírou bezpečnosti předpokládáme, že se jedná o maltu s minimální pevnostní třídou M 0,4; což je průměrná pevnost malty rovna 0,4 N/mm<sup>2</sup>.

Dle [6], se charakteristická pevnost zdiva v tlaku  $f_k$  určí podle vztahu:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$$

- |          |   |
|----------|---|
| K        | - konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků, v tomto případě má hodnotu 0,55                                       |
| $f_b$    | - normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdících prvků  |
| $f_m$    | - průměrná pevnost malty v tlaku  |
| $\alpha$ | - exponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty,<br>$\alpha = 0,7$ pro nevyztužené zdivo s obyčejnou nebo lehkou maltou |
| $\beta$  | - exponent závislý na druhu malty, pro obyčejnou maltu $\beta = 0,3$  |

Dle [7], národní příloha NF, se návrhová pevnost zdiva v tlaku vypočítá jako podíl charakteristické pevnosti zdiva a dílčího součinitele zdiva  $\gamma_m$ , který se určí dle následujícího vzorce:

$$\gamma_m = \gamma_{m1} * \gamma_{m2} * \gamma_{m3} * \gamma_{m4}$$

- $\gamma_{m1}$  - základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti; pro zdivo z plných cihel a maltu obyčejnou se rovná 2,0
- $\gamma_{m2}$  - součinitel zahrnující vliv pravidelnosti vazby zdiva a vyplnění spár maltou
- $\gamma_{m3}$  - součinitel zahrnující vliv zvýšené vlhkosti
- $\gamma_{m4}$  - součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu

Tabulka č.1 - Vyhodnocení a upřesnění pevnosti zdiva

zkušební místo (podlaží)	pevnost malty pevnost cihel		charakter. pevnost $f_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]	součinitele				návrhová pevnost [N/mm <sup>2</sup> ]
	třída	[N/mm <sup>2</sup> ]		$\gamma_{m1}$	$\gamma_{m2}$	$\gamma_{m3}$	$\gamma_{m4}$	
<b>Klenby</b>	M 0,4 P 5	$f_m = 0,40$ $f_{bd} = 5,00$	1,3	2,00	0,90	1,25	1,00	<b>0,57</b>

## Závěr

Tímto stavebně technickým průzkumem bylo zjištěno, že některé cihly plné pálené ve vrcholu klenob stropní konstrukce vodojemu mají degradovaný povrch ze spodního líce do hloubky maximálně cca 20 - 30 mm.

Průměrná pevnost těchto cihel splňuje podmínku pro zařazení do pevnostní třídy P5. Průměrná pevnost malty byla na základě dlouholetých zkušeností odhadnuta jako 0,4 N/mm<sup>2</sup>. Návrhová pevnost zdiva klenob s vlivem jeho velmi vysoké vlhkosti byla stanovena jako 0,57 N/mm<sup>2</sup>.

Výsledky tohoto stavebně technického průzkumu budou sloužit jako jeden z podkladů pro následné projekční práce a statické posouzení konstrukce.

V Brně dne 24.11.2021

Vypracoval: ing. Bronislav Šlapanský

## Přílohy

- Příloha č.1 - Fotodokumentace
- Příloha č.2 - Zkoušky vlastností vývrtů z cihel
- Výkresová dokumentace

## Příloha č.1 - Fotodokumentace



Foto č.1 - celkový pohled na cihelnou stropní klenbu



Foto č.2 - detail poškozených cihel





Foto č.3 - pohled na poškozené cihly a místo po provedeném vývrtu



Foto č.4 - místo po provedeném vývrtu



Foto č.5 - pohled na poškozené cihly a místo po provedeném vývrtu

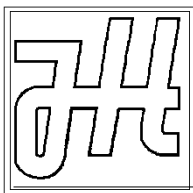


Foto č.6 - místo po provedeném vývrtu





Foto č.7 - výskyt výkvětovných solí ve spárách



**Ing. Jiří Habarta, CSc.**

Autorizovaný inženýr v oboru Zkoušení a diagnostika staveb

Pellicova 5d, 602 00 Brno

---

## **Zkoušky vlastností vývrtů z cihel Brno, vodojem na Žlutém kopci**

Objednatel: Průzkumy staveb Brno

Zpráva č. 2021\*1101

Brno, listopad 2021



### **Informace o zadání a zpracovateli**

<u>Objednatel:</u>	Průzkumy staveb, s.r.o. Lísky 1000/44 624 00 Brno IČO 292 68 125 DIČ CZ29268125
<u>Zhotovitel:</u>	Ing. Jiří Habarta, CSc. Zkoušení a diagnostika staveb Pellicova 5d, 602 00 Brno IČO 680 99 576 DIČ CZ411128428
<u>Předmět řešení:</u>	Zkoušky fyzikálně mechanických vlastností vývrtů z cihel, odebraných z kleneb vodojemu na Žlutém kopci v Brně.

### **Informace o zadání, použité podklady:**

Na základě požadavku firmy Průzkumy staveb Brno byly provedeny materiálové zkoušky pěti vývrtů odebraných z kleneb vodojemu na Žlutém kopci v Brně. Bylo požadováno stanovení základních fyzikálně mechanických vlastností, zejména pevnosti v tlaku.

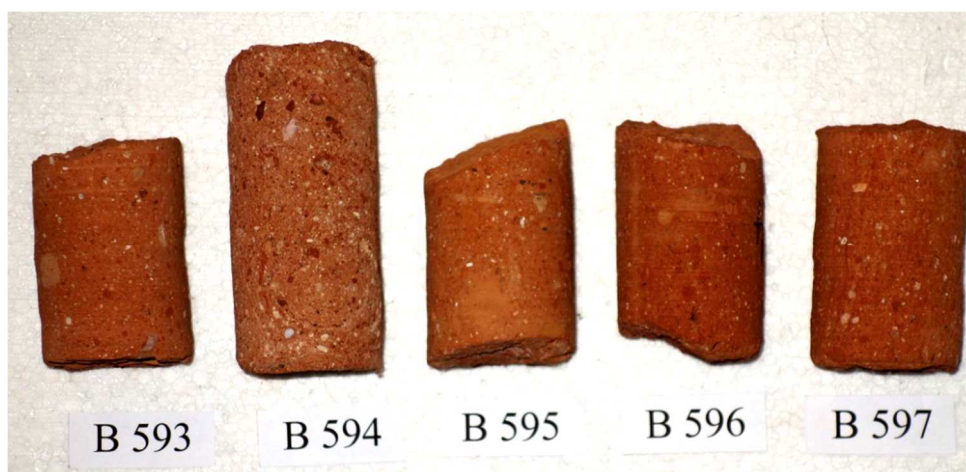
Vývrtů měly jmenovitý průměr 50 mm, byly provedeny zesponu nahoru.

Označení vývrtů ze stavby bylo doplněno označením z evidence laboratoře: písmenem B a pořadovým číslem:

- B 563 ... C1
- B 564 ... C2
- B 565 ... C3
- B 566 ... C4
- B 567 ... C5

### Popis vývrtů

Vývrtky byly pro materiálové zkoušky dodány tak, jak byly odebrány jádrovou vrtačkou s diamantovým jádrovým vrtákem, bez dalších úprav.



Obr. 1.: Vývrtky z cihel po dodání do laboratoře

Vývrt B 593 (C1): celková výška 74 mm. Oba konce byly odlomené. Nerovnosti byly na jednom konci do 5 mm, na druhém konci do 12 mm. Střep měl hnědočervenou barvu. Ve střepu byla bílá zrna do 1 mm a dutinky do 1 mm.

Vývrt B 594 (C2): celková výška 106 mm. Oba konce byly odlomené. Nerovnosti byly na jednom konci do 5 mm, na druhém konci do 10 mm. Střep měl světle karmínovou barvu. Ve střepu byla bílá zrna do 3 mm a malé množství větších dutinek do 3 mm, jedna dutinka měla délku 15 mm.

Vývrt B 595 (C3): celková výška 82 mm. Oba konce byly odlomené. Nerovnosti byly na jednom konci do 5 mm, na druhém konci do 15 mm. Střep měl světlou hnědočervenou barvu. Ve střepu byla bílá zrna do 1 mm a dutinky převážně do 2 mm s několika většími dutinkami.

Vývrt B 596 (C4): celková výška 80 mm. Oba konce byly odlomené. Nerovnosti byly na jednom konci do 10 mm, na druhém konci do 15 mm.. Střep měl hnědočervenou barvu. Ve střepu byla bílá zrna do 1 mm a dutinky do 2 mm. Ve vývrtu byla spára šikmo k podélné ose přes polovinu průřezu.

Vývrt B 597 (C5): celková výška 74 mm. Oba konce byly odlomené. Nerovnosti byly na jednom konci do 5 mm, na druhém konci do 5 mm. Střep měl světlou hnědočervenou barvu. Ve střepu byla bílá zrna do 2 mm a dutinky do 1 - 2 mm.

Jmenovitý průměr vývrtů byl 50 mm.

### Úprava vývrtů na zkušební tělesa

Vývrtky byly upraveny na zkušební tělesa odřezáním začátků a konců tak, aby byla délka zkušebních těles srovnatelná s jejich průměrem. Řezání bylo provedeno na speciální pile Vymyslicky SP 40 P s diamantovým pilovým listem a s vodním výplachem.

### Měření zkušebních těles

Rozměry zkušebních těles byly stanoveny posuvným měřítkem s digitální indikací.

Hmotnost vysušených zkušebních těles byla zjištěna vážením na váze s citlivostí 0,1 g.

Pevnostní zkouška zkušebních těles byla provedena na zkušebním lisu WPM DrMB 60, při rozsahu působící síly do 150 kN.

### Objemová hmotnost a pevnost v tlaku materiálu vývrtů - vyhodnocení

Vyhodnocení bylo provedeno podle platných českých technických norem. Pro zkoušená zkušební tělesa z cihel byla pevnost v tlaku vyhodnocena jako poměr působící maximální síly a průřezové plochy vzorku bez dalších korekcí. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 1.

Tab. 1.: Vyhodnocení objemových hmotností a pevností materiálu vývrtu

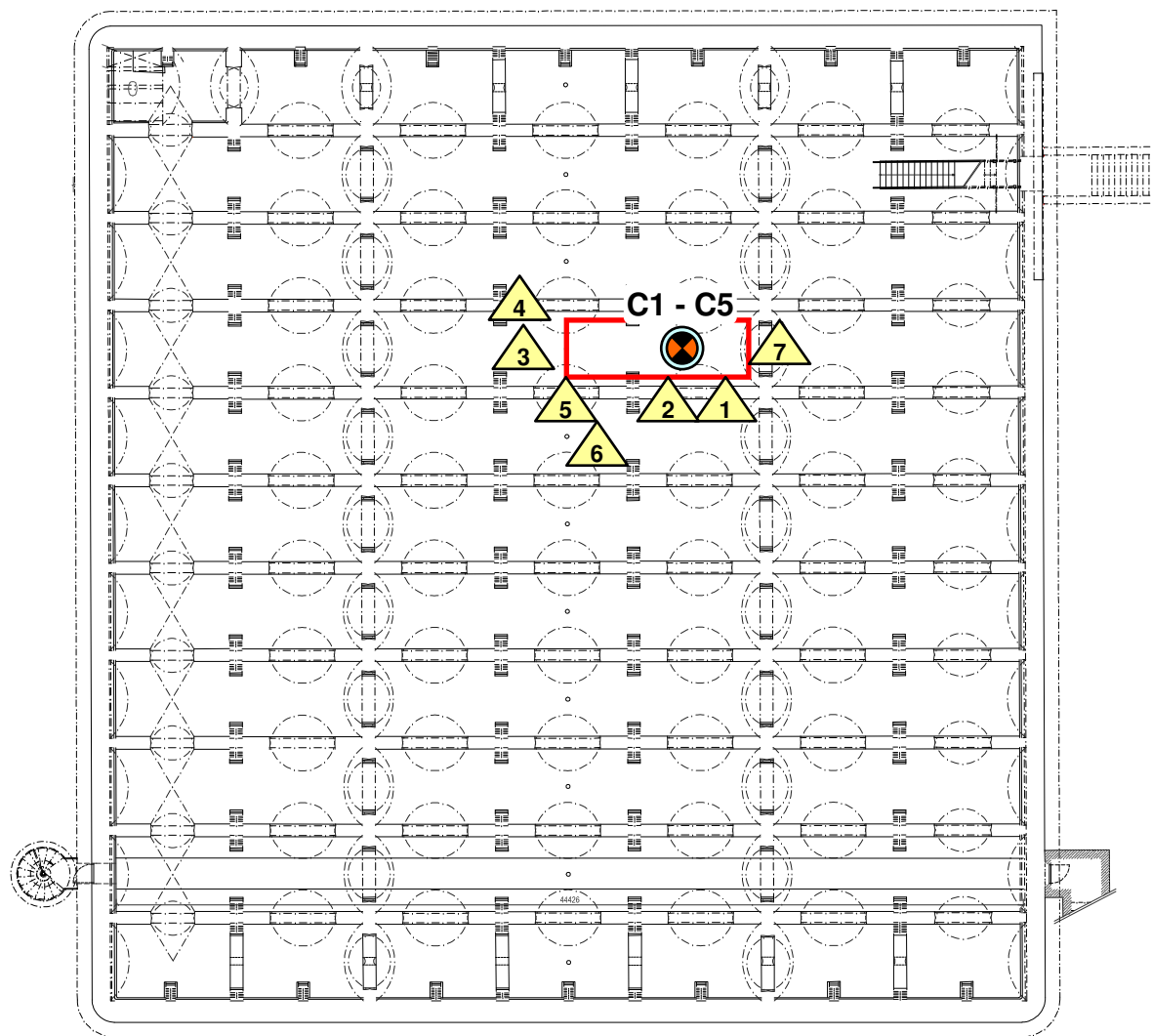
označení zkušebního tělesa		C1	C2	C3	C4	C5
		B 563	B 564	B 565	B 566	B 567
tvar zkušebního tělesa		válec	válec	válec	válec	válec
průměr válce	mm	49,0	49,2	49,2	48,8	48,8
výška	mm	49,9	50,2	49,2	49,2	50,3
hmotnost	g	151,3	146,6	148,9	138,8	146,8
objemová hmotnost	kg/m <sup>3</sup>	<b>1608</b>	<b>1536</b>	<b>1592</b>	<b>1508</b>	<b>1560</b>
Rozsah lisu		150	150	150	150	150
Indikace síly	promile	54	72	189	64	82
síla	kN	8,1	10,8	28,4	9,6	12,3
plocha vzorku	mm <sup>2</sup>	1886	1901	1901	1870	1870
krychelná pevnost $f_c$	N/mm <sup>2</sup>	<b>4,3</b>	<b>5,7</b>	<b>14,9</b>	<b>5,1</b>	<b>6,6</b>

Zkoušky vývrtů z cihel z kleneb vodojemu na Žlutém kopci v Brně provedl a vyhodnotil Ing. Jiří Habarta, CSc., autorizovaný inženýr v oboru Zkoušení a diagnostika staveb – číslo autorizace 1000407.

Brno, 11.11.2021

Ing. Jiří Habarta, CSc.





# **LEGENDA:**



Sondy do stropních konstrukcí - zjištění pevnosti cihel v tlaku zkouškou v lise - vývrty z cihel plných pálených, zkušební místa C1 - C5.



Zkoumaná část.



Fotodokumentace.

BRNO, Tvrdého

Objekt vodojemu 1

Půdorys 1.PP - umístění sond

Výkres č.1