




Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
00	ZAPRACOVÁNÍ PŘIPOMÍNEK Z PROJEDNÁNÍ 11/2014	11/2014
01	-	-
02	-	-

Investor:	Správa železniční dopravní cesty, s.o. Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
 <small>Správa železniční dopravní cesty</small>	Stavební správa západ Sokolovská 278/1955, 190 00 Praha 9

Generální projektant:	SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a, 130 80 Praha 3 tel.: +420 267 094 111 fax: +420 224 230 316 e-mail: praha@sudop.cz	Hlavní inženýr projektu: DOC. ING. MAREK FOGLAR, Ph.D.
		

Zpracovatel části:		ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	
		KLOKNERŮV ÚSTAV Šolínova 7, 166 08 Praha 6	
Vedoucí oddělení:	Odpovědný projektant SO, IO, PS:	Vypracoval:	Kontroloval:
DOC. ING. JIŘÍ KOLÍSKO, Ph.D.	ING. MILAN HRABÁNEK, Ph.D.	ING. MILAN HRABÁNEK, Ph.D. DOC. ING. JIŘÍ KOLÍSKO, Ph.D.	ING. MILAN HRABÁNEK, Ph.D.

Název akce:	Číslo smlouvy:	
	14 090 209	
REKONSTRUKCE NEGRELLIHO VIADUKTU	Projektový stupeň:	
	PROJEKT	
Část:	Datum:	
	07/2014	
B SOUHRNNÁ ČÁST	Číslo částí:	
	B.14	
DOPLŇKOVÝ STAVEBNĚ TECHNICKÝ A IG PRŮZKUM	Měřítko:	Počet formátů:
	-	-
Název přílohy:	Číslo přílohy:	
	17	
UPŘESNĚNÍ MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK		



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

KLOKNERŮV ÚSTAV
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

**Expertní zpráva č.
1400 J 194 - 01**

Datum vydání zprávy
15. července 2014

Oddělení KÚ
Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: SUDOP Praha, a.s.
Olšanská 1a
130 80 Praha 3

Expertní zpráva:

„REKONSTRUKCE NEGRELLIHO VIADUKTU“

**UPŘESNĚNÍ MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK KAMENE
KONSTRUKCÍ NEGRELLIHO VIADUKTU V PRAZE**

ETAPA 1

Vypracoval:

Ing. Milan Hrabánek, Ph.D.

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Spolupráce:

Ing. Lucie Kudrnáčová

Odpovědný řešitel:

Ing. Milan Hrabánek, Ph.D.

Vedoucí oddělení:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ředitel KÚ:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1 2 3 4 5
6 7 8 9 10

Rozdělovník:

Objednatel: 8x
Knihovna: 1x
Autoři: 1x

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
v Praze
Kloknerův ústav
166 08 Praha 6, Šolínova 7 (1)

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 kamene odebraného z konstrukcí Negrelliho viaduktu v oblasti Štvanice, a to pro účely upřesnění materiálových charakteristik kamene.

Výsledky zkoušek budou použity jako podklad pro statické posouzení kamenného zdiva viaduktu.

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.



Obr. 1: Pohled na Negrelliho viadukt v Praze v oblasti Štvanice

OBSAH:

1.	ÚVOD	4
2.	PODKLADY	4
3.	POUŽITÉ METODY A POSTUPY	5
3.1.	DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE V TLAKU	5
3.2.	VLHKOST KAMENE IN-SITU	5
3.3.	NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE V TLAKU	6
4.	ZKOUŠKY KAMENE	6
4.1.	PEVNOST KAMENE V TLAKU - DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY	6
4.2.	PEVNOST KAMENE V TLAKU - STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK	8
4.3.	KOEFICIENT ZMĚKČENÍ KAMENE VLIVEM VLHKOSTI	10
4.4.	VLHKOST KAMENE IN-SITU A MAX. NASÁKAVOST KAMENE	10
4.5.	NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE V TLAKU	10
4.6.	PŘEVODNÍ SOUČINITEL PRO NEDESTRUKTIVNÍ STANOVENÍ PEVNOSTI	11
4.7.	UPŘESŇUJÍCÍ SOUČINITEL PRO PEVNOSTI KAMENE Z PODKLADU [1] ...	12
5.	ZÁVĚRY	13
6.	SEZNAM PŘÍLOH	15
	PŘÍLOHY	

1. ÚVOD

Zkoušky kamene odebraného z konstrukcí Negrelliho viaduktu v oblasti Štvanice v Praze, včetně následného upřesnění materiálových charakteristik kamene, byly provedeny na základě smlouvy o dílo č. 14 090 209 K27 uzavřené dne 14.7.2014 mezi SUDOP PRAHA, a.s., Olšanská 1a, Praha 3 (objednatel) a ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, Praha 6 (zhotovitel).

V rámci zadání prací bylo zjištěno a provedeno:

- výběr míst in-situ pro odběr jádrových vývrtů,
- nedestruktivní zkoušky pevnosti kamene in-situ v místech jádrových vývrtů,
- odběr vzorků kamene in-situ pro stanovení vlhkosti v místech jádrových vývrtů,
- odběr jádrových vývrtů (provedl objednatel),
- stanovení aktuální vlhkosti kamene gravimetrickou analýzou,
- stručný popis a fotodokumentace jádrových vývrtů dodaných objednatelem,
- příprava zkušebních vzorků z jádrových vývrtů řezáním a koncováním,
- měření a vážení připravených zkušebních vzorků,
- objemová hmotnost a nasákavost kamene,
- destruktivní zkoušky pevnosti kamene v tlaku na vývrtech za daných vlhkostních stavů,
- součinitel změkčení kamene vlivem vlhkosti,
- převodní součinitel mezi nedestruktivně a destruktivně zjištěnou pevností v tlaku,
- součinitel pro upřesnění provedených zkoušek pevnosti kamene v tlaku,
- fotografická dokumentace, vyhodnocení zkoušek a sepsání zprávy.

Práce in-situ byly provedeny dne 24.6.2014. Laboratorní práce a zkoušky byly provedeny ve dnech 1.7. - 12.7.2014.

2. PODKLADY

- [1] Výsledky laboratorních zkoušek hornin. Název úkolu: Rekonstrukce Negrelliho viaduktu. SUDOP PRAHA, a.s., laboratoř mechaniky zemin a analýzy stavebních vod. Praha, 7/2014.
- [2] Schéma viaduktu v oblasti Štvanice (oblouky 69 - 81) s vyznačením odběrů jádrových vývrtů - půdorys a pohled (poskytl od zástupce objednatele Doc. Ing. M. Foglar, Ph.D.).
- [3] Informace od zástupce objednatele Doc. Ing. M. Foglara, Ph.D.
- [4] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí. Hodnocení existujících konstrukcí.
- [5] ČSN 73 1373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu.
- [6] ČSN EN 1926 Zkušební metody přírodního kamene. Stanovení pevnosti v prostém tlaku.
- [7] ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb. Sanace vlhkého zdiva. Základní ustanovení.

3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY

3.1. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE V TLAKU

Pro stanovení pevnosti kamene v tlaku byly z dodaných jádrových vývrtů Ø cca 74 mm nařezány zkušební vzorky štíhlostním poměrem $\lambda = 1$. Poté byly zkušební vzorky sušeny při teplotě 70°C do ustáleného (suchého) hmotnostního stavu. Při ustálené hmotnosti byly vzorky změřeny, byla stanovena objemová hmotnost kamene a tlačné plochy všech vzorků byly zakončovány směsí, jejímž pojivem je síra, a vzorky byly opět zváženy.

Na části vzorků v ustáleném (suchém) hmotnostním stavu byly provedeny destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku. Ostatní vzorky byly vloženy do vodního uložení na dobu 60 hod., po níž již dospěly do ustáleného (nasyceného) hmotnostního stavu. Po vyjmutí z vodního uložení byly vzorky zváženy a u těchto vzorků byla stanovena max. nasákavost po 60 hod. ve vodním uložení.

Na části vzorků v ustáleném (nasyceném) hmotnostním stavu byly provedeny destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku. Ostatní vzorky byly ponechány na vzduchu při standardních laboratorních podmínkách, aby se postupně snižovala jejich vlhkost do rozmezí 1,5 - 3 % hm., což bylo průběžně sledováno kontrolním vážením. Po dosažení požadované vlhkosti byly vzorky vloženy do parotěsného obalu. Následně byly na takto kondicionovaných vzorcích provedeny destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku.

Zkoušky byly provedeny dle ČSN EN 1926 [6] v zatěžovacím stroji WPM 500 kN, metrologické číslo S 07 011 M a následně bylo provedeno vyhodnocení zkoušek dle [6] a [4].

Pozn.: Dle ČSN EN 1926 [6] se mj. zkoušky pevnosti kamene v tlaku provádějí na jádrových vývrtech Ø 70 mm ($\lambda = 1$). Dodané vývrty byly Ø 74 mm.

3.2. VLHKOST KAMENE IN-SITU

Vlhkost kamene in-situ byla stanovena gravimetrickou analýzou. Pro účely gravimetrické analýzy byly z kamene, z hloubky 50 - 200 mm, odebrány prachové vzorky. Prachový vzorek se odebíral vrtem Ø 16 mm provedeným do kamene a prach vycházející z vrtu se jímá. Následně byl vložen do plastové nádoby s parotěsným uzávěrem.

V laboratoři byly vzorky zváženy na vahách Kern 510 a sušeny po dobu 48 hod. v sušárně HS 210A při teplotě 105°C. Poté byly opět zváženy a byl proveden výpočet vlhkosti kamene dle vztahu:

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

kde: $m_{\text{vlhk.}}$ = hmotnost vlhkého vzorku; $m_{\text{such.}}$ = hmotnost suchého vzorku.

Hodnocení aktuálního vlhkostního stavu kamene a klasifikace vlhkosti byly provedeny dle ustanovení ČSN P 73 0610 [7].

3.3. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE V TLAKU IN-SITU

Pro stanovení pevnosti kamene v tlaku byla použita nedestruktivní zkouška Schmidtovým tvrdoměrem (typ N-34). Tato zkouška není pro zkoušení kamene normována, nicméně naše mnohaleté zkušenosti prokazují, že touto zkouškou lze odvodit pevnost kamene v tlaku. Zkoušky a jejich vyhodnocení bylo provedeno dle ČSN 73 1373 [5]. Touto zkouškou lze odvodit nejen pevnost kamene v tlaku, ale také posoudit homogenitu pevností kamene v celé konstrukci a rozhodnout, pro které části konstrukce byl použit kámen stejných pevnostních parametrů, aniž by bylo nutné provádět rozsáhlé destruktivní zkoušky.

Před vlastní zkouškou byl povrch zkoušených kamenů obroušen brusku s diamantovým kotoučem. Z hodnot odskoku Schmidtova tvrdoměru a byla dle obecného kalibračního vztahu uvedeného v ČSN 73 1373 pro nedestruktivní zkoušení betonu odvozena hodnota f_{be} .

Převodní součinitel α_c se stanoví na základě výsledků destruktivních a nedestruktivních zkoušek jako hodnota poměru $f_{c, des} / f_{be}$ stanovených na stejných kamenech, kde $f_{c, des}$ je pevnost kamene v tlaku zjištěná destruktivní zkouškou.

Součinitel α_c není normován a jeho hodnota se může pohybovat na základě našich mnohaletých zkušeností v poměrně širokém typickém rozmezí 0,2 – 1,2.

4. ZKOUŠKY KAMENE

4.1. PEVNOST KAMENE V TLAKU - DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY

Pevnost kamene v tlaku na vývrtech byla zjišťována při různých vlhkostních stavech kamene (podrobně kap. 3.1) a v rozsahu dle tab. 1.

Tab. 1: Vlhkostní stavy kamene při zkouškách pevnosti v tlaku a počet zkušebních vzorků

Vlhkostní stav kamene při zkoušce	Počet zkušebních vzorků
Ustálený (suchý) stav	57
Vlhkost v rozmezí $w = 1,5 - 3 \%$ hm.	29
Ustálený (nasycený) stav	52
Celkem zkušebních vzorků	138

Souhrn výsledků zkoušek pevnosti kamene v tlaku, tj. průměrné pevnosti jednotlivých kamenů, při různých vlhkostních stavech je uveden v tab. 2.

Výsledky pro jednotlivé zkušební vzorky jsou podrobně uvedeny v Příloze 2.

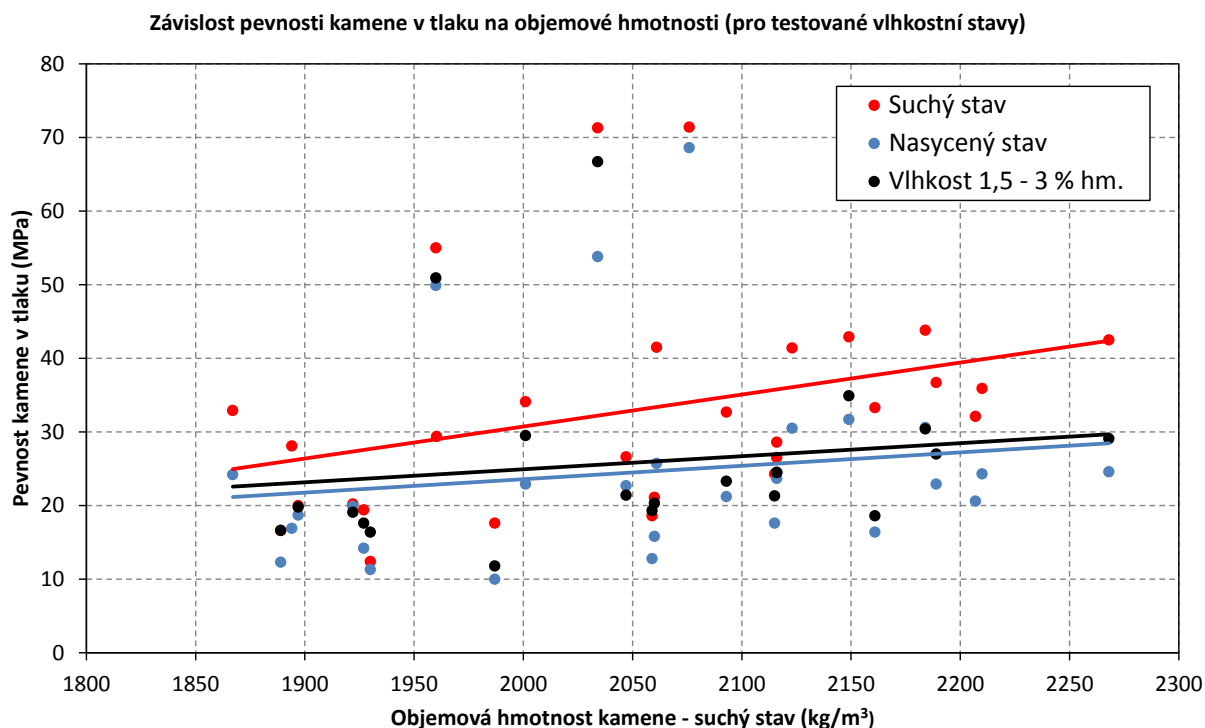
Tab. 2: Souhrn výsledků zkoušek pevnosti kamene v tlaku (průměrné hodnoty)

Ozn. vývrtu - kamene	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Pevnost kamene v tlaku suchý f _{c, des, s} [MPa]	Pevnost kamene v tlaku w = 1,5-3% f _{c, des, w} [MPa]	Pevnost kamene v tlaku nasycený f _{c, des, n} [MPa]
201 A - 1	2034	71,3	66,7	53,8
203 (69) - 1	2149	42,9	34,9	31,7
242 A - 1	2076	71,4		68,6
242 A - 2	2184	43,8	30,4	30,6
203 (70) - 1	1889	16,6	16,6	12,3
204 - 1	2161	33,3	18,6	16,4
206 - 1	2001	34,1	29,5	22,9
210 - 1	2123	41,4		30,5
210 - 2	2207	32,1		20,6
212 - 1	1960	55,0	50,9	49,9
212 - 2	2115	24,3	21,3	17,6
213 - 1	2116	26,5	24,5	23,7
215 - 1	1894	28,1		16,9
215 - 2	2065	18,6	19,3	12,8
216 - 1	2093	32,7	23,3	21,2
216 - 2	1987	17,6	11,8	10,0
218 - 1	1922	20,2	19,1	19,9
219 - 1	1960	29,4		
219 - 2	2061	41,5		25,7
219 - 3	2210	39,5		24,3
221 - 1	1867	32,9		24,2
221 - 2	2060	21,1	20,3	15,8
222 - 1	1927	19,4	17,6	14,2
224 - 1	1930	12,4	16,4	11,3
225 - 1	1897	20,0	19,8	18,7
231 - 1	2189	36,7	27,0	22,9
234 - 1	2268	42,5	29,1	24,6
236 - 1	2116	28,6	24,5	24,5
239 - 1	2047	26,6	21,4	22,7

Pozn. k tab. 2:

- 1) Prázdná místa v tabulce znamenají, že tento vlhkostní stav kamene nebyl zkoušen.
- 2) Označení jádrových vývrtů v tab. 2 vychází z číslování vývrtů dle podkladů [1] a [2] (Příloha 1). K číslu vývrtu uvedenému v [1] a [2] bylo vždy připočteno 100 (např. místo vývrtu v [1] a [2] s ozn. 110 odpovídá vývrt s ozn. 210 v tab. 2). Pokud je za číslem vývrtu v tab. 2 uvedeno písmeno A, jedná se o jiný kámen než v podkladu [1] a [2].
- 3) Číslování kamenů zachycených vývrtem je vedeno od povrchu konstrukce do jádra. Vývrty jsou zachyceny na fotografiích v Příloze 2.

Závislost pevnosti kamene v tlaku pro jednotlivé testované vlhkostní stavy kamene na objemové hmotnosti kamene v suchém stavu je graficky znázorněna na obr. 1.



4.2. PEVNOST KAMENE V TLAKU - STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK

Destruktivní zkoušky pevnosti kamene v tlaku byly vyhodnoceny dle ustanovení ČSN EN 1926 [6] a ČSN ISO 13822 [4].

Dle [6] byla stanovena max. a min. hodnota z jednotlivých výsledků zkoušek a dále spodní kritická hodnota E [MPa] která odpovídá 5% kvantilu lognormálního rozdělení při hladině významnosti 75%.

Dle [4] byla stanovena charakteristická hodnota pevnosti kamene v tlaku f_{ck} . S ohledem na zjištěné vysoké variační koeficienty bylo uvažováno lognormální rozdělení.

Statistické vyhodnocení zkoušek pevnosti kamene pro jednotlivé testované vlhkostní stavy kamene je pro celé soubory zkoušek uvedeno v tab. 3.

Zkoušen byl kámen ve třech vlhkostních stavech, tj. vyhodnoceny jsou tři soubory, které zpravidla zahrnují rovnocenné zastoupení různých druhů zkoušeného kamene.

Tab. 3: Statistické vyhodnocení zkoušek pevnosti kamene v tlaku

Vlhkostní stav kamene	suchý	w = 1,5 - 3 %	nasycený
Průměrná pevnost kamene v tlaku [MPa]	33,0	27,9	24,1
Směrodatná odchylka [MPa]	14,7	13,5	12,2
Variační koeficient V_x [-]	0,45	0,48	0,50
Max. jednotlivá hodnota $f_{c, des}$ [MPa]	74,2	67,9	68,6
Min. jednotlivá hodnota $f_{c, des}$ [MPa]	11,7	11,8	10,0
Spodní kritická hodnota E [MPa]	13,6	13,6	10,8
Charakteristická pevnost kamene f_{ck} [MPa]	14,9	11,7	9,8

Komentář k výsledkům zkoušek

Výsledky zkoušek a z nich stanovené hodnoty uvedené v tab. 3 lze považovat za hodnoty na straně bezpečnosti, a to z těchto důvodů:

- Zkoušky byly provedeny na vývrtech Ø 74 mm. ČSN EN 1926 předepisuje Ø 70 mm. Obecně platí, že pevnost je nepřímě úměrná velikosti zkušebního tělesa. V tomto případě je podhodnocení zkoušek malé, odhadem cca do max. 3 %.
- Ve 26 případech vzorků bylo zatížení vnášeno ve směru rovnoběžně s vrstvami kamene. Toto je způsobeno tím, že kameny se zjevnou vrstevnatostí jsou zpravidla v konstrukci uloženy tak, aby byly zatíženy kolmo na vrstvy. Vývrty však byly odebírány vodorovně, tj. ve směru vrstev.
- Zkoušky byly provedeny i na kamenech, které byly poškozeny trhlinami (9 vzorků), nebo obsahovaly lokální diskontinuity (12 vzorků).
- Výběr kamenů zástupcem objednatele [3] pro odběr jádrových vývrťů byl veden tak, aby cca 2/3 míst zahrnovalo kameny, u kterých byly předtím provedenými zkouškami zjištěny pevnosti < 10 MPa.
- Kámen se v konstrukci viaduktu nebude dlouhodobě nacházet ve zcela nasyceném stavu. Nastat mohou krátkodobé výjimky, např. při povodni. S ohledem na tuto skutečnost, lze hodnoty pevností kamene v nasyceném stavu považovat na informativní.

Na základě vyhodnocení výsledků destruktivních zkoušek pevnosti kamene v tlaku a s ohledem na výše uvedené skutečnosti, doporučujeme pro statické posouzení kamenného zdiva Negrelliho viaduktu uvažovat průměrnou charakteristickou hodnotu pevnosti kamene v tlaku $f_{ck} = 13$ MPa.

4.3. KOEFICIENT ZMĚKČENÍ KAMENE VLIVEM VLHKOSTI

Vlhkost kamene zpravidla nepříznivě ovlivňuje jeho pevnost v tlaku. Míra ovlivnění závisí na mnoha faktorech, např. struktuře kamene, obsahu jílovitých podílů, objemové hmotnosti, zrnitosti, typu pojiva apod.

Koeficientem změkčení se rozumí podíl pevnosti kamene zjištěné v nasyceném stavu k pevnosti kamene zjištěné v suchém stavu ($f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$).

Na základě vyhodnocení výsledků destruktivních zkoušek pevnosti kamene v tlaku v suchém a nasyceném stavu lze konstatovat:

- Hodnoty koeficientu změkčení jsou pro jednotlivé zkoušené kameny uvedeny v Příloze 2.
- Jednotlivé zjištěné hodnoty koeficientu změkčení se pohybují v poměrně širokém rozmezí 0,5 - 1,0.
- **Průměrná hodnota koeficientu změkčení = 0,7.** tzn., že kámen nasycený vodou vykazuje v průměru o 30 % nižší pevnosti v tlaku než kámen suchý.

4.4. VLHKOST KAMENE IN-SITU A MAX. NASÁKAVOST KAMENE

Vlhkost kamene in-situ byla stanovena gravimetrickou analýzou (kap. 3.2). Vzorky pro analýzy byly odebírány z hloubky 50 - 200 mm.

Max. nasákavost kamene byla stanovena po 60 hod. uložení ve vodním prostředí.

Na základě vyhodnocení výsledků gravimetrické analýzy odebraných vzorků kamene lze konstatovat:

- Hodnoty vlhkosti kamene zjištěné in-situ a max. zjištěné nasákavosti kamene jsou pro jednotlivé zkoušené kameny uvedeny v Příloze 2 a 3.
- **Vlhkost kamene zjištěná in-situ se pohybuje v rozmezí 0,6 - 11,5 % hm.**
- **Max. laboratorně zjištěná nasákavost kamene se pohybuje v rozmezí 4,2 - 10,5 % hm.**

4.5. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE V TLAKU

Nedestruktivní zkoušky pevnosti kamene v tlaku (kap. 3.3) byly provedeny na stejných kamenech, ze kterých byly odebírány jádrové vývrty.

V Příloze 2 a 4 jsou pro jednotlivé kameny uvedeny hodnoty f_{be} [MPa] stanovené dle obecného kalibračního vztahu uvedeného v ČSN 73 1373 [5].

4.6. PŘEVODNÍ SOUČINITEL PRO NEDESTRUKTIVNÍ STANOVENÍ PEVNOSTI

Přestože použitá nedestruktivní zkouška pomocí Schmidtova tvrdoměru (typ N-34) není pro zkoušení kamene normována, naše mnohaleté zkušenosti prokazují, že touto zkouškou lze nejen odvodit pevnost kamene v tlaku, ale také posoudit homogenitu pevností kamene v celé konstrukci a rozhodnout, pro které části konstrukce byl použit kámen obdobných pevnostních parametrů, aniž by bylo nutné provádět rozsáhlé destruktivní zkoušky.

Z hodnot f_{be} zjištěných nedestruktivní zkouškou a hodnot pevnosti kamene v tlaku $f_{c, des, s}$ zjištěných destruktivní zkouškou byl stanoven převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{be}$ pro jednotlivé kameny ($f_{c, des, s}$ je pevnost kamene z vývrtu obsahujícího povrch kamene v suchém stavu).

Součinitel α_c není normován a jeho hodnota se může pohybovat na základě našich mnohaletých zkušeností ve velmi širokém typickém rozmezí 0,2 – 1,2.

Na základě vyhodnocení výsledků destruktivních a nedestruktivních zkoušek pevnosti kamene v tlaku lze konstatovat:

- Hodnoty převodního součinitele α_c stanovené pro jednotlivé zkoušené kameny jsou podrobně uvedeny v Příloze 2 a 4.
- Jednotlivé hodnoty převodního součinitele α_c se pohybují v širokém rozmezí 0,71 - 1,61.
- **Průměrná hodnota převodního součinitele $\alpha_c = 1,06$.** Tzn., že hodnoty f_{be} , stanovené z obecného kalibračního vztahu na základě odskoku Schmidtova tvrdoměru typu N-34 na obroušeném povrchu kamene el. bruskou s diamantovým kotoučem, v průměru přibližně odpovídají pevnostem kamene v tlaku v suchém stavu $f_{c, des, s}$.
- Přibližným vodítkem, jakou hodnotu α_c pro jednotlivé druhy kamene použít, poskytuje Příloha 5, kde jsou **pro jednotlivé testované povrchy kamene zobrazené na fotografiích uvedeny i odpovídající zjištěné hodnoty α_c .**
- V případě, že při použití Schmidtova tvrdoměru bude povrch kamene broušen pouze ručním brouskem (nikoliv el. bruskou s diamantovým kotoučem), doporučujeme uvažovat **převodní součinitel α_c cca 0,10 - 0,15**.

Pozn.:

Zkušební místa nesmí být volena na místech, kde došlo k separaci povrchových vrstev kamene (dutý ozvuk při úderu).

V případě nejasností u nedestruktivních zkoušek kamene rozhoduje destruktivní zkouška.

4.7. UPŘESŇUJÍCÍ SOUČINITEL PRO PEVNOSTI KAMENE Z PODKLADU [1]

Destruktivní zkoušky pevnosti kamene v tlaku byly u většiny kamenů provedeny jak KÚ ČVUT, tak i laboratoří SUDOP PRAHA, a.s. [1]. Na základě výsledků zkoušek provedených KÚ ČVUT byl stanoven velmi informativní a orientační součinitel γ pro upřesnění výsledků zkoušek uvedených v podkladu [1].

Upřesňující součinitel γ_w je podíl pevnosti kamene v tlaku dle KÚ ČVUT $f_{c, des, w}$, tj. pevnosti v tlaku při vlhkosti kamene 1,5 - 3,0 [% hm.] a pevnosti v tlaku stejného kamene v tlaku uvedené v podkladu [1].

Pro přesnější převod hodnoty pevnosti kamene v tlaku v podkladu [1] by bylo nutno postupovat vzorek po vzorku. Pro každý jednotlivý vzorek by bylo nutno individuálně vzít v úvahu aktuální vlhkost při zkoušce, objemovou hmotnost, makrostrukturu a typ kamene, atd., a na základě tohoto rozboru zvolit vhodnou hodnotu upřesňujícího součinitele. Jak je patrné z uvedených testů, pohybuje se tento upřesňující součinitel ve značně širokém rozmezí.

Pro rychlé a velmi informativní porovnání výsledků destruktivních zkoušek pevnosti kamene v tlaku provedených KÚ ČVUT a pevností stejných kamenů dle [1], lze s určitou mírou zjednodušení využít následující východiska a údaje:

- Hodnoty destruktivními zkouškami zjištěných pevností kamene v tlaku oběma subjekty jsou pro jednotlivé zkoušené kameny uvedeny v Příloze 2.
- Převod pevností je ztížen a omezen kromě jiných vlivů velmi významně variabilitou vlhkosti kamenů u testů uvedených v [1]. Z testů provedených v KÚ se ukazuje, že i relativně malá vlhkost kamenů do 3 [% hm.] významně mění pevnosti kamene. Proto je postup navržen ve dvou krocích. Nejprve je provedeno stanovení vztahu mezi výsledky ve vlhkém stavu a následně zjednodušený součinitel pro převod na pevnost v suchém stavu
- Upřesňující součinitel γ_w , tj. podíl pevnosti kamene v tlaku dle KÚ ČVUT $f_{c, des, w}$ (pevnost v tlaku při vlhkosti kamene 1,5 - 3,0 [% hm.]) a pevnosti v tlaku stejného kamene v tlaku uvedené v podkladu [1], se pohybuje ve velmi širokém rozmezí $\gamma_w = 2,0 - 4,8$.
- **Průměrná hodnota součinitele $\gamma_w = 3,1$.** Lze to interpretovat tak, že hodnoty pevnosti v tlaku uvedené v podkladu [1] jsou v **průměru 3,1 x nižší** než pevnosti kamene $f_{c, des, w}$ dle KÚ ČVUT.
- Poměr mezi pevnostmi v suchém stavu a vlhkosti 1,5 - 3 % [% hm.] lze definovat jako další převodní součinitel, jehož průměrná hodnota je $\gamma_s = f_{c, des, w} / f_{c, des, s} = 27,9 / 33 = 1,18$. Samozřejmě i tento součinitel osciluje v určitých mezích.
- Souhrnný převodní součinitel pro informativní převod výsledků dle [1] na suchý stav je pak součinem součinitelů $\gamma = \gamma_s \cdot \gamma_w = 1,18 \cdot 3,1 = 3,66$.
- Přes velmi široké rozmezí upřesňujících součinitelů γ_w i γ_s , a tedy i jejich součinu γ , je možno pro získání globálního a velmi informativního převodu **hodnot pevností kamene v tlaku uvedené v podkladu [1] na pevnosti v suchém stavu násobit upřesňujícím součinitelem $\gamma = 3,6$.**

5. ZÁVĚRY

Zkoušky kamene odebraného z konstrukcí Negrelliho viaduktu v oblasti Štvanice v Praze, včetně následného upřesnění materiálových charakteristik kamene, byly provedeny na základě smlouvy o dílo č. 14 090 209 K27 uzavřené dne 14.7.2014 mezi SUDOP PRAHA, a.s., Olšanská 1a, Praha 3 (objednatel) a ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, Praha 6 (zhotovitel).

Práce in-situ byly provedeny dne 24.6.2014. Laboratorní práce a zkoušky byly provedeny ve dnech 1.7. - 12.7.2014.

Na základě výsledků a vyhodnocení zkoušek kamene odebraného z konstrukcí Negrelliho viaduktu v Praze v oblasti Štvanice, lze konstatovat tyto hlavní závěry:

(podrobně viz jednotlivé kapitoly)

1. **Mechanické a fyzikální vlastnosti kamene** Negrelliho viaduktu jsou **velmi variabilní**. Svědčí o tom vysoké variační koeficienty měřených pevností (viz tab. níže) a to bez ohledu na vlhkostní stav kamenů.
2. Pevnost kamene v tlaku na vývrtech byla zjišťována při různých vlhkostních stavech kamene (podrobně kap. 3.1) a v rozsahu dle následující tab.

Vlhkostní stav kamene při zkoušce	Počet zkušebních vzorků
Ustálený (suchý) stav	57
Vlhkost v rozmezí $w = 1,5 - 3 \%$ hm.	29
Ustálený (nasycený) stav	52
Celkem zkušebních vzorků	138

3. Statistické vyhodnocení zkoušek pevnosti kamene v tlaku dle ČSN EN 1926 [6] a ČSN ISO 13822 [4] pro jednotlivé testované vlhkostní stavy kamene je pro celé soubory zkoušek uvedeno v následující tab.

Vlhkostní stav kamene	suchý	$w = 1,5 - 3 \%$	nasycený
Průměrná pevnost kamene [MPa]	33,0	27,9	24,1
Směrodatná odchylka [MPa]	14,7	13,5	12,2
Variační koeficient $V_x [-]$	0,45	0,48	0,50
Max. jednotlivá hodnota $f_{c, des}$ [MPa]	74,2	67,9	68,6
Min. jednotlivá hodnota $f_{c, des}$ [MPa]	11,7	11,8	10,0
Spodní kritická hodnota E [MPa]	13,6	13,6	10,8
Charakteristická pevnost kamene f_{ck} [MPa]	14,9	11,7	9,8

4. Na základě vyhodnocení výsledků destruktivních zkoušek pevnosti kamene v tlaku a s ohledem na skutečnosti v komentáři k výsledkům zkoušek v kap. 4.2, **doporučujeme pro statické posouzení kamenného zdiva Negrelliho viaduktu uvažovat průměrnou charakteristickou hodnotu pevnosti kamene v tlaku $f_{ck} = 13$ MPa.**
5. **Průměrná hodnota koeficientu změkčení kamene vlivem vlhkosti = 0,7.** Tzn., že kámen nasycený vykazuje v průměru o 30 % nižší pevnosti v tlaku než kámen suchý. Jednotlivé zjištěné hodnoty koeficientu změkčení se pohybují v poměrně širokém rozmezí 0,5 - 1,0. Koeficientem změkčení se rozumí podíl pevnosti kamene zjištěné v nasyceném stavu k pevnosti kamene zjištěné v suchém stavu ($f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$).
6. **Vlhkost kamene zjištěná in-situ se pohybuje v rozmezí 0,6 - 11,5 % hm.**
Max. laboratorně zjištěná nasákavost kamene se pohybuje v rozmezí 4,2 - 10,5 % hm. (po 60 hod. ve vodním uložení).
7. **Nedestruktivní zkoušky pevnosti kamene v tlaku** byly provedeny na stejných kamenech, ze kterých byly odebírány jádrové vývrtky. Z hodnot f_{be} zjištěných nedestruktivní zkouškou a hodnot pevnosti kamene v tlaku $f_{c, des, s}$ zjištěných destruktivní zkouškou byl stanoven převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{be}$ pro jednotlivé kameny ($f_{c, des, s}$ je pevnost kamene z vývrtu obsahujícího povrch kamene v suchém stavu). Jednotlivé hodnoty převodního součinitele α_c jsou v rozmezí 0,71 - 1,61.
- Průměrná hodnota převodního součinitele $\alpha_c = 1,06$.** Tzn., že hodnoty f_{be} , stanovené z obecného kalibračního vztahu na základě odskoku Schmidtova tvrdoměru typu N-34 na obroušeném povrchu kamene el. bruskou s diamantovým kotoučem, v průměru přibližně odpovídají pevnostem kamene v tlaku v suchém stavu $f_{c, des, s}$.
- Přibližným vodítkem, jakou hodnotu α_c pro jednotlivé druhy kamene použít, poskytuje Příloha 5, kde jsou **pro jednotlivé testované povrchy kamene zobrazené na fotografiích uvedeny i odpovídající zjištěné hodnoty α_c .**
- V případě, že při použití Schmidtova tvrdoměru bude povrch kamene broušen pouze ručním brouskem (nikoliv el. bruskou s diamantovým kotoučem), doporučujeme uvažovat **převodní součinitel α_c cca 0,10 - 0,15 vyšší.**
- V případě nejasností u nedestruktivních zkoušek kamene rozhoduje destruktivní zkouška.**
8. Destruktivní zkoušky pevnosti kamene v tlaku byly u většiny kamenů provedeny jak KÚ ČVUT, tak i laboratorii SUDOP PRAHA, a.s. [1]. Na základě výsledků zkoušek provedených KÚ ČVUT byl stanoven součinitel γ (podrobněji viz kap. 4.7.) pro upřesnění výsledků zkoušek uvedených v podkladu [1].

Přes velmi široké rozmezí upřesňujících součinitelů γ_w i γ_s , a tedy i jejich součinu γ , je možno pro získání globálního a velmi informativního **převodu hodnot pevností kamene v tlaku uvedené v podkladu [1] na pevnosti ve stavu suchém násobit upřesňujícím součinitelem $\gamma = 3,6$.**

Pro přesnější převod hodnoty pevnosti kamene v tlaku v podkladu [1] by bylo nutno postupovat vzorek po vzorku. Pro každý jednotlivý vzorek by bylo nutno individuálně vzít v úvahu aktuální vlhkost při zkoušce, objemovou hmotnost, makrostrukturu a typ kamene, atd., a na základě tohoto rozboru zvolit vhodnou hodnotu upřesňujícího součinitele. Jak je patrné z uvedených testů, pohybuje se tento upřesňující součinitel ve značně širokém rozmezí.

9. S ohledem na obdobný, resp. stejný typ a charakter kamene (pískovce) celého Negrelliho viaduktu, lze při posouzení materiálových charakteristik pískovce celého viaduktu uplatnit výsledky a závěry uvedené v této zprávě.

6. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Lokalizace míst odběru jádrových vývrtů a zkušebních míst

Příloha 2: Výsledky zkoušek kamene z jednotlivých jádrových vývrtů

Příloha 3: Vlhkost kamene in-situ - Výsledky gravimetrické analýzy

Příloha 4: Nedestruktivní zkoušky pevnosti kamene v tlaku - Stanovení převodního součinitele mezi nedestruktivně a destruktivně zjištěnou pevností kamene v tlaku

Příloha 5: Převodní součinitel α_c vztažený k charakteru kamene

Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků zkoušek provedených na objednatelům dodaných vzorcích kamene. Diagnostické práce in-situ byly prováděny v určitých oblastech zvolených zástupcem objednatele.

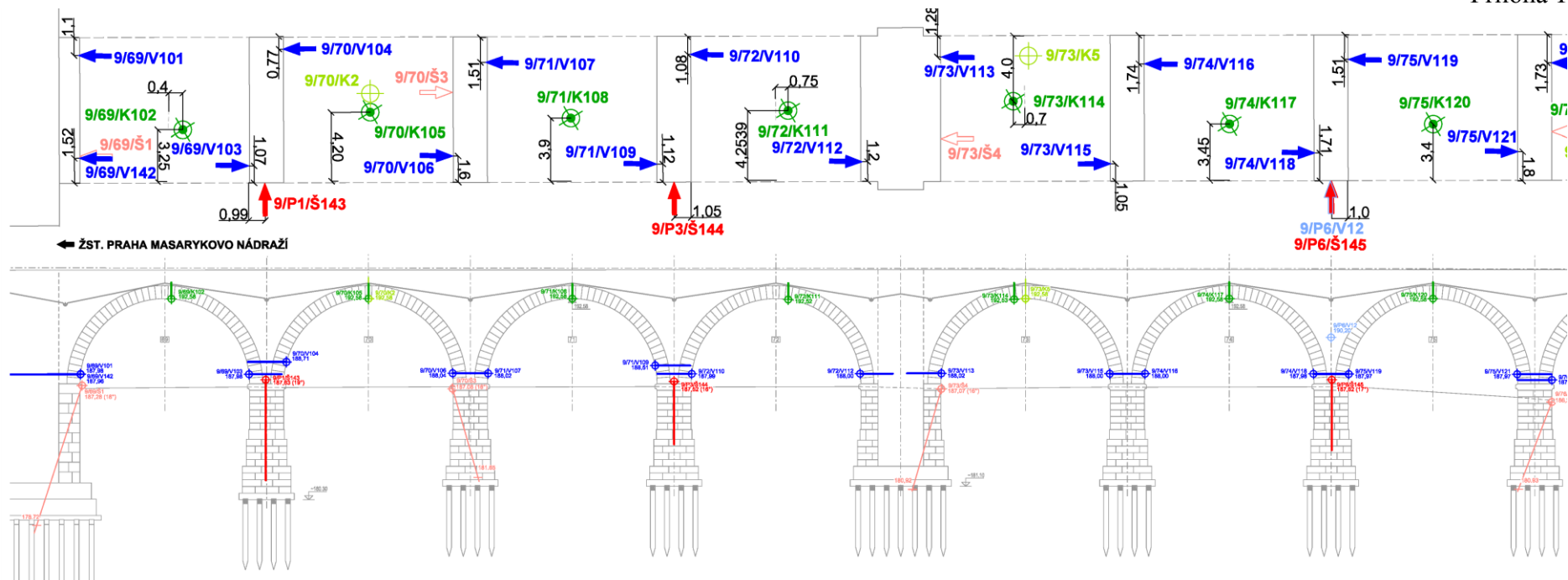
Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které byly nad rámec provedených zkoušek a diagnostických prací nebo byly dodatečně zjištěny mimo diagnostikované oblasti.

PŘÍLOHY

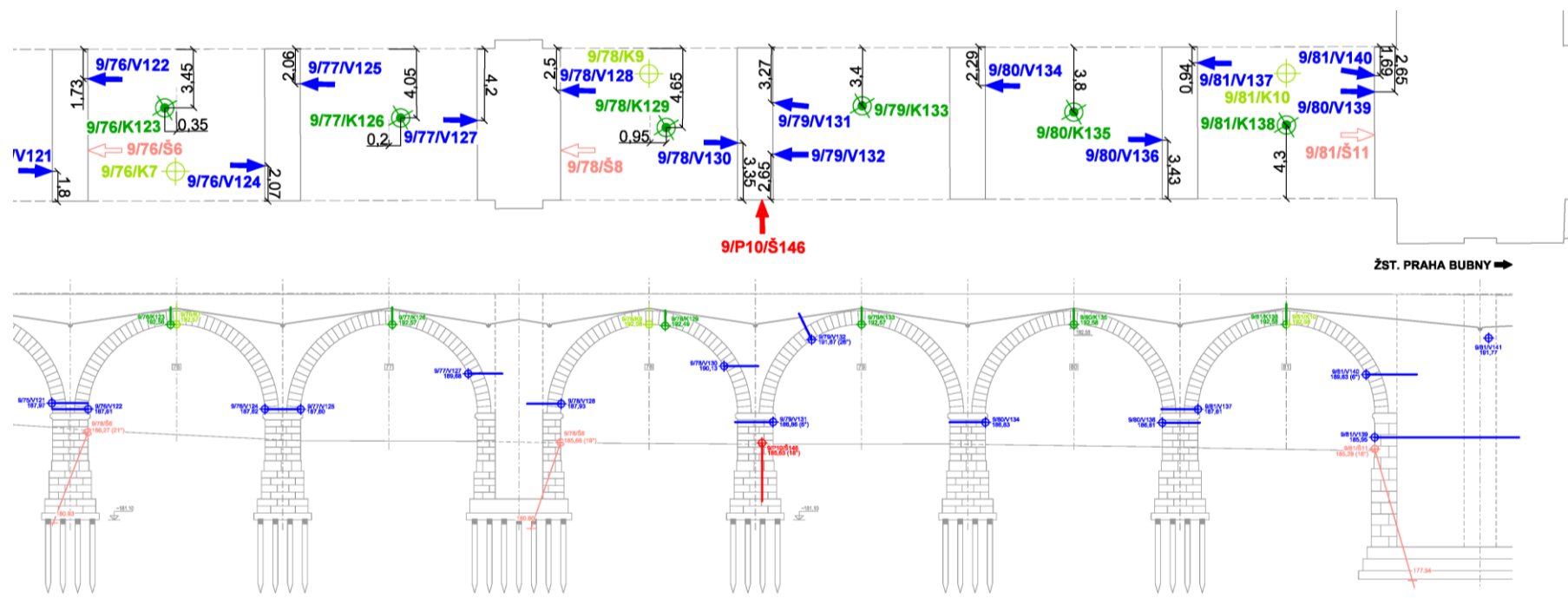
„REKONSTRUKCE NEGRELLIHO VIADUKTU“
**UPŘESNĚNÍ MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK KAMENE
KONSTRUKCÍ NEGRELLIHO VIADUKTU V PRAZE**
ETAPA 1

SEZNAM PŘÍLOH:

- Příloha 1: Lokalizace míst odběru jádrových vývrtů a zkušebních míst
- Příloha 2: Výsledky zkoušek kamene z jednotlivých jádrových vývrtů
- Příloha 3: Vlhkost kamene in-situ - Výsledky gravimetrické analýzy
- Příloha 4: Nedestruktivní zkoušky pevnosti kamene v tlaku - Stanovení převodního součinitele mezi nedestruktivně a destruktivně zjištěnou pevností kamene v tlaku
- Příloha 5: Převodní součinitel α_c vztažený k charakteru kamene



Příloha 1 (pokračování)



VYSVĚTLIVKY:

Nově realizované vrtý
(SUDOP PRAHA 2014)

- 101/O1/V101 diagnostický vrt vodorovný
- 101/O1/Š101 diagnostický vrt šikmý
- 101/O1/K101 diagnostický vrt klenbový

Archivní vrtý
(SUDOP PRAHA 2005; 2011; 2013)

- 101/O1/V1 diagnostický vrt vodorovný
- 101/O1/Š1 diagnostický vrt šikmý
- 101/O1/K1 diagnostický vrt klenbový

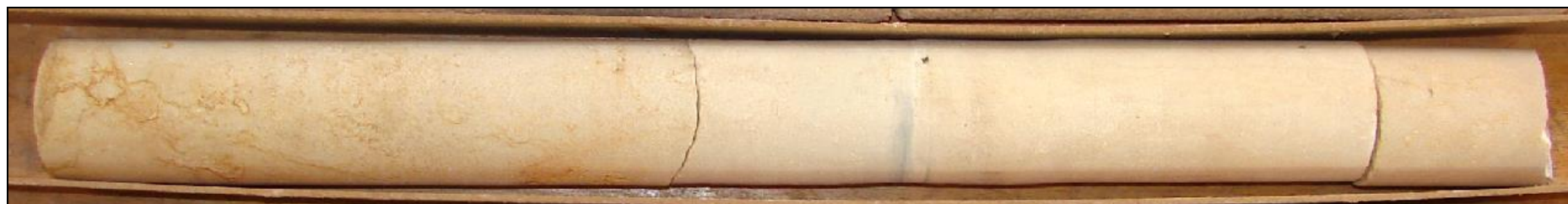
Poznámka: Vrtý jsou promítány do podélného řezu z obou stran.
Závazné jsou pouze okótované hodnoty.
Kóty jsou uváděny v metrech.

Označení jádrových vývrtů v Přílohách vychází z číslování vývrtů dle podkladů [1] a [2]. K číslu vývrtu uvedenému v [1] a [2] bylo vždy připočteno 100 (např. místo vývrtu v [1] a [2] s ozn. 110 odpovídá vývrt s ozn. 210 v Přílohách). Pokud je za číslem vývrtu v Přílohách uvedeno písmeno A, jedná se o jiný kámen než v podkladu [1] a [2].

LOKALIZACE MÍST ODBĚRU JÁDROVÝCH VÝVRTŮ A ZKUŠEBNÍCH MÍST (OBLOUKY 76 - 81)

VÝVRT 201 A - OBLOUK 69

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$ [1]	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{be} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{be}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
VÝVRT 201 A - OBLOUK 69																			
201 A - 1	1A	74,2	74,5	656,3		2037			0,6	1,004	317	73,3						53	1,38
	1B	74,2	74,5	657,0		2040			0,6	1,004	287	66,4							
	1C	74,2	74,5	657,1		2040				1,004	321	74,2							
	1D	74,2	56,2	487,1		2004													
	1E	74,0	74,0	644,1	682,8	2024	6,0	2,4		1,000	292		67,9						
	1F	73,4	74,5	651,1	687,8	2065	5,6	2,7		1,015	277		65,5						
	1G	74,1	74,4	654,8	692,3	2041	5,7			1,004	221			51,2					
	1H	74,2	74,5	654,9	694,5	2033	6,0			1,004	265			61,3					
	1I	74,2	74,3	650,1	690,3	2024	6,2			1,001	211			48,8					
Průměr kámen 201A - 1						2034						71,3	66,7	53,8			0,8		



kámen 1 - 790 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 203 (69) - OBLOUK 69

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{pe} [MPa]	Převodní součinitel α _c = f _{c, des, s} / f _{pe}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 203 (69) - OBLOUK 69																			
203 (69) - 1	1A	74,4	74,6	687,9		2121			2,1	1,003	149	34,3					44	0,78	
	1B	74,4	74,7	698,1		2150			2,1	1,004	195	44,9							
	1C	74,4	74,6	696,1		2146				1,003	216	49,7							
	1D	74,4	74,7	700,2	739,8	2156	5,7	2,1		1,004	178		40,9						
	1E	74,3	74,6	696,8	735,6	2154	5,6	2,5		1,004	155		35,7						
	1F	74,3	74,6	691,8	730,6	2139	5,6	2,3		1,004	122		28,1						
	1G	74,3	74,7	693,8	731,9	2142	5,5			1,005	152			35,1					
	1H	74,4	74,6	699,4	736,7	2156	5,3			1,003	118			27,1					
	1I	74,3	74,6	703,6	739,9	2175	5,2			1,004	143			33,0					
Průměr kámen 203 (69) - 1						2149						42,9	34,9	31,7	15,4	2,3	0,7		



kámen 1 - 800 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 242 A - OBLOUK 69

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$ [1]	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{pe} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{pe}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
VÝVRT 242 A - OBLOUK 69																			
242 A -1	1A	74,1	74,4	675,9		2107			6,7	1,004	308	71,4						50	1,43
	1B	74,1	74,5	657,4	700,8	2046	6,6		6,7	1,005	296			68,6					
Průměr kámen 242 - 1						2076						71,4		68,6					
242 A -2	2A	74,0	74,4	699,8		2187				1,005	201	46,7							
	2B	74,0	74,6	696,6		2171				1,008	176	40,9							
	2C	74,1	74,7	696,9	735,8	2163	5,6	2,7		1,008	134		31,1						
	2D	74,0	74,3	698,6	735,4	2186	5,3	3,0		1,004	128		29,8						
	2E	74,1	58,6	550,0	579,2	2176	5,3			0,791									
	2F	74,1	74,2	710,1	744,0	2219	4,8			1,001	132			30,6					
Průměr kámen 242 A - 2						2184						43,8	30,4	30,6			0,7		



kámen 1 - 220 mm

malta - 30 mm

kámen 2 - 530 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 203 (70) - OBLOUK 70

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{be} [MPa]	Převodní součinitel a _c = f _{c, des, s} / f _{be}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 203 (70) - OBLOUK 70																			
203 (70) - 1	1A	74,0	74,1	584,8		1835			2,9	1,001	73	17,0					14	1,21	
	1B	73,9	74,1	598,6		1883			2,9	1,003	70	16,3							
	1C	73,9	74,4	600,6	653,7	1882	8,8	2,9		1,007	71		16,6						
	1D	74,0	74,1	611,9	665,3	1920	8,7			1,001	68			15,8					
	1E	74,0	74,0	597,6	652,6	1878	9,2			1,000	47			10,9					
	1F	73,5	74,3	610,6	664,6	1937	8,8			1,011	43			10,1					
Průměr kámen 203 (70) - 1						1889						16,6	16,6	12,3	2,6	6,4	0,7		

Odlehlá hodnota - vyloučeno z vyhodnocení



kámen 1 - 800 mm (do kamene 1 zasahuje jiný kámen)

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 204 - OBLOUK 70

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} dle [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{be} [MPa]	Převodní součinitel α _c = f _{c, des, s} / f _{be}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 204 - OBLOUK 70																			
204 - 1	1A	73,8	74,4	696,9		2190			1,3	1,008	144	33,7					35	0,96	
	1B	74,0	74,4	693,4		2167			1,3	1,005	142	33,0							
	1C	74,0	74,6	689,0	732,6	2147	6,3	2,8		1,008	80		18,6						
	1D	73,8	74,1	685,6	726,4	2163	6,0			1,004	68			15,9					
	1E	74,0	74,2	681,7	722,2	2136	5,9			1,003	73			17,0					
Průměr kámen 204 - 1						2161						33,3	18,6	16,4	8,5	2,2	0,5		



kámen 1 - 570 mm

kamenné zdivo - 230 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 206 - OBLOUK 70

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{pe} [MPa]	Převodní součinitel α _c = f _{c, des, s} / f _{pe}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 206 - OBLOUK 70																			
206 - 1	1A	74,1	74,5	664,5		2068			3,7	1,005	158	36,6					33	1,11	
	1B	74,1	74,2	640,1		2000			3,7	1,001	121	28,1							
	1C	74,1	74,1	638,6		1998				1,000	162	37,6							
	1D	74,0	74,5	638,1	678,6	1991	6,3	2,8		1,007	118		27,4						
	1E	74,0	74,5	639,5	678,4	1996	6,1	2,7		1,007	136		31,6						
	1F	74,2	74,4	640,0	680,7	1989	6,4			1,003	121			28,0					
	1G	74,2	74,4	640,6	679,4	1991	6,1			1,003	95			22,0					
	1H	74,1	74,5	639,1	678,2	1989	6,1			1,005	99			23,0					
	1I	74,1	74,4	636,6	676,2	1984	6,2			1,004	80			18,6					
Průměr kámen 206 - 1						2001						34,1	29,5	22,9	13,9	2,1	0,7		



kámen 1 - 810 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 210 - OBLOUK 72

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} dle [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{be} [MPa]	Převodní součinitel α _c = f _{c, des, s} / f _{be}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 210 - OBLOUK 72																			
210 - 1	1A	74,2	74,3	680,3		2117			2,0	1,001	179	41,4					44	0,94	
	1B	74,1	74,5	681,0		2119			2,0										
	1C	74,2	74,5	687,3	723,7	2133	5,3			1,004	132			30,5					
Průměr kámen 210 - 1						2123						41,4		30,5	22,3				
210 - 2	2A	74,2	74,5	713,6		2215				1,004	139	32,1							
	2B	74,2	74,5	708,5	747,7	2199	5,5			1,004	89			20,6					
Průměr kámen 210 - 2						2207						32,1		20,6			0,6		



kámen 1 - 310 mm

malta - 40 mm

kámen 2 - 390 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 212 - OBLOUK 72

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$ [1]	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{be} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{be}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
VÝVRT 212 - OBLOUK 72																			
212 - 1	1A	74,2	74,1	624,7		1950			2,2	0,999	238	55,0					44	1,25	
	1B	74,2	74,4	630,6	681,3	1960	8,0	2,6	2,2	1,003	220		50,9						
	1C	74,1	74,6	633,6	682,9	1970	7,8			1,007	215			49,9					
Průměr kámen 212 - 1						1960						55,0	50,9	49,9	19,7	2,6			
212 - 2	2A	74,0	74,6	674,4		2102				1,008	106	24,6							
	2B	74,0	74,4	683,7		2137				1,005	103	23,9							
	2C	74,1	74,4	674,8	712,9	2103	5,7	2,1		1,004	92		21,3						
	2D	74,2	74,5	682,0	719,2	2117	5,5			1,004	76			17,6					
Průměr kámen 212 - 2						2115						24,3	21,3	17,6			0,7		



kámen 1 - 310 mm

malta - 30 mm

kámen 2 - 370 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 213 - OBLOUK 73

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{be} [MPa]	Převodní součinitel α _c = f _{c, des, s} / f _{be}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 213 - OBLOUK 73																			
213 - 1	1A	74,0	74,3	682,7		2137			3,1	1,004	114	26,5					35	0,76	
	1B	73,9	74,5	673,7	713,3	2108	5,9	2,5	3,1	1,008	105		24,5						
	1C	74,1	74,2	673,1	712,5	2104	5,8			1,001	102			23,7					
Průměr kámen 213 - 1						2116						26,5	24,5	23,7	8,6	2,8	0,9		



kámen 1 - 290 mm

malta - 30 mm

kámen 2 - 110 mm

kamenné zdivo - 110 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 215 - OBLOUK 73

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{pe} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{pe}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
VÝVRT 215 - OBLOUK 73																			
215 - 1	1A	74,0	74,6	619,7		1932			0,8	1,008	121	28,1					22	1,28	
	1B	74,1	74,1	593,1	646,1	1856	8,9		0,8	1,000	73			16,9					
Průměr kámen 215 - 1						1894						28,1		16,9		0,6			
215 - 2	2A	73,6	74,4	644,9		2037				1,011	67	15,7							
	2B	73,8	74,2	651,6		2053				1,005	92	21,5							
	2C	74,0	74,2	658,4	705,2	2063	7,1	2,5		1,003	83		19,3						
	2D	74,0	74,3	666,0	712,8	2084	7,0			1,004	55			12,8					
Průměr kámen 215 - 2						2059						18,6	19,3	12,8	7,8	2,5	0,7		



kámen 1 - 210 mm

malta - 45 mm

kámen 2 - 410 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 216 - OBLOUK 74

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyč. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{pe} [MPa]	Převodní součinitel a _c = f _{c, des, s} / f _{pe}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyč. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 216 - OBLOUK 74																			
216 - 1	1A	74,4	74,7	680,4		2095			0,9	1,004	135	31,1					44	0,71	
	1B	74,3	74,7	679,1		2097			0,9	1,005	149	34,4							
	1C	74,3	74,7	681,2	724,3	2103	6,3	1,9		1,005	101		23,3						
	1D	74,3	74,5	675,8	719,6	2092	6,5			1,003	83			19,1					
	1E	74,3	74,6	672,9	717,4	2080	6,6			1,004	101			23,3					
Průměr kámen 216 - 1						2093						32,7	23,3	21,2	11,6	2,0	0,6		
216 - 2	2A	74,2	74,1	645,0		2013				0,999	76	17,6							
	2B	74,1	74,4	640,6	688,3	1997	7,4	2,5		1,004	51		11,8						
	2C	74,1	74,7	628,3	675,0	1951	7,4			1,008	43			10,0					
Průměr kámen 216 - 2						1987						17,6	11,8	10,0			0,6		



kámen 1 - 400 mm

malta - 30 mm

kámen 2 - 370 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 218 - OBLOUK 74

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$ dle [1]	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{pe} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{pe}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
VÝVRT 218 - OBLOUK 74																			
218 - 1	1A	74,0	73,5	564,7		1786			11,5	0,993	87	20,2					25	0,81	
	1B	73,9	74,2	589,5		1852			11,5	1,004	96	22,4							
	1C	73,9	74,0	607,3		1913				1,001	77	18,0							
	1D	74,0	74,3	619,3	679,5	1938	9,7	2,1		1,004	82		19,1						
	1E	74,0	74,4	621,3	683,5	1942	10,0			1,005	86			20,0					
	1F	74,0	74,3	627,5	693,6	1964	10,5			1,004	87			20,2					
	1G	74,0	74,1	656,0	719,8	2059	9,7			1,001	84			19,5					
Průměr kámen 218 - 1						1922						20,2	19,1	19,9	5,4	3,5	1,0		



kámen 1 - 750 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 219 - OBLOUK 75

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$ dle [1]	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{be} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{be}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
VÝVRT 219 - OBLOUK 75																			
219 - 1	1A	74,2	74,2	629,0		1960			3,7	1,000	127	29,4					32	0,92	
Průměr kámen 219 - 1						1960						29,4							
219 - 2	2A	74,1	74,5	659,2		2052				1,005	179	41,5							
	2B	74,1	74,4	663,9	706,9	2069	6,5			1,004	111			25,7					
Průměr kámen 219 - 2						2061						41,5		25,7					
219 - 3	3A	74,1	74,4	705,4		2198				1,004	155	35,9							
	3B	74,1	74,6	714,4	754,8	2221	5,6			1,007	105			24,3					
Průměr kámen 219 - 3						2210						35,9		24,3			0,7		



kámen 1 - 110 mm malta - 60 mm kámen 2 - 200 mm malta - 40 mm kámen 3 - 210 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 221 - OBLOUK 75

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$ dle [1]	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{pe} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{pe}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
VÝVRT 221 - OBLOUK 75																			
221 - 1	1A	74,1	74,6	604,5		1879			1,6	1,007	142	32,9					24	1,37	
	1B	74,0	73,9	589,5	650,5	1855	10,4		1,6	0,999	104			24,2					
Průměr kámen 221 - 1						1867						32,9		24,2	5,4		0,7		
221 - 2	2A	74,0	74,6	661,6		2062				1,008	114	26,5							
	2B	73,9	74,4	656,6		2058				1,007	67	15,6							
	2C	73,5	74,6	654,4	701,9	2068	7,3	2,5		1,015	86		20,3						
	2D	74,0	74,6	659,0	706,8	2054	7,2			1,008	68			15,8					
Průměr kámen 221 - 2						2060						21,1	20,3	15,8	6,5	3,1	0,8		



kámen 1 - 170 mm malta - 10 mm kámen 2 - 30 mm malta - 10 mm

kámen 2 - 470 mm

kam. zdivo - 100 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 222 - OBLOUK 76

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$ dle [1]	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{pe} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{pe}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
VÝVRT 222 - OBLOUK 76																			
222 - 1	1A	73,9	74,2	610,2		1917			4,9	1,004	91	21,2					28	0,76	
	1B	73,8	74,2	607,3		1913			4,9	1,005	77	18,0							
	1C	73,9	74,0	613,2	663,2	1932	8,2			1,001	61			14,2					
	1D	73,7	74,1	612,3	662,7	1937	8,2	2,6		1,005	75		17,6						
	1E	73,8	74,0	609,7	660,2	1926	8,3			1,003	54			12,6					
	1F	73,8	74,3	616,1		1938				1,007	83	19,4							
	1G	73,9	73,9	611,6		1930				1,000	81	18,9							
	1H	73,8	74,5	611,5	663,7	1919	8,5			1,009	68			15,9					
Průměr kámen 222 - 1						1927						19,4	17,6	14,2	4,2	4,2	0,7		



kámen 1 - 780 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 224 - OBLOUK 76

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} dle [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{be} [MPa]	Převodní součinitel α _c = f _{c, des, s} / f _{be}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 224 - OBLOUK 76																			
224 - 1	1A	73,8	74,4	621,8		1954			4,0									19	
	1B	73,8	74,5	608,0		1908			4,0	1,009	50	11,7							
	1C	73,8	74,5	586,9		1842				1,009	56	13,1							
	1D	73,8	74,4	618,1	663,2	1942	7,3	2,5		1,008	68		15,9						
	1E	73,7	74,4	623,4	664,6	1964	6,6	2,4		1,009	72		16,9						
	1F	73,9	74,2	619,5	661,8	1947				1,004	45			10,5					
	1G	73,8	74,1	618,7	665,5	1952				1,004	52			12,2					
Průměr kámen 224 - 1						1930						12,4	16,4	11,3	3,6	4,6	0,9		



kámen 1 - 620 mm

kamenné zdivo - 100 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 225 - OBLOUK 77

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{be} [MPa]	Převodní součinitel α _c = f _{c, des, s} / f _{be}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 225 - OBLOUK 77																			
225 - 1	1A	73,5	74,5	596,3		1886			9,9	1,014	83	19,6					25	0,78	
	1B	73,9	74,5	607,9		1903			9,9	1,008	88	20,5							
	1C	73,9	74,3	605,2	658,8	1899	8,9	2,6		1,005	85		19,8						
	1D	73,9	74,3	606,0	660,1	1902	8,9			1,005	82			19,1					
	1E	74,0	74,4	606,8	660,8	1896	8,9			1,005	79			18,4					
Průměr kámen 225 - 1						1897						20,0	19,8	18,7	4,1	4,8	0,9		



kámen 1 - 420 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 231 - OBLOUK 79

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{be} [MPa]	Převodní součinitel α _c = f _{c, des, s} / f _{be}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 231 - OBLOUK 79																			
231 - 1	1A	74,2	74,4	701,2		2180			5,1	1,003	167	38,6					24	1,61	
	1B	74,3	74,4	703,4		2180			5,1	1,001	151	34,8							
	1C	74,3	74,2	707,0	743,1	2198	5,1	2,2		0,999	117		27,0						
	1D	74,2	74,4	708,2	744,8	2201	5,2			1,003	96			22,2					
	1E	74,2	74,5	705,0	742,7	2188	5,4			1,004	102			23,6					
Průměr kámen 231 - 1						2189						36,7	27,0	22,9			0,6		



kámen 1 - 410 mm

kamenné zdivo - 200 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 234 - OBLOUK 80

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				f _{c, des, w} / f _{c, des} [1]	Součinitel změkčení f _{c, des, n} / f _{c, des, s}	Schmidtův tvrdoměr f _{pe} [MPa]	Převodní součinitel α _c = f _{c, des, s} / f _{pe}
												suchý f _{c, des, s}	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] f _{c, des, w}	nasyc. f _{c, des, n}	f _{c, des} dle [1]				
VÝVRT 234 - OBLOUK 80																			
234 - 1	1A	73,7	74,5	719,9		2265			2,4	1,011	168	39,4					30	1,31	
	1B	73,7	74,3	720,9		2274			2,4	1,008	183	42,9							
	1C	73,5	74,1	715,6		2276				1,008	181	42,7							
	1D	73,6	74,4	720,2		2275				1,011	191	44,9							
	1E	73,7	74,2	718,5	748,9	2270	4,2	1,9		1,007	129		30,2						
	1F	73,7	74,3	718,9	749,4	2268	4,2	1,9		1,008	119		27,9						
	1G	73,7	74,2	717,8	748,5	2268	4,3			1,007	106			24,8					
	1H	73,7	74,1	718,1	748,6	2272	4,2			1,005	99			23,2					
	1I	72,9	74,3	695,8	725,2	2244	4,2			1,019	108			25,9					
Průměr kámen 234 - 1						2268						42,5	29,1	24,6			0,6		



kámen 1 - 840 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 236 - OBLOUK 80

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des} dle [1]$	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{be} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{be}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des} dle [1]$				
VÝVRT 236 - OBLOUK 80																			
236 - 1	1A	73,8	74,6	666,3		2088			0,7	1,011	122	28,5					30	0,95	
	1B	74,1	74,5	669,5		2084			0,7	1,005	126	29,2							
	1C	74,1	74,5	673,6		2096				1,005	121	28,1							
	1D	73,8	74,8	677,9	715,4	2119	5,5	2,6		1,014	112		26,2						
	1E	73,9	74,1	670,9	711,0	2111	6,0	2,3		1,003	98		22,8						
	1F	73,8	74,4	693,1	729,8	2178	5,3			1,008	99			23,1					
	1G	74,1	74,3	684,7	723,0	2137	5,6			1,003	106			24,6					
	1H	74,1	74,5	678,5	717,3	2112	5,7			1,005	111			25,7					
Průměr kámen 236 - 1						2116						28,6	24,5	24,5	6,5	3,8	0,9		



kámen 1 - 780 mm

kam. zdivo - 80 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

VÝVRT 239 - OBLOUK 81

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasyc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$ dle [1]	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{pe} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{pe}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasyc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
VÝVRT 239 - OBLOUK 81																			
239 - 1	1A	73,6	74,7	664,3		2090			2,7	1,015	104	24,4					27	0,91	
	1B	74,0	74,5	660,3		2061			2,7	1,007	118	27,4							
	1C	74,0	74,5	657,6		2052				1,007	120	27,9							
	1D	74,0	74,4	644,4	687,5	2014	6,7	2,6		1,005	92		21,4						
	1E	74,0	74,8	650,5	692,6	2022	6,5			1,011	96			22,3					
	1F	74,2	74,5	654,3	696,3	2031	6,4			1,004	96			22,2					
	1G	74,2	74,4	662,4	697,3	2059	5,3			1,003	102			23,6					
Průměr kámen 239 - 1						2047						26,6	21,4	22,7		0,9			



kámen 1 - 630 mm

kamenné zdivo - 130 mm

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 2 (pokračování)

Ozn. kamene	Ozn. zkušeb. vzorku	Průměr vzorku [mm]	Výška vzorku [mm]	Hmot. vzorku suchý [g]	Hmot. vzorku nasc. [g]	Objemová hmotnost suchý [kg.m ⁻³]	Nasákavost (60 hod.) [% hm.]	Vlhkost při zkoušce 1,5 - 3 % [% hm.]	Vlhkost in situ gravimetrie [% hm.]	Štíhlostní poměr	Tlačná síla [kN]	Pevnost kamene v tlaku [MPa]				$f_{c, des, w} / f_{c, des}$ [1]	Součinitel změkčení $f_{c, des, n} / f_{c, des, s}$	Schmidtův tvrdoměr f_{be} [MPa]	Převodní součinitel $\alpha_c \equiv f_{c, des, s} / f_{be}$
												suchý $f_{c, des, s}$	vlhkost 1,5 - 3,0 [% hm.] $f_{c, des, w}$	nasc. $f_{c, des, n}$	$f_{c, des}$ dle [1]				
CELKOVÝ PRŮMĚR														3,1	0,7		1,06		

Pozn.: V případě součinitele $f_{c, des, s} / f_{c, des}$ dle [1] byla vyloučena max. odlehlá hodnota (6,4) v případě vývrtu - kamene 203 (70) - 1.

**VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ
PRŮMĚRNÉ HODNOTY ZJIŠŤOVANÝCH SOUČINITELŮ**

Příloha 2 (pokračování)



Zkušební vzorky nařezané z jednotlivých jádrových vývrtů (před koncováním)

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KAMENE Z JEDNOTLIVÝCH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Příloha 3

Ozn. jádrového vývrtnu - kamene	Číslo oblouku	Hmotnost vzorku		Hmotnost vody	Vlhkost stanovená gravimetrickou analýzou	
		odebraný	vysušený			
		g	g	g	% hm.	
VLHKOST KAMENE IN-SITU - hloubka odběru 50 - 200 mm						
201 A - 1	69	105,1	104,4	0,7	0,6	
203 (69) - 1		96,0	94,1	1,9	2,1	
242 A - 1		95,5	89,6	6,0	6,7	
203 (70) - 1	70	108,2	105,1	3,1	2,9	
204 - 1		95,6	94,4	1,2	1,3	
206 - 1		98,8	95,3	3,6	3,7	
210 - 1	72	100,7	98,7	2,0	2,0	
212 - 1		100,1	97,9	2,2	2,2	
213 - 1	73	98,9	95,9	3,0	3,1	
215 - 1		116,8	115,9	0,9	0,8	
216 - 1	74	120,1	119,0	1,1	0,9	
218 - 1		104,8	94,0	10,8	11,5	
219 - 1	75	84,7	81,7	3,0	3,7	
221 - 1		116,5	114,6	1,9	1,6	
222 - 1	76	101,0	96,3	4,7	4,9	
224 - 1		95,2	91,6	3,6	4,0	
225 - 1	77	91,2	83,0	8,2	9,9	
231 - 1	79	88,1	83,8	4,3	5,1	
234 - 1	80	90,2	88,1	2,1	2,4	
236 - 1		98,9	98,2	0,7	0,7	
239 - 1	81	77,9	75,8	2,1	2,7	

Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610

velmi nízká; $w < 3$ % hm.

nízká; $w = 3 - 5$ % hm.

zvýšená; $w = 5 - 7,5$ % hm.

vysoká; $w = 7,5 - 10$ % hm.

velmi vysoká; $w > 10$ % hm.



VLHKOST KAMENE IN-SITU - VÝSLEDKY GRAVIMETRICKÉ ANALÝZY

Příloha 4

Ozn. vývrtu - kamene	Ozn. vzorku pro destr. zkoušku	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>												Průměr	f _{be} [MPa]	Pevnost v tlaku destruktivně f _{c, des, s} [MPa]	Převodní součinitel α _c
201 A - 1	1A	→	48	48	46	48	44	43	47	48	50	48	47	47	53	73,3	1,38	
203 (69) - 1	1A	→	44	43	43	43	40	40	44	42	41	43	41	42	44	34,3	0,78	
242A - 1	1A	→	47	46	45	45	46	43	45	42	43	48	43	45	50	71,4	1,43	
203 (70) - 1	1A	→	27	23	23	23	22	21	23	21	23	25	23	23	14	17,0	1,21	
204 - 1	1A	→	40	39	37	37	36	36	35	36	35	38	36	37	35	33,7	0,96	
206 - 1	1A	→	35	35	34	36	36	37	38	34	35	39	35	36	33	36,6	1,11	
210 - 1	1A	→	39	41	43	43	44	42	43	39	44	39	40	42	44	41,4	0,94	
212 - 1	1A	→	42	42	42	43	43	43	43	43	41	42	43	42	44	55,0	1,25	
213 - 1	1A	→	33	35	34	33	34	38	39	36	40	41	43	37	35	26,5	0,76	
215 - 1	1A	→	30	29	26	25	28	31	26	30	30	30	31	29	22	28,1	1,28	
216 - 1	1A	→	42	39	43	40	42	46	39	42	43	43	42	42	44	31,1	0,71	
218 - 1	1A	→	28	28	29	30	34	26	28	29	34	35	35	31	25	20,2	0,81	
219 - 1	1A	→	36	34	36	36	35	35	34	34	34	35	36	35	32	29,4	0,92	
221 - 1	1A	→	29	29	30	27	31	36	29	29	31	28	26	30	24	32,9	1,37	
222 - 1	1A	→	39	36	37	32	31	31	31	32	34	30	35	33	28	21,2	0,76	
224 - 1	1A	→	28	29	26	27	26	27	27	30	28	26	28	27	19			
225 - 1	1A	→	28	32	31	34	26	34	28	31	33	30	32	31	25	19,6	0,78	
231 - 1	1A	→	30	28	30	31	29	29	30	30	30	36	29	30	24	38,6	1,61	
234 - 1	1A	→	32	32	34	34	35	34	31	33	35	35	34	34	30	39,4	1,31	
236 - 1	1A	→	33	34	35	40	33	30	30	32	29	39	36	34	30	28,5	0,95	
239 - 1	1A	→	32	33	31	30	33	30	33	35	35	33	31	32	27	24,4	0,90	

$$\alpha_c = f_{c, des} / f_{be}$$

$$\alpha_{c, prum} = 1,06$$

Z hodnot f_{be} zjištěných nedestruktivní zkouškou a hodnot pevnosti kamene v tlaku $f_{c, des, s}$ zjištěných destruktivní zkouškou byl stanoven převodní součinitel $\alpha_c = f_{c, des, s} / f_{be}$ pro jednotlivé kameny. ($f_{c, des, s}$ = pevnost kamene z vývrtu obsahujícího povrch kamene v suchém stavu).

Převodní součinitel α_c je pro jednotlivé kameny (charaktery kamene), včetně fotografií povrchu kamene na řezné ploše, uveden v Příloze 5 (součinitel α_c je zde řazen od největšího po nejmenší).

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI KAMENE V TLAKU

STANOVENÍ PŘEVODNÍHO SOUČiniteLE MEZI NEDESTRUKTIVNĚ A DESTRUKTIVNĚ ZJIŠTĚNOU PEVNOSTÍ KAMENE V TLAKU



Vývrt - kámen: **231 - 1** $\alpha_c = 1,61$



Vývrt - kámen: **242 A - 1** $\alpha_c = 1,43$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINITEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE

Příloha 5 (pokračování)



Vývrt - kámen: **201 A - 1**

$\alpha_c = 1,38$



Vývrt - kámen: **221 - 1**

$\alpha_c = 1,37$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINITEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE

Příloha 5 (pokračování)



Vývrt - kámen: **234 - 1** $\alpha_c = 1,31$



Vývrt - kámen: **215 - 1** $\alpha_c = 1,28$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINITEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE

Příloha 5 (pokračování)



Vývrt - kámen: **212 - 1** $\alpha_c = 1,25$



Vývrt - kámen: **203 (70) - 1** $\alpha_c = 1,21$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINITEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE

Příloha 5 (pokračování)



Vývrt - kámen: **206 - 1** $\alpha_c = 1,11$



Vývrt - kámen: **204 - 1** $\alpha_c = 0,96$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINITEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE

Příloha 5 (pokračování)



Vývrt - kámen: 236 - 1

$\alpha_c = 0,95$



Vývrt - kámen: 210 - 1

$\alpha_c = 0,94$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINTEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE

Příloha 5 (pokračování)



Vývrt - kámen: 219 - 1 $\alpha_c = 0,92$



Vývrt - kámen: 239 - 1 $\alpha_c = 0,91$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINITEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE

Příloha 5 (pokračování)



Vývrt - kámen: 218 - 1 $\alpha_c = 0,81$



Vývrt - kámen: 203 (69) - 1 $\alpha_c = 0,78$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINITEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE

Příloha 5 (pokračování)



Vývrt - kámen: **225 - 1** $\alpha_c = 0,78$



Vývrt - kámen: **213 - 1** $\alpha_c = 0,76$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINITEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE

Příloha 5 (pokračování)



Vývrt - kámen: 222 - 1 $\alpha_c = 0,76$



Vývrt - kámen: 216 - 1 $\alpha_c = 0,71$

Pozn.: Povrch kamene na fotografiích je oproti skutečnosti zvětšen, cca 2 - 3x).

PŘEVODNÍ SOUČINITEL α_c VZTAŽENÝ K CHARAKTERU KAMENE



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

KLOKNERŮV ÚSTAV
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

**Expertní zpráva č.
1400 J 194 - 02**

Datum vydání zprávy
25. července 2014

Oddělení KÚ
Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: SUDOP Praha, a.s.
Olšanská 1a
130 80 Praha 3

Expertní zpráva:

„REKONSTRUKCE NEGRELLIHO VIADUKTU“

**STANOVENÍ MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK CIHELNÝCH
KONSTRUKCÍ NEGRELLIHO VIADUKTU V PRAZE**

ETAPA 1

Vypracoval:

Ing. Milan Hrabánek, Ph.D.
Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Spolupráce:

Ing. Daniel Dobiáš

Odpovědný řešitel:

Ing. Milan Hrabánek, Ph.D.

Vedoucí oddělení:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ředitel KÚ:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1 2 3 4 5
6 7 8 9 10

Rozdělovník:

Objednatel: 8x
Knihovna: 1x
Autoři: 1x

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
v Praze
Kloknerův ústav
166 08 Praha 6, Šolínova 7 (1)**

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 cihel a malty v tlaku cihelných konstrukcí Negrelliho viaduktu v oblasti ÚAN Florenc, a to pro účely stanovení materiálových charakteristik cihel, malty a pevnosti cihelného zdiva v tlaku.

Výsledky zkoušek budou použity jako podklad pro statické posouzení cihelného zdiva viaduktu.

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.



Obr. 1: Pohled na Negrelliho viadukt v Praze v oblasti ÚAN Florenc

OBSAH:

1. ÚVOD	4
2. PODKLADY	4
3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY	5
3.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA	5
3.2. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU	5
3.3. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU	5
3.4. VLHKOST ZDIVA IN-SITU	6
3.5. OBSAH VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU (ZASOLENÍ ZDIVA) ...	6
3.6. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI MALTY V TLAKU	7
3.7. PEVNOST ZDIVA V TLAKU	7
4. VÝSLEDKY ZKOUŠEK IN-SITU A LABORATORNÍCH ZKOUŠEK	8
4.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA	8
4.2. CHARAKTER ZDIVA A DALŠÍ ZJIŠTĚNÉ SKUTEČNOSTI	8
4.3. VOLBA ZKUŠEBNÍCH MÍST, ODBĚR VZORKŮ A ROZSAH ZKOUŠEK	9
4.4. PEVNOST CIHEL V TLAKU - DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY	10
4.5. PŘEVODNÍ SOUČINITEL PRO NEDESTRUKTIVNÍ STANOVENÍ PEVNOSTI	11
4.6. PEVNOST CIHEL V TLAKU - NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY	11
4.7. PEVNOST MALTY V TLAKU - NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY	12
4.8. VLHKOSTNÍ STAV CIHEL IN-SITU A MÍRA ZASOLENÍ ZDIVA	13
5. PEVNOST ZDIVA V TLAKU	14
5.1. SOUHRN VÝSLEDKŮ A MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	14
5.2. STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA V TLAKU - dle metodiky EN	14
5.3. STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA V TLAKU - dle metodiky ČSN	16
5.4. PEVNOST ZDIVA V TLAKU - SOUHRN	16
5.5. INFORMATIVNÍ POROVNÁNÍ MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK	16
6. ZÁVĚRY	18
7. SEZNAM PŘÍLOH	22
PŘÍLOHY	

1. ÚVOD

Zkoušky cihel a malty v tlaku konstrukcí Negrelliho viaduktu v oblasti ÚAN Florenc v Praze, včetně následného stanovení materiálových charakteristik cihel a malty a pevnosti cihelného zdiva v tlaku, byly provedeny na základě smlouvy o dílo č. 14 090 209 K27 uzavřené dne 14.7.2014 mezi SUDOP PRAHA, a.s., Olšanská 1a, Praha 3 (objednatel) a ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, Praha 6 (zhotovitel).

V rámci zadání prací bylo zjištěno a provedeno:

- rámcová vizuální prohlídka přístupných a diagnostikovaných konstrukcí,
- odběr cihel, resp. jejich částí, a jejich úprava pro destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku,
- destruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku a objemová hmotnost cihel,
- nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku in-situ,
- odběr vzorků pro stanovení vlhkosti zdiva a obsahu ve vodě rozpustných solí ve zdivu,
- stanovení aktuální vlhkosti cihel gravimetrickou analýzou,
- orientační měření vlhkosti cihel příložným vlhkoměrem,
- chemická analýza pro stanovení obsahu ve vodě rozpustných solí ve zdivu,
- převodní součinitel mezi nedestruktivně a destruktivně zjištěnou pevností cihel v tlaku,
- pevnost zdiva v tlaku dle EN a ČSN,
- fotografická dokumentace, vyhodnocení zkoušek a sepsání zprávy.

Práce in-situ byly provedeny ve dnech 14. - 17.7.2014. Laboratorní práce a zkoušky byly provedeny ve dnech 17.7. - 23.7.2014.

Provádění prací in-situ bylo limitováno přístupností jednotlivých prostor pod oblouky.

2. PODKLADY

- [1] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí. Hodnocení existujících konstrukcí.
- [2] ČSN 73 1373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu.
- [3] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí (nahrazeno [4]).
- [4] ČSN EN 1996 Navrhování zděných konstrukcí (náhrada ČSN 73 1101).
- [5] ČSN EN 772-1 Zkušební metody pro zdicí prvky. Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku.
- [6] ČSN 72 2605 Skúšanie tehliarských výrobkov. Stanovenie mechanických vlastností.
- [7] ČSN EN 1926 Zkušební metody přírodního kamene. Stanovení pevnosti v prostém tlaku.
- [8] ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb. Sanace vlhkého zdiva. Základní ustanovení.
- [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.
- [10] ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování konstrukcí při přestavbách (neplatná).
- [11] Rekonstrukce Negrelliho viaduktu, SO 14-04, železniční most v ev. km 0,495 (N 104). Stavebně technický pasport. SUDOP PRAHA, a.s., 7/2014.

3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY

3.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA

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 nosných zděných konstrukcí cílená na vyhledání příp. závažných statických trhlin, drcení zdiva, degradační a korozní vlivy, apod. Prohlídka byla provedena pro účely stanovení návrhové pevnosti zdiva.

3.2. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU

Pro stanovení pevnosti cihel v tlaku destruktivní zkouškou bylo z konstrukcí viaduktu odebráno 21 vzorků cihel. Zpravidla se jednalo o půlky cihel, v některých případech o celé cihly, nebo i části cihel menší než půlka.

Zkoušky byly provedeny ve vysušeném stavu cihel dle ČSN 72 2605 [6]. Před vlastní zkouškou byly cihly změřeny, zváženy a byla upravena rovnost tlačných ploch koncováním cementovou maltou. Zkoušky byly provedeny na zatěžovacím stroji WPM 4000 kN, metrologické číslo S 07 0044.

Pro stanovení převodního součinitele α_c pro přepočet hodnot f_{be} zjištěných nedestruktivní zkouškou na pevnost skutečnou, byla před destruktivní zkouškou pevnosti v tlaku provedena v laboratoři na každé cihle ve vysušeném stavu nedestruktivní zkouška Schmidovým tvrdoměrem.

Převodní součinitel byl pak vypočten ze vztahu $\alpha_c = f_{c, des} / f_{be}$, kde $f_{c, des}$ je pevnost cihel v tlaku zjištěná destruktivní zkouškou (pevnosti cihel ve vysušeném stavu).

Pro stanovení rozdílu odskoku Schmidova tvrdoměru (resp. hodnot f_{be}) na cihlách v aktuálním vlhkostním stavu konstrukce a na týchž cihlách ve vysušeném stavu, byla před odběrem vzorků cihel in-situ provedena na každé cihle nedestruktivní zkouška Schmidovým tvrdoměrem.

3.3. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU

Pro stanovení pevnosti cihel v tlaku v širším záběru byla použita nedestruktivní zkouška Schmidovým tvrdoměrem (typ N-34). Tato zkouška není pro zkoušení cihel normována, nicméně naše mnohaleté zkušenosti prokazují, že touto zkouškou lze odvodit pevnost cihel v tlaku. Zkoušky a jejich vyhodnocení bylo provedeno dle ČSN 73 1373 [2]. Touto zkouškou lze odvodit nejen pevnost cihel v tlaku, ale také posoudit homogenitu pevností cihel v celé konstrukci a rozhodnout, pro které části konstrukce byly použity cihly stejných pevnostních parametrů, aniž by bylo nutné provádět rozsáhlé destruktivní zkoušky.

Před vlastní zkouškou byl povrch zkoušených cihel obroušen brusku s diamantovým kotoučem. Z hodnot odskoku Schmidtova tvrdoměru a byla dle obecného kalibračního vztahu uvedeného v ČSN 73 1373 pro nedestruktivní zkoušení betonu odvozena hodnota f_{be} .

Převodní součinitel α_c se stanoví na základě výsledků destruktivních a nedestruktivních zkoušek jako průměrná hodnota poměrů $f_{c, des} / f_{be}$ stanovených na stejných cihlách, kde $f_{c, des}$ je pevnost cihel v tlaku zjištěná destruktivní zkouškou (podrobně kap. 3.2).

Součinitel α_c není normován a jeho hodnota se pro cihly může pohybovat na základě našich mnohaletých zkušeností v poměrně širokém, typickém rozmezí 0,2 - 0,7.

3.4. VLHKOST ZDIVA IN-SITU

Vlhkost cihel in-situ byla stanovena gravimetrickou analýzou. Pro účely gravimetrické analýzy byly z cihel (při odběru vzorků pro destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku) z hloubky 50 - 200 mm, odebrány úlomky cihel. Vzorky se odebíraly el. bouracím kladivem. Vzorky byly vloženy do plastového parotěsného obalu.

V laboratoři byly vzorky zváženy na vahách Kern 510 a sušeny po dobu 48 hod. v sušárně HS 210A při teplotě 105°C. Poté byly opět zváženy a byl proveden výpočet vlhkosti cihel dle vztahu:

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

kde: $m_{vlhk.}$ = hmotnost vlhkého vzorku; $m_{such.}$ = hmotnost suchého vzorku.

Hodnocení aktuálního vlhkostního stavu kamene a klasifikace vlhkosti byly provedeny dle ustanovení ČSN P 73 0610 [8].

3.5. OBSAH VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU (ZASOLENÍ ZDIVA)

Pro získání komplexního obrazu o stavu zdiva byl stanovován obsah ve vodě rozpustných solí ve zdivu. Pro zhodnocení stupně zasolení zdiva byly ze zdiva odebrány vzorky cihel.

Vzorky byly odebírány a sušeny stejným způsobem jako v kap. 3.4. Vzorky byly odebírány z hloubky cca 50 - 200 mm.

Vysušené vzorky byly namlety na analytickou jemnost a ze vzorků byly připraveny vodné výluhy v destilované vodě v poměru 1:10 (vzorek : voda). Doba vyluhování byla 24 hodin. Na výluhu se stanovovaly obsahy chloridových iontů (Cl^-), síranových iontů (SO_4^{2-}) a iontů dusičnanových (NO_3^-).

Výluhy byly analyzovány dle ČSN EN ISO 10304-1 [9] a stupeň zasolení zdiva byl klasifikován dle ČSN P 73 0610 [8].

3.6. 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.

V případě zdiva viaduktu byla pevnost malty v tlaku zjišťována v hloubce 50 - 150 mm pod povrchem zdiva.

3.7. PEVNOST ZDIVA V TLAKU

Pevnost zdiva v tlaku se dříve stanovovala dle tabulky 2, ČSN 73 1101 [3], která je dnes neplatná a byla nahrazena ČSN EN 1996 [4].

Při posuzování konstrukcí dle Eurokódu ČSN EN 1996 [7] 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 [5] a jako pevnost malty je možno uvažovat průměrnou hodnotu f_m zjištěnou zkouškami nebo např. kvalifikovaným odhadem.

Volba součinitelů γ_m pro stanovení návrhové (výpočtové) pevnosti zdiva f_d je součástí komplexního statického posouzení (ČSN ISO 13822, Příloha NF). Součinitelé γ_m zahrnují dílčí součinitel spolehlivosti, vazbu zdiva a vyplnění spár maltou, vlhkost zdiva a poškození zdiva trhlinami. Pro účely odvození součinitele γ_m , kterým se zohledňuje vlhkost zdiva při stanovování jeho návrhové pevnosti, bylo využito zejména výsledků gravimetrické analýzy.

Stanovení pevnosti zdiva v tlaku bylo provedeno nejen dle platných norem, ale i dle dnes již neplatné ČSN 73 1101 [3].

4. VÝSLEDKY ZKOUŠEK IN-SITU A LABORATORNÍCH ZKOUŠEK

Provádění prací in-situ bylo limitováno přístupností jednotlivých prostor pod oblouky. V některých obloucích jsou dílny, provozovny, sklady, garáže, trafostanice, kancelář CK, WC, apod. Pod dvěma oblouky je veden příjezd a odjezd autobusů ÚAN Florenc. Některé oblouky mají zdivo obložené dodatečným deskovým obkladem.

Dle informace zástupce objednatele J. Hrušky jsou oblouky Hrabovské spojky směrem k Žižkovu opatřeny cca 80 mm vrstvou stříkaného betonu.

Diagnostické práce byly provedeny ve 12 obloucích, které byly zpřístupněny a kde bylo možno diagnostické práce provést. Jedná se o oblouky 5, 6, 7, 8, 13, 14, 16, 19, 21, 50, 52, 54.

4.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA

V rámci diagnostických prací byla provedena rámcová vizuální prohlídka přístupných oblouků viaduktu. Fotografická dokumentace je uvedena v Příloze 6.

Na základě výsledků rámcové vizuální prohlídky přístupných oblouků viaduktu lze konstatovat:

- Cihelné zdivo přístupných oblouků **nevykazuje viditelné staticky významné trhliny**. Jediná výraznější trhlina byla zjištěna v oblouku 21 (Příloha 6, foto 48).
- Zdivo některých oblouků místy vykazuje **známky plošné degradace** v důsledku zasažení vlhkostí v kombinaci s klimatickými vlivy, což se vizuálně projevuje odpadáváním povrchových vrstev cihel, zpravidla tloušťky 30 - 50 mm (lokálně i větší), příp. výkvěty na povrchu zdiva (Příloha 6), podrobně kap. 4.8.
- Jelikož do většiny oblouků **zatéká** a oblouky jsou uzavřené (a většina z nich nevětraných), je v prostoru pod oblouky **vysoká relativní vlhkost vzduchu**.

4.2. CHARAKTER ZDIVA A DALŠÍ ZJIŠTĚNÉ SKUTEČNOSTI

V rámci diagnostických prací byly zjištěny níže uvedené významné skutečnosti:

- **Vazbu** cihelného zdiva lze považovat za **dobrou**.
- **Vazba zdiva oblouků 50 - 56 se liší** od vazby ostatních diagnostikovaných oblouků. Ve vazbě zdiva oblouků 50 - 56 jsou i cihly uloženy podélně (Příloha 6, např. foto 55 a 62), což umožnilo odběr celých cihel pro destruktivní zkoušky cihel.
- Zdivo některých oblouků je opatřeno **omítkou** (např. Příloha 6, foto 30, 37, 38 a 53) nebo **nátěrem cementovým mlékem** (Příloha 6, např. foto 8, 12, 13, 35, 44, 48, 50, aj.).

- **Zdivo je spárované** cementovou maltou. Spárování bylo velmi pravděpodobně provedeno dodatečně, o čemž svědčí uhelný prach nalezený pod spárováním v oblouku 50 (Příloha 6, foto 56).
- Za spárováním vykazuje **malta nižší pevnosti, a to zpravidla do hloubky 30 - 50 mm**, což je pravděpodobně způsobeno degradací malty v důsledku působení klimatických vlivů a vlhkosti (podrobně kap. 4.7). V některých případech byl za spárováním do výše uvedené hloubky zjištěn volný prostor (dutina mezi maltou a spárováním).
- **Vyplnění spár maltou** lze tedy (dle výše uvedeného) považovat od hloubky pod povrchem zdiva zpravidla 30 - 50 mm za **dobré**.
- **Cihly pocházejí z různých cihelen**, což dokládají značky nalezené na dvou vzorcích cihel (Příloha 6, foto 29 a 57).
- V některých případech je **zabarvení cihelného střepu uvnitř cihly odlišné** od zabarvení střepu na povrchu (Příloha 6, foto 26 a 43), což může být způsobeno technologií výpalu.
- Průměrná **objemová hmotnost všech zkoušených cihel je 1639 kg/m³**. Jednotlivé hodnoty se pohybují ve velmi širokém rozmezí 1385 - 1785 kg/m³ (Příloha 2).

4.3. VOLBA ZKUŠEBNÍCH MÍST, ODBĚR VZORKŮ A ROZSAH ZKOUŠEK

Zkušební místa a místa odběru vzorků byla volena vždy na jednom z níže uvedených typických míst:

- **bez vizuálně patrné degradace povrchu cihel,**
- **s vizuálně patrnou degradací povrchu cihel.**

Lokalizace zkušebních míst a míst odběru vzorků je vyznačena v Příloze 1. Jednotlivá místa jsou zachycena na fotografiích v Příloze 6.

Číselné označení vzorků a zkušebních míst odpovídá číselnému značení oblouků.

V každém místě bylo provedeno:

- odběr vzorku cihly pro destruktivní zkoušku pevnosti v tlaku,
- nedestruktivní zkouška pevnosti cihel v tlaku (zpravidla na 4 cihlách),
- nedestruktivní zkoušky pevnosti malty v tlaku (v oblasti místa a v místě odběru vzorku),
- odběr vzorku cihel pro stanovení vlhkosti zdiva gravimetrickou analýzou (některé vzorky byly analyzovány i z hlediska obsahu ve vodě rozpustných solí),
- orientační měření vlhkosti zdiva příložným vlhkoměrem.

Rozsah provedených zkoušek a analýz je uveden v tab. 1.

Tab. 1: Rozsah provedených zkoušek a analýz

Druh zkoušky / analýzy	Počet zkoušek / analýz na vzorcích / v místech	
	bez vizuálně patrné degradace povrchu cihel	s vizuálně patrnou degradační povrchu cihel
Destruktivní zkouška pevnosti cihel	9	12
Nedestruktivní zkouška pevnosti cihel	38	52
Nedestruktivní zkouška pevnosti malty	10 oblastí po 7 měřeních	12 oblastí po 7 měřeních
Gravimetrická analýza - vlhkost	9	12
Měření příložným vlhkoměrem - vlhkost	9 oblastí	12 oblastí
Chemická analýza - zasolení zdiva	1	4

4.4. PEVNOST CIHEL V TLAKU - DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY

Destruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku (kap. 3.2) byly provedeny dle ČSN 72 2605 [6]. Pro účely zkoušek bylo z konstrukcí viaduktu odebráno 21 vzorků cihel. Zpravidla se jednalo o půlky cihel, v některých případech o celé cihly, nebo i části cihel menší než půlka.

Lokalizace míst odběru vzorků cihel je vyznačena v Příloze 1. Oblasti odběru vzorků jsou zachyceny na fotografiích v Příloze 6, kde jsou i vzorky po odběru (Příloha 6, foto 67 - 69).

Souhrn výsledků destruktivních zkoušek pevnosti cihel v tlaku, tj. pevnosti cihel bez vizuálně patrné degradace povrchu a s vizuálně patrnou degradační povrchu, je uveden v tab. 2.

Tab. 2: Souhrn výsledků destruktivních zkoušek pevnosti cihel v tlaku

Cihly	bez vizuálně patrné degradace povrchu	s vizuálně patrnou degradační povrchu
Průměrná pevnost v tlaku $f_{c, des}$ [MPa]	14,6	12,0
Rozmezí pevností v tlaku $f_{c, des}$ [MPa]	8,3 - 20,2	8,4 - 18,2
Směrodatná odchylka [MPa]	4,2	3,0
Variační koeficient [%]	28	25
Průměrná objemová hmotnost [kg/m^3] ¹⁾	1610	1660
Rozmezí objemových hmotností [kg/m^3]	1402 - 1785	1385 - 1777

¹⁾ Objemová hmotnost ve vysušeném stavu.

Výsledky pro jednotlivé zkušební vzorky cihel jsou podrobně uvedeny v Příloze 2.

4.5. PŘEVODNÍ SOUČINITEL PRO NEDESTRUKTIVNÍ STANOVENÍ PEVNOSTI

Pro převod nedestruktivně zjištěných pevností cihel v tlaku na skutečné pevnosti cihel byl stanoven převodní součinitel α_c dle vztahu $\alpha_c = f_{c, des} / f_{be}$, kde $f_{c, des}$ je pevnost cihel v tlaku zjištěná destruktivní zkouškou a f_{be} je pevnost dle obecného kalibračního vztahu Schmidtova tvrdoměru [2] (pevnost cihel ve vysušeném stavu).

Převodní součinitel α_c umožňuje přibližný převod nedestruktivně zjištěné pevnosti cihel na skutečnou pevnost cihel ve **vysušeném stavu**.

Pro stanovení převodního součinitele α_c byla v laboratoři před destruktivní zkouškou pevnosti v tlaku provedena na každé zkoušené vysušené cihle nedestruktivní zkouška Schmidtovým tvrdoměrem.

Pro stanovení rozdílu odskoku Schmidtova tvrdoměru (resp. hodnot f_{be}) na cihlách v **aktuálním vlhkostním stavu konstrukce** a na týchž cihlách ve vysušeném stavu, byla před odběrem vzorku cihly in-situ provedena na každé cihle nedestruktivní zkouška Schmidtovým tvrdoměrem.

Převodní součinitel α_c pro převod nedestruktivně zjištěných pevností cihel na pevnost skutečnou, včetně rozdílu odskoku Schmidtova tvrdoměru (resp. hodnot f_{be}) na cihlách v aktuálním vlhkostním stavu konstrukce a na týchž cihlách ve vysušeném stavu je uveden v tab. 3.

Tab. 3: Převodní součinitel α_c a rozdíl odskoku Schmidtova tvrdoměru (resp. hodnot f_{be})

Cihly	bez vizuálně patrné degradace povrchu		s vizuálně patrnou degradací povrchu	
	aktuální stav konstrukce	vysušený	aktuální stav konstrukce	vysušený
Vlhkostní stav cihel				
Průměrná hodnota α_c	-	0,51	-	0,51
Rozmezí hodnot α_c	-	0,38 - 0,81	-	0,42 - 0,63
f_{be} (průměr)	27	29	21	23
Odskok tvrdoměru (průměr)	32	33	28	30
Rozdíl prům. odskoku tvrdoměru	<i>a</i>	<i>a</i> + 1	<i>a</i>	<i>a</i> + 2

Výsledky pro jednotlivé cihly jsou podrobně uvedeny v Příloze 2.

4.6. PEVNOST CIHEL V TLAKU - NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY

Nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku byly provedeny Schmidtovým tvrdoměrem (kap. 3.3). Tato zkouška není pro zkoušení cihel normována, nicméně naše mnohaleté zkušenosti prokazují, že touto zkouškou lze odvodit pevnost cihel v tlaku. Zkoušky a jejich vyhodnocení bylo provedeno dle ČSN 73 1373 [2].

Nedestruktivní zkoušky byly provedeny v oblastech odběru vzorků cihel pro destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku. Celkem bylo zkoušeno 90 cihel (kap. 4.3, tab. 1).

Lokalizace zkušebních míst je vyznačena v Příloze 1. V příloze 3 jsou pro jednotlivé cihly uvedeny výsledky zkoušek a z nich přepočtené pevnosti cihel v tlaku pomocí převodního součinitele α_c dle vztahu $\alpha_c = f_{c, des} / f_{be}$, kde $f_{c, des}$ je pevnost cihel v tlaku zjištěná destruktivní zkouškou (pevnosti cihel ve vysušeném stavu). Zkušební místa jsou zachycena na fotografiích v Příloze 6. Souhrn výsledků nedestruktivních zkoušek je uveden v tab. 4.

Tab. 4: Souhrn výsledků nedestruktivních zkoušek pevnosti cihel v tlaku

Cihly	bez vizuálně patrné degradace povrchu	s vizuálně patrnou degradací povrchu
Použitý převodní součinitel α_c (kap. 4.5)	0,51	0,51
Průměrná pevnost v tlaku f_c [MPa] ¹⁾	13,9	10,8
Rozmezí pevností v tlaku f_c [MPa]	10,7 - 25,5	5,6 - 16,9
Směrodatná odchylka [MPa]	2,6	2,7
Variační koeficient [%]	18,6	24,9

¹⁾ Nedestruktivní pevnost přepočtená součinitelem α_c na pevnost skutečnou (vysušený stav).

Výsledky pro jednotlivé cihly jsou podrobně uvedeny v Příloze 3.

4.7. PEVNOST MALTY V TLAKU - NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY

Pro stanovení pevnosti malty v tlaku f_m byla použita nedestruktivní tvrdoměrná metoda vyvinutá v KÚ ČVUT (kap. 3.6).

Nedestruktivní zkoušky byly provedeny v oblastech odběru vzorků cihel pro destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku, tj. celkem ve 22 oblastech (kap. 4.3, tab. 1).

Pevnost malty v tlaku byla zjišťována v hloubce 50 - 150 mm pod povrchem zdiva. Zdivo je spárované cementovou maltou. Za spárováním vykazuje malta nižší pevnosti, a to zpravidla do hl. 30 - 50 mm, což je pravděpodobně způsobeno degradací malty v důsledku působení klimatických vlivů a vlhkosti (podrobně kap. 4.2).

Zjištěné **pevnosti malty v tlaku v hloubce větší než 50 - 150 mm jsou poměrně vysoké.** Oblasti zdiva s vizuálně patrnou degradací cihel jsou zpravidla zasaženy vlhkostí, což určitou měrou snižuje pevnost malty.

Lokalizace zkušebních míst je vyznačena v Příloze 1. Výsledky pro jednotlivá zkušební místa jsou uvedeny v Příloze 4. Zkušební místa jsou zachycena na fotografiích v Příloze 6.

Souhrn výsledků nedestruktivních zkoušek je uveden v tab. 5.

Tab. 5: Souhrn výsledků nedestruktivních zkoušek pevnosti malty v tlaku

Malta v oblasti cihel	bez vizuálně patrné degradace povrchu	s vizuálně patrnou degradací povrchu
Průměrná pevnost v tlaku f_m [MPa]	4,70	3,55
Rozmezí pevností v tlaku f_m [MPa]	2,63 - 5,41	2,63 - 5,41
Celkový průměr f_m [MPa]	4,07	

Výsledky pro jednotlivé oblasti (zkušební místa) jsou podrobně uvedeny v Příloze 4.

4.8. VLHKOSTNÍ SATV CIHEL IN-SITU A MÍRA ZASOLENÍ ZDIVA

Vlhkost cihel in-situ v jednotlivých zkušebních místech byla stanovena gravimetrickou analýzou (kap. 3.4) a dále bylo v oblastech zkušebních míst prováděno měření vlhkosti zdiva kapacitním příložným vlhkoměrem DM4A.

Vzorky pro gravimetrickou analýzu a stanovení obsahu ve vodě rozpustných solí ve zdivu (zasolení zdiva) byly odebírány z cihel z hloubky 50 - 200 mm. Měření vlhkosti příložným vlhkoměrem bylo prováděno na povrchu cihel.

Lokalizace zkušebních míst je vyznačena v Příloze 1. Výsledky pro jednotlivá zkušební místa jsou uvedeny v Příloze 5. Zkušební místa jsou zachycena na fotografiích v Příloze 6.

Na základě vyhodnocení výsledků gravimetrické a chemické analýzy vzorků cihel a měření vlhkosti příložným vlhkoměrem lze konstatovat:

- Zdivo většiny diagnostikovaných oblouků je **silně zasaženo vlhkostí**. Byly však zjištěny i oblasti, kde zdivo vlhkostí zasaženo není.
- Výsledky gravimetrické analýzy nejsou v rozporu s výsledky měření vlhkosti zdiva kapacitním příložným vlhkoměrem (Příloha 5).
- Souhrn výsledků gravimetrické analýzy vlhkosti cihel dle klasifikace ČSN P 73 0610 [8] je uveden v tab. 6.
- Výsledky chemické analýzy **neprokázaly zasažení zdiva ve vodě rozpustnými solemi** (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-). Místy zjištěné výkvěty na povrchu zdiva budou velmi pravděpodobně pocházet ze složek malty (uhličitan vápenatý $CaCO_3$).

Tab. 6: Souhrn výsledků gravimetrické analýzy vlhkosti cihel

Zjištěná vlhkost [% hm.]	Stupeň vlhkosti cihel dle klasifikace ČSN P 73 0610 [8]				
	velmi nízký $w < 3 \%$	nízký $w = 3 - 5 \%$	zvýšený $w = 5 - 7,5 \%$	vysoký $w = 7,5 - 10 \%$	velmi vysoký $w > 10 \%$
Počet vzorků	4	3	0	1	13

5. PEVNOST ZDIVA V TLAKU

Stanovení pevnosti zdiva vychází z výsledků provedených zkoušek pevnosti cihel a malty v tlaku a dalších výsledků diagnostických prací uvedených v kap. 4. Pevnost zdiva v tlaku je stanovena nejen dle platné metodiky EN, ale i dle dnes již neplatné ČSN 73 1101 [3] a ČSN 73 0038 [10].

5.1. SOUHRN VÝSLEDKŮ A MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Dle výsledků provedených zkoušek pevnosti cihel a malty v tlaku a dalších výsledků diagnostických prací uvedených v kap. 4 jsou pro stanovení pevnosti zdiva v tlaku dle metodiky EN uvažovány materiálové charakteristiky zjištěné zkouškami uvedené v tab. 7 a pro stanovení pevnosti zdiva dle metodiky ČSN v tab. 8.

Tab. 7: Souhrn materiálových charakteristik pro stanovení pevnosti zdiva v tlaku dle EN

Cihly / oblast cihel	bez vizuálně patrné degradace povrchu	s vizuálně patrnou degradací povrchu	Průměrná hodnota pro stanovení pevnosti zdiva
Pevnost cihel v tlaku destruktivně průměr $f_{c, des}$ [MPa]	14,6	12,0	12,8
Pevnost cihel v tlaku nedestruktivně průměr f_c [MPa]	13,9	10,8	
Pevnost malty v tlaku nedestruktivně průměr f_m [MPa]	4,70	3,55	-

Tab. 8: Souhrn materiálových charakteristik pro stanovení pevnosti zdiva v tlaku dle ČSN

Pevnostní značka cihel	P 12,5
Pevnostní značka malty	MVC 4

Interpolace pevnostních značek

5.2. STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA V TLAKU - dle metodiky EN

Při posuzování konstrukcí dle Eurokódu ČSN EN 1996 [7] 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 [5] a jako pevnost malty je možno uvažovat průměrnou hodnotu f_m zjištěnou zkouškami nebo např. kvalifikovaným odhadem.

Materiálové charakteristiky pro stanovení charakteristické a doporučené návrhové pevnosti zdiva dle metodiky EN jsou uvedeny v kap. 5.1, tab. 7.

Volba součinitelů γ_m pro stanovení návrhové (výpočtové) pevnosti zdiva f_d je součástí komplexního statického posouzení (ČSN ISO 13822, Příloha NF).

V tab. 11 jsou uvedeny námi doporučené hodnoty součinitelů γ_m a z nich vypočtená návrhová pevnost zdiva f_d . Je však na rozhodnutí statika, jaké hodnoty γ_m pro stanovení návrhové pevnosti zdiva použije (ČSN ISO 13822, Příloha NF).

Součinitelé γ_m zahrnují dílčí součinitel spolehlivosti, vazbu zdiva a vyplnění spár maltou, vlhkost zdiva a poškození zdiva trhlinami. Pro účely odvození součinitele γ_m , kterým se zohledňuje vlhkost zdiva při stanovování jeho návrhové pevnosti, bylo využito výsledků gravimetrické analýzy.

Stanovení charakteristické a doporučené návrhové pevnosti zdiva je uvedeno v tab. 9 a 10 a zahrnuje pevnosti pro zdivo s vlhkostí $w < 4 \%$ hm. a zdivo při aktuální vlhkosti konstrukce.

Tab. 10: Charakteristické pevnosti zdiva v tlaku f_k [MPa] dle EN

		Vlhkostní stav cihelného zdiva	
		$w < 4 \%$ hm.	aktuální vlhkost konstrukce
Součinitel K	K	0,55	0,55
Exponent α závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty	α	0,65	0,65
Exponent β závislý na druhu malty	β	0,25	0,25
Průměrná pevnost f_m malty zjištěná zkouškami (MPa)	f_m	4,70	3,55
Průměrná pevnost staviva f_c zjištěná zkouškami (MPa)	f_c	12,80	12,80
Součinitel δ pro normalizovanou pevnost	δ	0,75	0,75
Normalizovaná pevnost staviva $f_b = \delta f_c$ (MPa)	f_b	9,60	9,60
Charakteristická pevnost zdiva $f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$ (MPa)	f_k	3,52	3,28

Tab. 11: Doporučené návrhové pevnosti zdiva v tlaku f_d [MPa] dle EN

		Vlhkostní stav cihelného zdiva	
		$w < 4 \%$ hm.	aktuální vlhkost konstrukce
	f_k	3,52	3,28
Dílčí součinitel spolehlivosti γ_{m1}	γ_{m1}	2,00	2,00
Součinitel γ_{m2} zohledňující vazbu zdiva a vyplnění spár maltou	γ_{m2}	0,95	0,95
Součinitel γ_{m3} zohledňující vlhkost zdiva	γ_{m3}	1,00	1,20
Součinitel γ_{m4} zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu	γ_{m4}	1,02	1,02
Návrhová pevnost zdiva $f_d = f_k / \gamma_{m1} \gamma_{m2} \gamma_{m3} \gamma_{m4}$ (MPa)	f_d	1,82	1,41

5.3. STANOVENÍ PEVNOSTI ZDIVA V TLAKU - dle metodiky ČSN

Pevnost zdiva v tlaku se dříve stanovovala dle tabulky 2, ČSN 73 1101 [3], která je dnes neplatná a byla nahrazena ČSN EN 1996 [4].

Stanovení pevnosti zdiva dle metodiky ČSN je uvedeno z toho důvodu, že v některých případech nemusí metodika EN vyhovovat pro daný typ zdiva (zejména v případě kamenného zdiva).

- **Výpočtová pevnost zdiva** (dnes návrhová) stanovená dle neplatné ČSN 73 1101 [3] na základě materiálových charakteristik uvedených v kap. 5.1, tab. 8, s ohledem na ustanovení ČSN 73 0038, Příloha 3 [10] pro cihelné nepoškozené, celistvé zdivo nezasažené vlhkostí, **$R_d = 1,55 \text{ MPa}$** .
- Výpočtová pevnost zdiva v aktuálním stavu konstrukce (zejména nepříznivém vlhkostním stavu), je dle ustanovení ČSN 73 0038, Příloha 3 [10] přibližně na úrovni **$R_d = 1,40 \text{ MPa}$** .

5.4. PEVNOST ZDIVA V TLAKU - SOUHRN

Souhrn pevností zdiva v tlaku stanovených dle metodiky EN a ČSN je uveden v tab. 12.

Tab. 12: Souhrn pevností zdiva v tlaku stanovených dle metodiky EN a ČSN

Pevnost zdiva v tlaku dle metodiky	EN		ČSN
Pevnost zdiva v tlaku [MPa]	charakteristická f_k	doporučená návrhová f_d	výpočtová ¹⁾ R_d
Pevnost zdiva při vlhkosti $w < 4 \text{ \% hm.}$	3,40	1,82	1,55
Pevnost zdiva při aktuální vlhkosti	3,40	1,41	1,40

¹⁾ Metodika ČSN zohledňuje vlhkost a poškození zdiva v neplatné ČSN 730038, Příloha 3.

V případě, že vlhkost zdiva bude v rámci rekonstrukce snížena pod 4 % hm., lze pro celou konstrukci uvažovat doporučenou návrhovou pevnost cihelného zdiva $f_d = 1,82 \text{ MPa}$.

Obdobné platí i pro výpočtovou pevnost R_d stanovenou dle metodiky ČSN.

5.5. INFORMATIVNÍ POROVNÁNÍ MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK

Materiálové charakteristiky cihel a malty uvedené v této zprávě byly informativně porovnány s materiálovými charakteristikami stanovenými laboratoří SUDOP PRAHA, a.s., které jsou uvedeny v podkladu [11].

Pro účely porovnání materiálových charakteristik byly z podkladu [11] byly vybrány pouze materiálové charakteristiky **stanovené na stejných obloucích** jako v této zprávě (Příloha 1).

Informativní porovnání materiálových charakteristik zjištěných KÚ ČVUT laboratorními zkouškami a zkouškami in-situ s materiálovými charakteristikami zjištěnými laboratoří SUDOP PRAHA, a.s. je uvedeno v Příloze 7, souhrn v tab. 13.

Tab. 13: Souhrn informativního porovnání materiálových charakteristik

Vážené průměry průměrných hodnot materiálových charakteristik ¹⁾	KÚ (K)	SUDOP (S)	Podíl K/S informativní
Objemová hmotnost cihel, vysušený stav [kg/m ³]	1637	1596	1,03
Pevnost cihel destr., vysušený stav $f_{c, des, s}$ [MPa]	13,4	9,5	1,41
Pevnost cihel nedestr., aktuál. stav konstrukce $f_{c, nedes, w}$ [MPa]	12,2	-	-
Pevnost malty destr., vysušený stav $f_{m, des, s}$ [MPa]	-	4,13	-
Pevnost malty nedestr., aktuál. stav konstrukce $f_{m, nedes, w}$ [MPa]	4,07	-	-

¹⁾ Vážené průměry jsou vypočteny z průměrných hodnot jednotlivých charakteristik na základě počtu provedených zkoušek (Příloha 7).

Porovnání pevností cihel v tlaku je v dané situaci nutno považovat pouze za velmi informativní, a to z těchto důvodů:

- zcela rozdílné tvary zkušebních těles; zkoušky na krychlích či vývrtech (SUDOP) vs. zkoušky půlek či celých cihel (KÚ),
- laboratorní zkoušky byly prováděny na vzorcích ve vysušeném stavu a zkoušky in-situ při aktuální vlhkosti konstrukce,
- značné nejistoty do porovnání pevností jsou za stávajícího rozsahu také volbou míst odběru zkušebních vzorků, resp. zkoušek in-situ (místa s vizuálně patrnou degradací a místa bez vizuálně patrné degradace), hloubkou odběru vzorku pod povrchem zdiva, apod.

Z hodnot uvedených v tab. 13 lze tedy velmi obtížně z výše uvedených důvodů prostými podíly hodnot stanovovat jednoznačné převodní součinitele pro pevnost cihel mezi výsledky zkoušek KÚ a SUDOPu, které budou platné všeobecně pro cihelné konstrukce všech oblouků.

Součinitel 1,41 pro destruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku je tedy nutno chápat jako velmi orientační a informativní a v případě potřeby či pochybností lze pro jeho potvrzení doporučit doplňující zkoušky a testy.

6. ZÁVĚRY

Zkoušky cihel a malty v tlaku konstrukcí Negrelliho viaduktu v oblasti ÚAN Florenc v Praze, včetně následného stanovení materiálových charakteristik cihel a malty a pevnosti cihelného zdiva v tlaku, byly provedeny na základě smlouvy o dílo č. 14 090 209 K27 uzavřené dne 14.7.2014 mezi SUDOP PRAHA, a.s., Olšanská 1a, Praha 3 (objednatel) a ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, Praha 6 (zhotovitel).

Práce in-situ byly provedeny ve dnech 14. - 17.7.2014. Laboratorní práce a zkoušky byly provedeny ve dnech 17.7. - 23.7.2014.

Provádění prací in-situ bylo **limitováno přístupností jednotlivých prostor pod oblouky**. V některých obloucích jsou dílny, provozovny, sklady, garáže, trafostanice, kancelář CK, WC, apod. Pod dvěma oblouky je veden příjezd a odjezd autobusů ÚAN Florenc. Některé oblouky mají zdivo obložené dodatečným deskovým obkladem.

Dle informace zástupce objednatele J. Hrušky jsou oblouky Hrabovské spojky směrem k Žižkovu opatřeny cca 80 mm vrstvou stříkaného betonu.

Diagnostické práce byly provedeny ve 12 obloucích, které byly zpřístupněny a kde bylo možno diagnostické práce provést. Jedná se o oblouky 5, 6, 7, 8, 13, 14, 16, 19, 21, 50, 52, 54.

Na základě výsledků a vyhodnocení zkoušek cihel a malty konstrukcí Negrelliho viaduktu v Praze v oblasti ÚAN Florenc a výsledků dalších diagnostických prací, lze konstatovat tyto hlavní závěry:

(podrobně viz jednotlivé kapitoly)

1. Cihelné zdivo přístupných oblouků **nevykazuje viditelné staticky významné trhliny**. Jediná výraznější trhlina byla zjištěna v oblouku 21.
2. Zdivo některých oblouků místy vykazuje **známky plošné degradace** v důsledku zasažení vlhkostí v kombinaci s klimatickými vlivy, což se vizuálně projevuje odpadáváním povrchových vrstev cihel, zpravidla tloušťky 30 - 50 mm (lokálně i větší), příp. výkvěty na povrchu zdiva.
3. **Vazbu** cihelného zdiva lze považovat za dobrou. Zdivo je **spárované** cementovou maltou. **Vyplnění spár** maltou lze od hloubky zpravidla 30 - 50 mm považovat za dobré (podrobně kap. 4.2).
4. Pro účely zkoušek a analýz byla zkušební místa, resp. oblasti, rozděleny na dvě skupiny, a to oblasti zdiva s cihlami **bez vizuálně patrné degradace povrchu** a oblasti s cihlami s **vizuálně patrnou degradací povrchu**. Rozsah zkoušek a analýz je v kap. 4.3, tab. 1.

5. Souhrn výsledků **destruktivních zkoušek pevnosti cihel v tlaku** je uveden v tabulce.

Cihly	bez vizuálně patrné degradace povrchu	s vizuálně patrnou degradační povrchu
Průměrná pevnost v tlaku $f_{c, des}$ [MPa]	14,6	12,0
Rozmezí pevností v tlaku $f_{c, des}$ [MPa]	8,3 - 20,2	8,4 - 18,2
Směrodatná odchylka [MPa]	4,2	3,0
Variační koeficient [%]	28	25
Průměrná objemová hmotnost [kg/m^3] ¹⁾	1610	1660
Rozmezí objemových hmotností [kg/m^3]	1402 - 1785	1385 - 1777

¹⁾ Objemová hmotnost ve vysušeném stavu.

6. Souhrn výsledků **nedestruktivních zkoušek pevnosti cihel v tlaku** je uveden v tabulce.

Cihly	bez vizuálně patrné degradace povrchu	s vizuálně patrnou degradační povrchu
Použitý převodní součinitel α_c (kap. 4.5)	0,51	0,51
Průměrná pevnost v tlaku f_c [MPa]¹⁾	13,9	10,8
Rozmezí pevností v tlaku f_c [MPa]	10,7 - 25,5	5,6 - 16,9
Směrodatná odchylka [MPa]	2,6	2,7
Variační koeficient [%]	18,6	24,9

¹⁾ Nedestruktivní pevnost přepočtená součinitelem α_c na pevnost skutečnou (vysušený stav).

7. Z výsledků destruktivních i nedestruktivních zkoušek vyplývá, že průměrné **pevnosti cihel v tlaku s vizuálně patrnou degradační povrchu jsou o 2 - 3 MPa nižší** než pevnosti cihel bez vizuálně patrné degradace povrchu (podrobně kap. 4.4 a 4.6).
8. Pro převod nedestruktivně zjištěných pevností cihel v tlaku na skutečné pevnosti cihel byl stanoven **převodní součinitel α_c** dle vztahu $\alpha_c = f_{c, des} / f_{be}$, kde $f_{c, des}$ je pevnost cihel v tlaku zjištěná destruktivní zkouškou a f_{be} je pevnost dle obecného kalibračního vztahu Schmidtova tvrdoměru (pevnosti cihel ve vysušeném stavu).

Převodní součinitel α_c umožňuje přibližný převod nedestruktivně zjištěné pevnosti cihel na skutečnou pevnost cihel ve **vysušeném stavu**.

Pro stanovení rozdílu odskoku Schmidtova tvrdoměru (resp. hodnot f_{be}) na cihlách v **aktuálním vlhkostním stavu konstrukce** a na týchž cihlách ve vysušeném stavu, byla před odběrem vzorků cihel in-situ provedena na každé cihle nedestruktivní zkouška Schmidtovým tvrdoměrem.

Převodní součinitel α_c a rozdíl odskoku Schmidtova tvrdoměru (resp. hodnot f_{be}) je v následující tabulce (podrobně kap. 4.5).

Cihly	bez vizuálně patrné degradace povrchu		s vizuálně patrnou degradací povrchu	
	aktuální stav konstrukce	vysušený	aktuální stav konstrukce	vysušený
Průměrná hodnota α_c	-	0,51	-	0,51
Rozmezí hodnot α_c	-	0,38 - 0,81	-	0,42 - 0,63
f_{be} (průměr)	27	29	21	23
Odskok tvrdoměru (průměr)	32	33	28	30
Rozdíl prům. odskoku tvrdom.	a	$a + 1$	a	$a + 2$

9. **Pevnost malty v tlaku** byla zjišťována v hloubce **50 - 150 mm** pod povrchem zdiva. Zjištěné pevnosti malty v tlaku v hloubce větší než 50 - 150 mm jsou **poměrně vysoké**. Souhrn výsledků nedestruktivních zkoušek pevnosti malty v tlaku je uveden v tabulce.

Malta v oblasti cihel	bez vizuálně patrné degradace povrchu	s vizuálně patrnou degradací povrchu
Průměrná pevnost v tlaku f_m [MPa]	4,70	3,55
Rozmezí pevností v tlaku f_m [MPa]	2,63 - 5,41	2,63 - 5,41
Celkový průměr f_m [MPa]	4,07	

Oblasti zdiva s vizuálně patrnou degradací cihel jsou zpravidla zasaženy vlhkostí, což určitou měrou snižuje pevnost malty.

10. Zdivo většiny diagnostikovaných oblouků je **silně zasaženo vlhkostí**. Byly však zjištěny i oblasti, kde zdivo vlhkostí zasaženo není. Souhrn výsledků gravimetrické analýzy vlhkosti cihel dle klasifikace ČSN P 73 0610 [8] je uveden v tabulce.

Zjištěná vlhkost [% hm.]	Stupeň vlhkosti cihel dle klasifikace ČSN P 73 0610 [8]				
	velmi nízký $w < 3 \%$	nízký $w = 3 - 5 \%$	zvýšený $w = 5 - 7,5 \%$	vysoký $w = 7,5 - 10 \%$	velmi vysoký $w > 10 \%$
Počet vzorků	4	3	0	1	13

Výsledky chemické analýzy **neprokázaly zasažení zdiva ve vodě rozpustnými solemi** (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-). Místy zjištěné výkvěty na povrchu zdiva budou velmi pravděpodobně pocházet ze složek malty (uhličitan vápenatý $CaCO_3$).

11. **Pevnost zdiva v tlaku** byla stanovena nejen dle platné metodiky **EN**, ale i dle dnes již neplatné **ČSN 73 1101** a vychází z výsledků provedených zkoušek pevnosti cihel a malty v tlaku, dalších výsledků diagnostických prací uvedených v kap. 4 a ustanovení neplatné **ČSN 73 0038**.

Souhrn materiálových charakteristik pro stanovení pevnosti zdiva v tlaku dle metodiky **EN** a metodiky **ČSN** je uveden v následujících tabulkách.

Souhrn materiálových charakteristik pro stanovení pevnosti zdiva v tlaku **dle EN**

Cihly / oblast cihel	bez vizuálně patrné degradace povrchu	s vizuálně patrnou degradací povrchu	Průměrná hodnota pro stanovení pevnosti zdiva
Pevnost cihel v tlaku destruktivně průměr $f_{c, des}$ [MPa]	14,6	12,0	12,8
Pevnost cihel v tlaku nedestrukt. průměr f_c [MPa]	13,9	10,8	
Pevnost malty v tlaku nedestrukt. průměr f_m [MPa]	4,70	3,55	-

Souhrn materiálových charakteristik pro stanovení pevnosti zdiva v tlaku **dle ČSN**

Pevnostní značka cihel	P 12,5
Pevnostní značka malty	MVC 4

Interpolace pevnostních značek

12. Souhrn pevností zdiva v tlaku stanovených dle metodiky EN a ČSN je uveden v tabulce.

Pevnost zdiva v tlaku dle metodiky	EN		ČSN
Pevnost zdiva v tlaku [MPa]	charakteristická f_k	doporučená návrhová f_d	výpočtová ¹⁾ R_d
Pevnost zdiva při vlhkosti $w < 4$ % hm.	3,40	1,82	1,55
Pevnost zdiva při aktuální vlhkosti	3,40	1,41	1,40

¹⁾ Metodika ČSN zohledňuje vlhkost a poškození zdiva v neplatné ČSN 730038, Příloha 3.

V případě, že vlhkost zdiva bude snížena pod 4 % hm., lze pro celou konstrukci uvažovat doporučenou návrhovou pevnost cihelného zdiva $f_d = 1,82$ MPa.

Obdobné platí i pro výpočtovou pevnost R_d stanovenou dle metodiky ČSN.

13. Informativní porovnání materiálových charakteristik zjištěných KÚ ČVUT laboratorními zkouškami a zkouškami in-situ s materiálovými charakteristikami zjištěnými laboratoří SUDOP PRAHA, a.s. je uvedeno v kap. 5.5.

Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků zkoušek in-situ provedených v určitých oblastech, limitovaných jejich přístupností.

Volba součinitelů γ_m pro stanovení návrhové pevnosti zdiva f_d 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.

7. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Lokalizace zkušebních míst a míst odběru vzorků
- Příloha 2 Destruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku a stanovení převodního součinitele α_c
- Příloha 3 Nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku
- Příloha 4 Nedestruktivní zkoušky pevnosti malty v tlaku
- Příloha 5 Vlhkostní průzkum zdiva - vlhkost zdiva a obsah ve vodě rozpustných solí ve zdivu
- Příloha 6 Fotografická dokumentace

PŘÍLOHY

„REKONSTRUKCE NEGRELLIHO VIADUKTU“
**STANOVENÍ MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK CIHELNÝCH
KONSTRUKCÍ NEGRELLIHO VIADUKTU V PRAZE**
ETAPA 1

SEZNAM PŘÍLOH:

- Příloha 1 Lokalizace zkušebních míst a míst odběru vzorků
- Příloha 2 Destruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku a stanovení převodního součinitele α_c
- Příloha 3 Nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku
- Příloha 4 Nedestruktivní zkoušky pevnosti malty v tlaku
- Příloha 5 Vlhkostní průzkum zdiva - vlhkost zdiva a obsah ve vodě rozpustných solí ve zdivu
- Příloha 6 Fotografická dokumentace
- Příloha 7 Informativní porovnání materiálových charakteristik s podkladem [1]

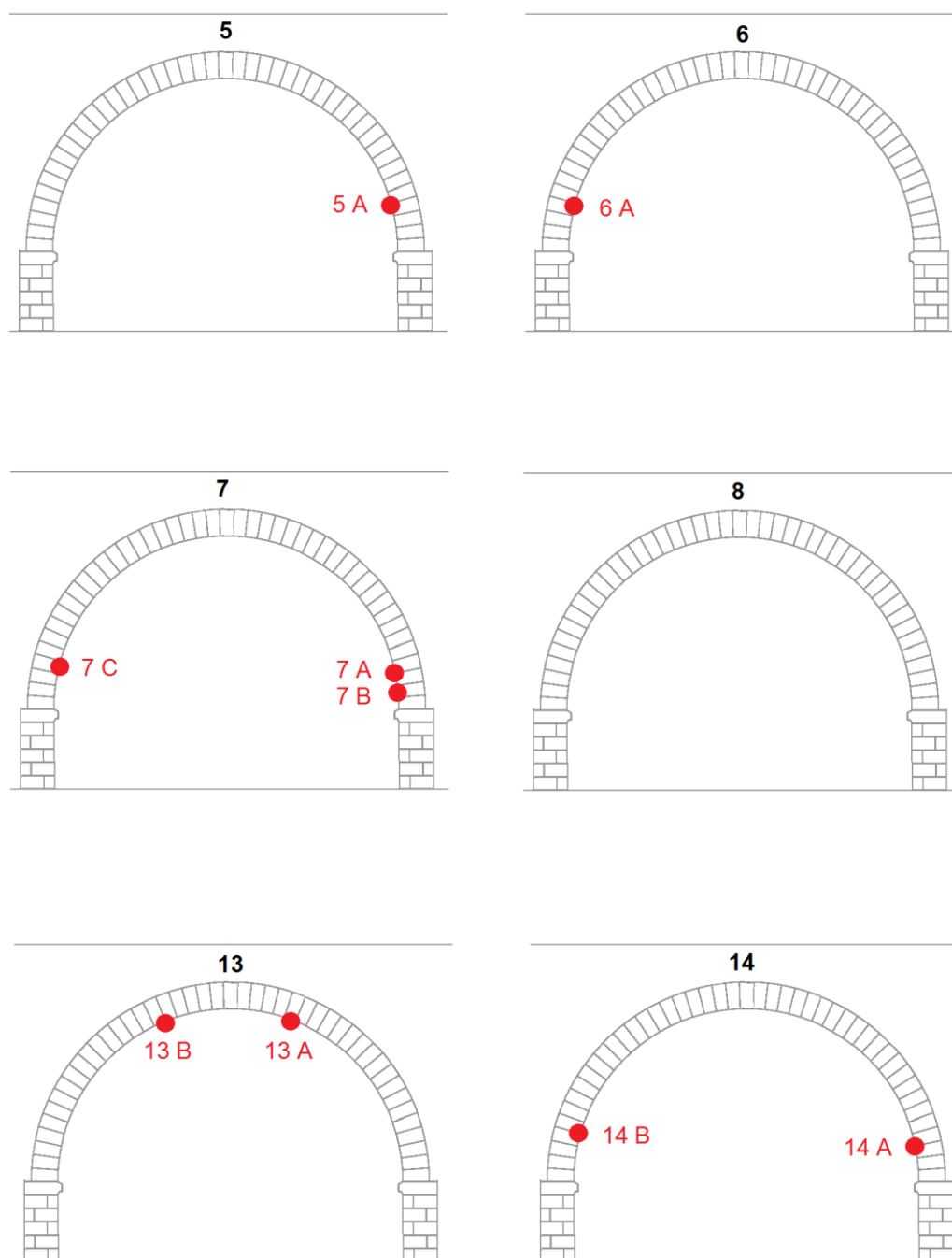


Schéma diagnostikovaných oblouků s vyznačením míst odběru cihel a zkušebních míst (pohled na oblouk z parkoviště)

LOKALIZACE MÍST ODBĚRU VZORKŮ A ZKUŠEBNÍCH MÍST

Příloha 1 (pokračování)

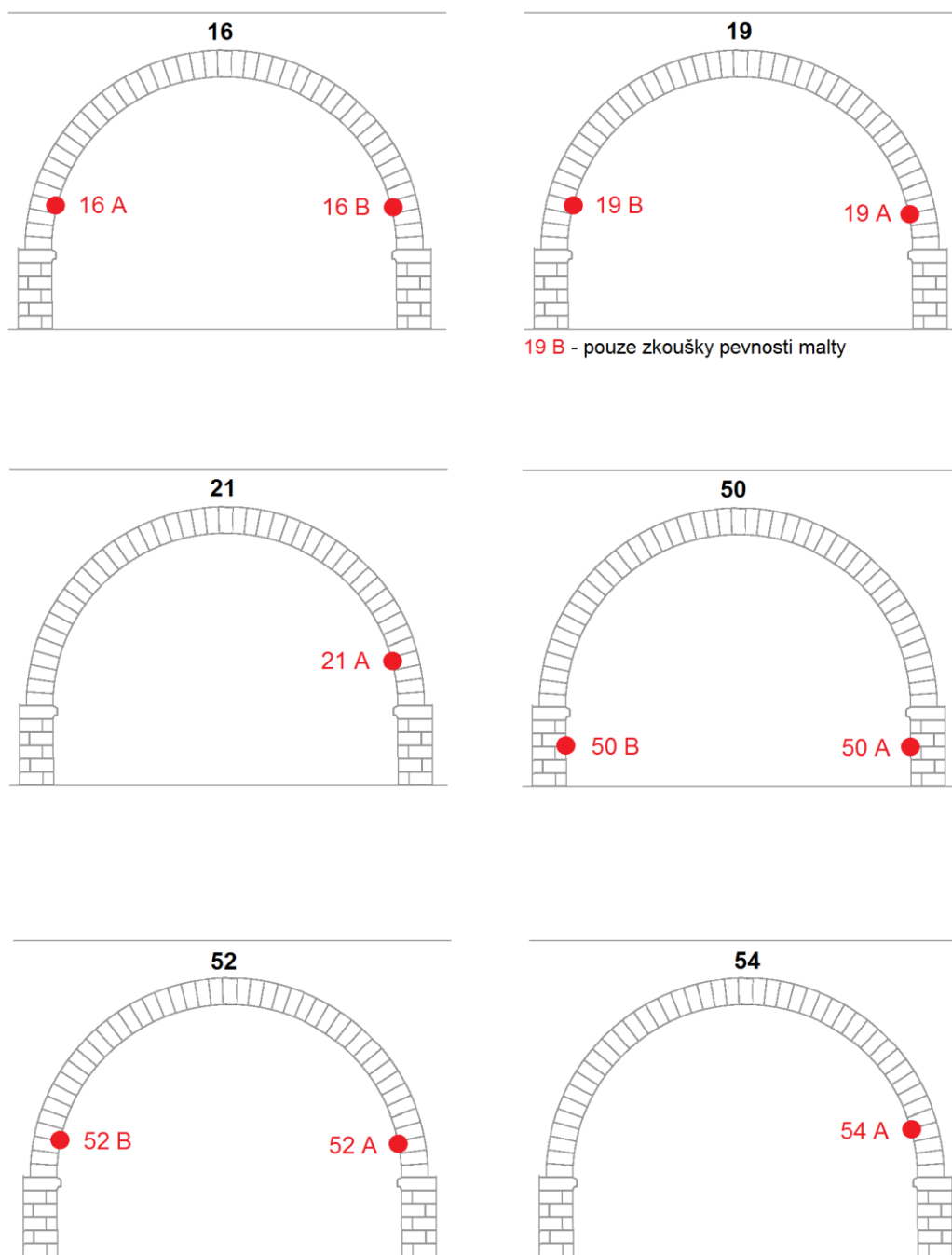


Schéma diagnostikovaných oblouků s vyznačením míst odběru cihel a zkušebních míst (pohled na oblouk z parkoviště)

LOKALIZACE MÍST ODBĚRU VZORKŮ A ZKUŠEBNÍCH MÍST

Destruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku - cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu
a stanovení převodního součinitele α_c

Zkušební stroj: WPM 4000 kN
 Vzorky: Negrelliho viadukt
 Zkoušku provedl: P. Borodáč

Teplota vzduchu: 26°C
 Relativní vlhkost vzduchu: 55%
 Datum zkoušky: 22.7.2014

Oblouk	Ozn. vzorku	Tlačná plocha [cm ²]	Výška [mm]	Hmotnost [g]	Objem. hmot. [kg/m ³]	Tlačná síla [kN]	Pevnost v tlaku f _{c, des} [MPa]	Nedestruktivní zkouška - Schmidt				
								in-situ (aktuální vlhkost)		laboratoř (vysušený stav)		
								Odskok <i>a</i>	f _{be, w} [MPa]	Odskok <i>a</i>	f _{be} [MPa]	Převodní součinitel α _c
CIHLY BEZ VIZUÁLNĚ PATRNÉ DEGARDACE POVRCHU												
5	5 A	212	68,3	2351	1626	241	11,4	34	30	34	30	0,38
6	6 A	212	70,7	2361	1573	334	15,7	34	30	33	28	0,56
7	7 B	225	68,4	2749	1785	352	15,6	31	25	33	28	0,56
8	8 A	166	75,6	1755	1402	186	11,2	33	28	35	32	0,35
13	13 B	220	71,0	2599	1664	263	12,0	31	25	33	28	0,43
14	14 A	119	64,3	1253	1646	98	8,3	30	24	31	25	0,33
16	16 A	184	68,0	1921	1533	316	17,2	29	22	34	30	0,57
52	52 B	448	59,2	4372	1649	896	20,0	35	32	36	33	0,61
54	54 A	445	56,4	4047	1615	897	20,2	30	24	31	25	0,81
Průměr					1610		14,6	32	27	33	29	0,51
Směrodatná odchylka [MPa]							4,2					
Variační koeficient [%]							0,28					

$$\alpha_c = f_{c, des} / f_{be}$$

$$\alpha_{c, prum} = 0,51$$

Průměrná hodnota součinitele $\alpha_{c, prum}$ byla stanovena dle vztahu $\alpha_{c, prum} = f_{c, des} / f_{be}$

kde: $f_{c, des}$ destruktivně zjištěná pevnost cihel v tlaku ve vysušeném stavu
 f_{be} nedestruktivně zjištěná pevnost týchž cihel v tlaku ve vysušeném stavu dle obecného kalibračního vztahu Schmidtova tvrdoměru

**DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU
 A STANOVENÍ PŘEVODNÍHO SOUČINITELE α_c
 CIHLY BEZ VIZUÁLNĚ PATRNÉ DEGRADACE POVRCHU**

Příloha 2 (pokračování)

Destruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku - cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu
a stanovení převodního součinitele α_c

Zkušební stroj: WPM 4000 kN
 Vzorky: Negrelliho viadukt
 Zkoušku provedl: P. Borodáč

Teplota vzduchu: 26°C
 Relativní vlhkost vzduchu: 55%
 Datum zkoušky: 22.7.2014

Oblouk	Ozn. vzorku	Tlačná plocha [cm ²]	Výška [mm]	Hmotnost [g]	Objem. hmot. [kg/m ³]	Tlačná síla [kN]	Pevnost v tlaku f _{c, des} [MPa]	Nedestruktivní zkouška - Schmidt				
								in-situ (aktuální vlhkost)		laboratoř (vysušený stav)		
								Odskok <i>a</i>	f _{be, w} [MPa]	Odskok <i>a</i>	f _{be} [MPa]	Převodní součinitel α _c
CIHLY S VIZUÁLNĚ PATRNOU DEGARDACÍ POVRCHU												
7	7 A	101	67,7	1186	1735	101	10,0	27	19	30	24	0,42
	7 C	127	67,1	1420	1672	147	11,6	30	24	30	24	0,48
8	8 B	190	67,9	2253	1749	227	12,0	31	25	32	27	0,44
	8 C	198	69,8	2439	1762	238	12,0	30	24	30	24	0,50
13	13 A	204	70,7	2392	1656	172	8,4	26	18	27	19	0,44
14	14 B	173	70,2	2133	1761	159	9,2	26	18	29	22	0,42
16	16 B	153	71,0	1931	1777	154	10,1	23	14	25	16	0,63
19	19 A	160	55,8	1238	1385	191	11,9	28	21	28	21	0,57
21	21 A	158	71,1	1772	1579	161	10,2	26	18	29	22	0,46
50	50 A	270	57,3	2351	1516	493	18,2	32	27	34	30	0,61
	50 B	442	63,5	4591	1637	611	13,8	29	22	30	24	0,58
52	52 A	443	57,1	4285	1695	746	16,8	31	25	33	28	0,60
Průměr					1660		12,0	28	21	30	23	0,51
Směrodatná odchylka [MPa]							3,0					
Variační koeficient [%]							0,25					

$$\alpha_c = f_{c, des} / f_{be}$$

$$\alpha_{c, prum} = 0,51$$

Průměrná hodnota součinitele $\alpha_{c, prum}$ byla stanovena dle vztahu $\alpha_{c, prum} = f_{c, des} / f_{be}$

kde: $f_{c, des}$ destruktivně zjištěná pevnost cihel v tlaku ve vysušeném stavu
 f_{be} nedestruktivně zjištěná pevnost těchto cihel v tlaku ve vysušeném stavu dle obecného kalibračního vztahu Schmidtova tvrdoměru

DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU
A STANOVENÍ PŘEVODNÍHO SOUČINITELE α_c
CIHLY S VIZUÁLNĚ PATRNOU DEGRADACÍ POVRCHU

Příloha 3

Nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku - cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu

Oblouk	Zkušební místo	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>										Průměr <i>a</i>	f _{be} [MPa]	Pevnost v tlaku f _c [MPa]
CIHLY BEZ VIZUÁLNĚ PATRNÉ DEGRADACE POVRCHU															
5	5 A	→	32	38	38	38	32	33	33	30	31	34	34	30	15,3
		→	34	33	36	30	32	33	39	34	30	32	33	28	14,3
		→	37	33	38	36	34	35	37	38	39	33	36	33	16,8
		→	45	45	40	46	38	45	48	47	49	43	45	50	25,5
6	6 A	→	34	28	30	36	30	36	29	33	32	30	32	27	13,8
		→	36	35	38	37	32	29	39	33	33	30	34	30	15,3
		→	30	30	30	26	33	31	38	38	32	34	32	27	13,8
		→	32	38	30	30	27	33	39	38	36	36	34	30	15,3
		→	29	26	33	33	39	38	33	33	34	33	33	28	14,3
		→	26	28	25	29	34	28	32	33	32	30	30	24	12,2
		→	36	28	35	36	33	35	34	36	34	30	34	30	15,3
		→	28	32	27	31	30	33	31	35	35	32	31	25	12,8
7	7 B	→	28	30	29	32	29	31	34	33	29	33	31	25	12,8
8	8 A	→	35	32	30	26	30	32	36	36	39	34	33	28	14,3
		→	32	30	32	30	28	34	34	34	33	35	32	27	13,8
		→	38	38	30	38	35	40	36	32	38	40	37	35	17,9
		→	32	28	26	33	34	27	33	28	28	32	30	24	12,2
13	13 B	→	32	33	33	29	29	34	30	30	30	31	31	25	12,8
		→	24	29	24	31	32	36	34	38	34	35	32	27	13,8
		→	23	22	33	21	29	36	26	33	26	29	28	21	10,7
		→	26	32	33	26	34	32	30	28	29	24	29	22	11,2
14	14 A	→	30	29	31	32	32	29	29	24	28	32	30	24	12,2
		→	30	30	28	30	24	34	28	26	28	31	29	22	11,2
		→	28	30	32	34	33	31	32	30	31	30	31	25	12,8
		→	34	22	34	34	26	22	30	26	25	24	28	21	10,7

Pokračování tabulky na další straně

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU
CIHLY BEZ VIZUÁLNĚ PATRNÉ DEGRADACE POVRCHU

Příloha 3 (pokračování)

Nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku - cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu

Oblouk	Zkušební místo	Směr úderu	Odskok tvrdoměru a										Průměr a	f_{be} [MPa]	Pevnost v tlaku f_c [MPa]
CIHLY BEZ VIZUÁLNĚ PATRNÉ DEGRADACE POVRCHU															
16	16 A	→	26	22	34	26	30	30	26	34	30	33	29	22	11,2
		→	30	26	36	30	34	32	30	29	31	30	31	25	12,8
		→	38	38	36	34	26	30	26	27	36	34	33	28	14,3
		→	34	38	28	32	36	38	33	35	37	36	35	32	16,3
		→	25	39	38	40	36	38	28	30	34	35	34	30	15,3
52	52 B	→	36	36	35	38	37	39	25	36	35	34	35	32	16,3
		→	30	32	28	32	28	30	30	30	28	29	30	24	12,2
		→	30	30	31	32	32	32	31	30	34	29	31	25	12,8
		→	34	30	32	31	30	30	30	28	33	30	31	25	12,8
54	54 A	→	32	30	30	29	31	30	29	28	32	30	30	24	12,2
		→	30	31	34	35	35	33	35	35	35	34	34	30	15,3
		→	28	29	30	33	32	30	29	31	31	32	31	25	12,8
		→	31	30	30	26	31	29	30	31	30	28	30	24	12,2
Průměr - cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu [MPa]														13,9	
Směrodatná odchylka [MPa]														2,6	
Variační koeficient [%]														18,6	

$$\alpha_{c, \text{prum}} = 0,51$$

→ Na cihle provedena destruktivní zkouška pevnosti v tlaku

Pro přepočet hodnot f_{be} zjištěných nedestruktivní zkouškou na pevnost cihel v tlaku f_c byla použita průměrná hodnota součinitele $\alpha_{c, \text{prum}}$ stanovená dle vztahu $\alpha_{c, \text{prum}} = f_{c, \text{des}} / f_{be}$

kde: $f_{c, \text{des}}$ destruktivně zjištěná pevnost cihel v tlaku ve vysušeném stavu
 f_{be} nedestruktivně zjištěná pevnost týchž cihel v tlaku ve vysušeném stavu dle obecného kalibračního vztahu Schmidtova tvrdoměru

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU
CIHLY BEZ VIZUÁLNĚ PATRNÉ DEGRADACE POVRCHU

Příloha 3 (pokračování)

Nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku - cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu

Oblouk	Zkušební místo	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>										Průměr <i>a</i>	<i>f</i> _{be} [MPa]	Pevnost v tlaku <i>f</i> _c [MPa]
CIHLY S VIZUÁLNĚ PATRNOU DEGRADACÍ POVRCHU															
7	7 A	→	26	30	24	28	29	25	24	22	28	24	26	18	9,2
		→	30	32	30	30	29	28	35	33	32	32	31	25	12,8
		→	25	26	28	25	28	20	24	25	24	26	25	16	8,2
		→	29	30	30	26	30	30	32	30	32	31	30	24	12,3
		→	30	32	26	32	29	22	34	34	30	34	30	24	12,3
		→	24	22	24	25	24	23	21	22	24	24	23	14	7,2
		→	30	30	26	25	22	30	28	26	28	27	27	19	9,7
	7 C	→	28	29	30	34	26	28	30	32	30	31	30	24	12,3
		→	26	30	28	27	24	26	26	26	28	29	27	19	9,7
		→	30	31	28	26	35	30	28	28	32	30	30	24	12,3
→		38	39	36	38	34	32	34	32	35	34	35	32	16,4	
8	8 B	→	32	30	32	33	26	31	32	32	32	30	31	25	12,8
		→	26	28	24	26	25	20	22	24	22	25	24	15	7,7
		→	34	36	34	35	31	33	32	35	35	34	34	30	15,4
		→	22	28	26	26	23	22	20	22	26	28	24	15	7,7
	8 C	→	30	34	32	32	30	33	32	24	26	30	30	24	12,3
		→	32	26	27	36	20	30	28	29	34	32	29	22	11,3
		→	28	22	26	23	26	26	25	27	25	27	26	18	9,2
		→	26	27	28	22	24	28	24	23	24	25	25	16	8,2
13	13 A	→	30	28	29	29	29	28	24	22	26	26	27	19	9,7
		→	31	29	27	30	29	28	26	27	25	27	28	21	10,8
		→	36	32	28	26	25	24	29	26	28	28	28	21	10,8
		→	30	26	22	24	25	20	22	24	25	28	25	16	8,2
		→	24	26	25	28	24	28	25	27	26	25	26	18	9,2
14	14 B	→	30	28	24	20	24	25	27	26	28	29	26	18	9,2
		→	26	30	22	26	27	20	21	30	28	29	26	18	9,2
		→	24	30	31	34	35	30	24	29	32	30	30	24	12,3
		→	30	22	24	28	31	30	22	26	32	30	28	21	10,8

Pokračování tabulky na další straně

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU
CIHLY S VIZUÁLNĚ PATRNOU DEGRADACÍ POVRCHU

Příloha 3 (pokračování)

Nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel v tlaku - cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu

Oblouk	Zkušební místo	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>										Průměr <i>a</i>	<i>f</i> _{be} [MPa]	Pevnost v tlaku <i>f</i> _c [MPa]
CIHLY S VIZUÁLNĚ PATRNOU DEGRADACÍ POVRCHU															
16	16 B	→	22	25	23	20	22	26	20	24	21	25	23	14	7,2
		→	20	21	21	21	20	18	19	18	22	21	20	11	5,6
		→	18	24	23	20	19	21	22	21	17	21	21	12	6,2
		→	20	20	19	20	24	18	17	20	19	20	20	11	5,6
19	19 A	→	30	28	27	28	25	27	25	30	30	28	28	21	10,8
		→	28	27	26	27	24	28	28	26	27	28	27	19	9,7
		→	28	24	26	24	24	25	27	28	29	28	26	18	9,2
		→	30	26	32	32	28	30	24	26	27	30	29	22	11,3
21	21 A	→	29	26	29	26	30	23	26	25	24	25	26	18	9,2
		→	33	25	28	27	29	29	31	26	28	28	28	21	10,8
		→	34	39	38	38	36	36	36	30	35	36	36	33	16,9
		→	24	26	30	31	31	38	33	34	34	26	31	25	12,8
50	50 A	→	32	33	35	32	30	29	31	31	32	31	32	27	13,9
		→	30	28	29	29	31	30	29	30	29	28	29	22	11,3
		→	26	25	30	26	28	26	26	25	27	25	26	18	9,2
		→	34	28	35	39	40	33	39	39	36	37	36	33	16,9
	50 B	→	32	28	30	27	29	30	28	27	32	27	29	22	11,3
		→	34	33	26	27	30	30	30	29	28	29	30	24	12,3
		→	29	27	30	31	30	30	29	28	29	31	29	22	11,3
		→	36	39	35	37	37	36	35	39	34	33	36	33	16,9
52	52 A	→	32	30	30	32	31	30	31	32	32	30	31	25	12,8
		→	27	24	28	26	28	26	28	26	27	25	27	19	9,7
		→	30	28	29	32	30	30	31	30	32	31	30	24	12,3
		→	34	30	27	30	27	29	34	31	33	32	31	25	12,8
Průměr - cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu [MPa]														10,8	
Směrodatná odchylka [MPa]														2,7	
Variační koeficient [%]														24,9	

$$\alpha_{c, \text{prum}} = 0,51$$

→ Na cihle provedena destruktivní zkouška pevnosti v tlaku

Pro přepočet hodnot f_{be} zjištěných nedestruktivní zkouškou na pevnost cihel v tlaku f_c byla použita průměrná hodnota součinitele $\alpha_{c, \text{prum}}$ stanovená dle vztahu $\alpha_{c, \text{prum}} = f_{c, \text{des}} / f_{be}$

kde: $f_{c, \text{des}}$ destruktivně zjištěná pevnost cihel v tlaku ve vysušeném stavu
 f_{be} nedestruktivně zjištěná pevnost těchto cihel v tlaku ve vysušeném stavu dle obecného kalibračního vztahu Schmidtova tvrdoměru

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI CIHEL V TLAKU
CIHLY S VIZUÁLNĚ PATRNOU DEGRADACÍ POVRCHU

Nedestruktivní zkoušky pevnosti malty v tlaku

Oblouik	Zkušební místo	Počet úderů na zaražení indentoru							Průměrný počet úderů	Pevnost malty v tlaku f_m [MPa]
MALTA V MÍSTECH BEZ VIZUÁLNĚ PATRNÉ DEGRADACE POVRCHU CIHEL										
5	5 A	18	20	16	15	17	15	17	16,9	4,95
6	6 A	19	16	15	18	17	16	18	17,0	5,03
7	7 B	19	18	17	17	16	15	18	17,1	5,10
8	8 A	15	16	17	13	15	16	17	15,6	4,31
13	13 B	15	16	15	18	17	16	17	16,3	4,66
14	14 A	16	18	19	17	15	16	17	16,9	4,95
16	16 A	15	17	18	19	18	19	18	17,7	5,41
19	19 B	15	16	15	18	15	17	16	16,0	4,52
52	52 B	10	12	10	13	12	11	14	11,7	2,63
54	54 A	19	17	20	18	15	16	19	17,7	5,41
Průměr - malta v místech bez vizuálně patrné degradace povrchu cihel										4,70

Oblouik	Zkušební místo	Počet úderů na zaražení indentoru							Průměrný počet úderů	Pevnost malty v tlaku f_m [MPa]
MALTA V MÍSTECH S VIZUÁLNĚ PATRNOU DEGRADACÍ POVRCHU CIHEL										
7	7 A	16	15	17	18	16	16	15	16,1	4,59
	7 C	16	18	16	18	14	17	15	16,3	4,66
8	8 B	12	14	13	10	12	15	13	12,7	3,03
	8 C	14	13	11	15	12	10	13	12,6	2,97
13	13 A	14	12	12	15	14	13	15	13,6	3,39
14	14 B	12	16	15	17	13	16	15	14,9	3,97
16	16 B	17	20	17	18	19	16	17	17,7	5,41
19	19 A	10	15	12	16	15	13	12	13,3	3,26
21	21 A	15	13	14	12	14	11	9	12,6	2,97
50	50 A	12	10	11	12	15	10	12	11,7	2,63
	50 B	12	13	11	14	13	14	12	12,7	3,03
52	52 A	11	13	12	12	13	11	12	12,0	2,74
Průměr - malta v místech s vizuálně patrnou degradací povrchu cihel										3,55

Celkový průměr f_m [MPa]	4,07
----------------------------	-------------

Pevnost malty byla zjišťována v hloubce 50 - 150 mm pod povrchem zdiva.

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI MALTY V TLAKU

Vlhkost cihel - výsledky gravimetrické analýzy a měření příložným vlhkoměrem

Oblouk	Ozn. vzorku	Hmotnost vzorku		Hmotnost vody	Vlhkost stanovená				
		odebraný	vysušený		gravimetrickou analýzou		příložným vlhkoměrem		
		[g]	[g]		[g]	[% hm.]		[% hm.]	
VLHKOST CIHEL IN-SITU					hl. odběru 50 - 200 mm		povrch		
5	5 A	155,8	154,7	1,1	0,7		1 - 4		
6	6 A	145,6	141,1	4,5	3,2		2 - 4		
7	7 A	215,7	182,4	33,3	18,3		16 - 18		
	7 B	172,5	146,7	25,8	17,6		15 - 18		
	7 C	212,0	182,9	29,2	15,9		16 - 18		
8	8 A	167,8	155,5	12,3	7,9		12 - 13		
	8 B	137,7	133,5	4,1	3,1		5 - 6		
	8 C	175,3	147,0	28,3	19,3		> 20		
13	13 A	228,2	193,3	35,0	18,1		18 - 19		
	13 B	146,5	129,4	17,0	13,2		8 - 11		
14	14 A	179,4	177,7	1,7	1,0		2 - 4		
	14 B	147,0	122,1	24,9	20,4		14 - 17		
16	16 A	149,3	148,9	0,4	0,3		1 - 2		
	16 B	138,3	134,0	4,3	3,2		2 - 7		
19	19 A	106,8	106,2	0,6	0,6		2 - 6		
21	21 A	162,8	143,0	19,8	13,8		14 - 20		
50	50 A	256,9	217,9	39,0	17,9		19 - 20		
	50 B	208,3	176,3	32,1	18,2		12 - 13		
52	52 A	193,1	170,0	23,1	13,6		18 - 20		
	52 B	150,6	128,3	22,2	17,3		19 - 20		
54	54 A	174,7	148,1	26,6	18,0		12 - 18		

Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610

velmi nízká; $w < 3$ % hm.

nízká; $w = 3 - 5$ % hm.

zvýšená; $w = 5 - 7,5$ % hm.

vysoká; $w = 7,5 - 10$ % hm.

velmi vysoká; $w > 10$ % hm.





**VLHKOSTNÍ PRŮZKUM ZDIVA - VLHKOST CIHEL IN-SITU
VÝSLEDKY GRAVIMETRICKÉ ANALÝZY
A MĚŘENÍ PŘÍLOŽNÝM VLHKOMĚREM**

Příloha 5 (pokračování)

Obsah ve vodě rozpustných solí v cihlách - výsledky chemické analýzy

Oblouk	Ozn. vzorku (místa)	Chloridy Cl ⁻	Sírany SO ₄ ²⁻	Dusičnany NO ₃ ⁻
		[% hm.]	[% hm.]	[% hm.]
OBSAH VE VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ VE ZDIVU hloubka odběru 50 - 200 mm				
7	7 A	0,001	0,038	0,002
8	8 C	0,001	0,009	0,001
13	13 A	0,001	0,003	0,001
21	21 A	0,005	0,047	0,035
54	54 A	0,013	0,087	0,022

Klasifikace stupně zasolení zdiva dle ČSN P 73 0610

	nízký		zvýšený
	vysoký		velmi vysoký

Klasifikace zasolení zdiva dle ČSN P 73 0610

Stupeň zasolení zdiva	Obsah solí ve zdivu					
	Chloridy Cl^-		Sírany SO_4^{2-}		Dusičnany NO_3^-	
	mg / g	% hm.	mg / g	% hm.	mg / g	% hm.
nízký	< 0,75	< 0,075	< 5	< 0,5	< 1,0	< 0,1
zvýšený	0,75 až 2,0	0,075 až 0,2	5 až 20	0,5 až 2,0	1,0 až 2,5	0,1 až 0,25
vysoký	2,0 až 5,0	0,2 až 0,5	20 až 50	2,0 až 5,0	2,5 až 5	0,25 až 0,5
velmi vysoký	> 5,0	> 0,5	> 50	> 5,0	> 5	> 0,5

**VLHKOSTNÍ PRŮZKUM ZDIVA
OBSAH VE VODĚ ROZPUSTNÝCH SOLÍ V CIHLÁCH
VÝSLEDKY CHEMICKÉ ANALÝZY**



Foto 1: Celkový pohled na oblouky 4 - 9



Foto 2: Celkový pohled na oblouky 10 - 15

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 3: Celkový pohled na oblouky 16 - 21



Foto 4: Celkový pohled na oblouky 50 - 55 (Hrabovská spojka)

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 5: Celkový pohled na oblouky 54 - 56 a pokračování viaduktu nad ulicí s vjezdem na autobusové nádraží Florenc (Hrabovská spojka)



Foto 6: Celkový pohled na oblouky za ulicí s vjezdem na autobusové nádraží Florenc (Hrabovská spojka) - nediodagnostikováno

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 7: Oblouk 1 (nediagnostikováno)



Foto 8: Oblouk 1 (nediagnostikováno)

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 9: Oblouk 2 (nediagnostikováno)



Foto 10: Oblouk 2 (nediagnostikováno)

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 11: Oblouk 3 (nediagnostikováno)



Foto 12: Oblouk 3 (nediagnostikováno)

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 13: Oblouk 5



Foto 14: Oblouk 5

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 15: Oblouk 5; cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu, odebrán vzorek 5 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 16: Oblouk 6

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 17: Oblouk 6



Foto 18: Oblouk 6

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 19: Oblouk 6; cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu, odebrán vzorek 6 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 20: Oblouk 7

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 21: Oblouk 7; cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu, odebrán vzorek 7 B pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 22: Oblouk 7; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 7 C a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 23: Oblouk 8



Foto 24: Oblouk 8

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 25: Oblouk 8; cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu, odebrán vzorek 8 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 26: Oblouk 8; charakter cihelného střepu vzorku 8 A

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 27: Oblouk 8; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 8 B pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 28: Oblouk 8; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 8 C pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 29: Oblouk 8; značka cihelny na vzorku 8 C



Foto 30: Oblouk 13

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 31: Oblouk 13; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 13 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 32: Oblouk 13; cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu, odebrán vzorek 13 B pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 33: Oblouk 14



Foto 34: Oblouk 14

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 35: Oblouk 14; cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu, odebrán vzorek 14 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 36: Oblouk 14; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 14 B pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 37: Oblouk 15 (nediagnostikováno)



Foto 38: Oblouk 15 (nediagnostikováno)

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 39: Oblouk 16



Foto 40: Oblouk 16

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 41: Oblouk 16; cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu, odebrán vzorek 16 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 42: Oblouk 16; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 16 B pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 43: Oblouk 16; charakter cihelného střepu v oblasti odběru vzorku 16 B (detail z předcházející foto)



Foto 44: Oblouk 19

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 45: Oblouk 19



Foto 46: Oblouk 19; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 19 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 47: Oblouk 20 (nediagnostikováno)



Foto 48: Oblouk 21; jediná zjištěná trhlina v oblouku
(z přístupných oblouků)

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 49: Oblouk 21



Foto 50: Oblouk 21

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)

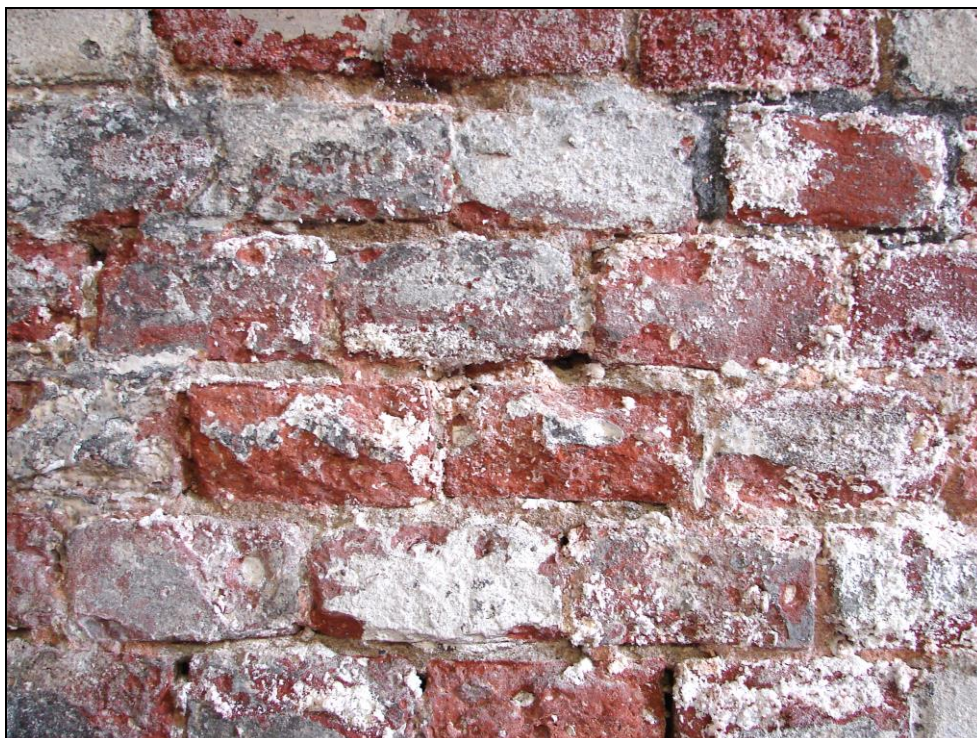


Foto 51: Oblouk 21; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 21 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 52: Oblouk 50

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 53: Oblouk 50



Foto 54: Oblouk 50; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 50 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)

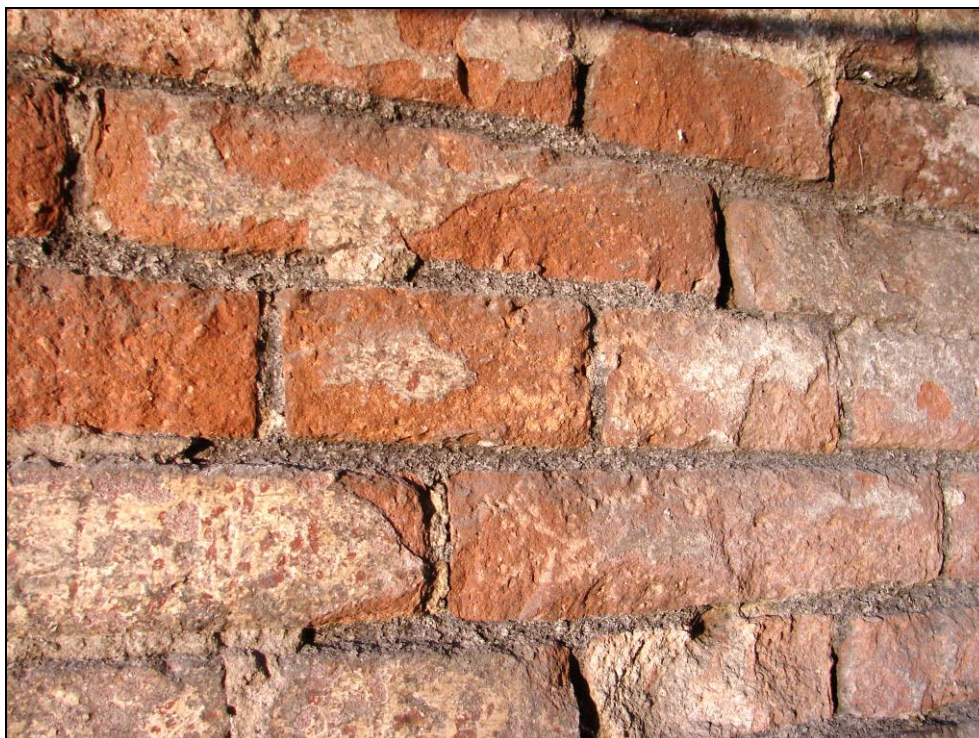


Foto 55: Oblouk 50; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 50 B pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku



Foto 56: Oblouk 50; místo 50 B, za spárováním byl zjištěn uhelný prach, z toho vyplývá, že se zde skladovalo uhlí, a že spárování bylo provedeno dodatečně

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 57: Oblouk 50; značka cihelny na vzorku 50 B, pravděpodobně Hergetova cihelna



Foto 58: Oblouk 52

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 59: Oblouk 52



Foto 60: Oblouk 52

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 61: Oblouk 52; cihly s vizuálně patrnou degradací povrchu, odebrán vzorek 52 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

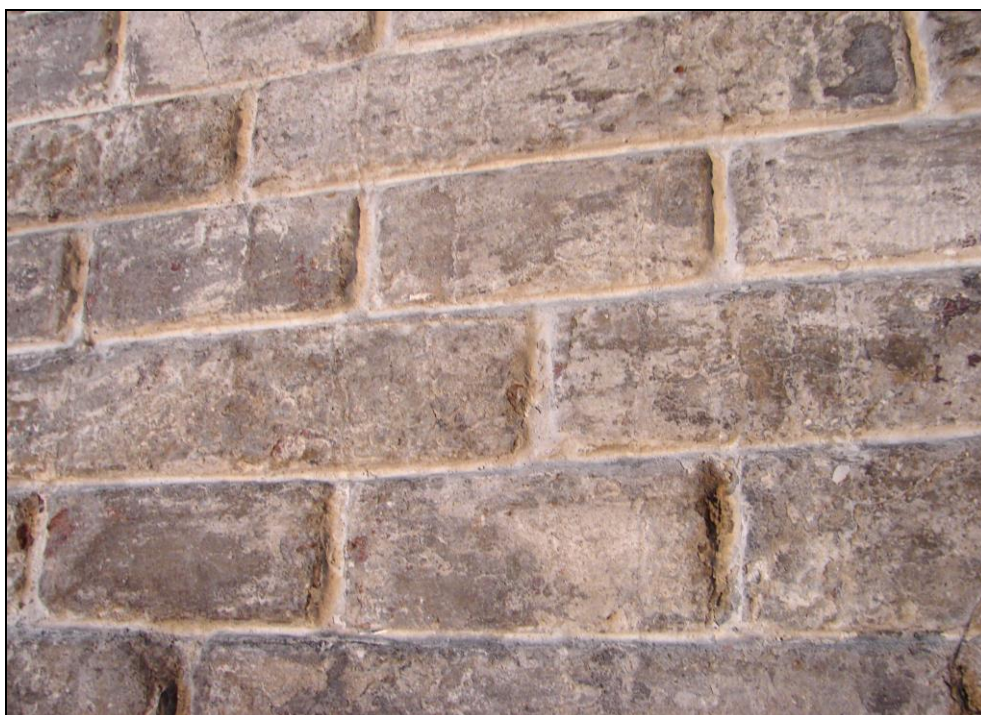


Foto 62: Oblouk 52; cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu, odebrán vzorek 52 B pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 63: Oblouk 54



Foto 64: Oblouk 54

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 65: Oblouk 54

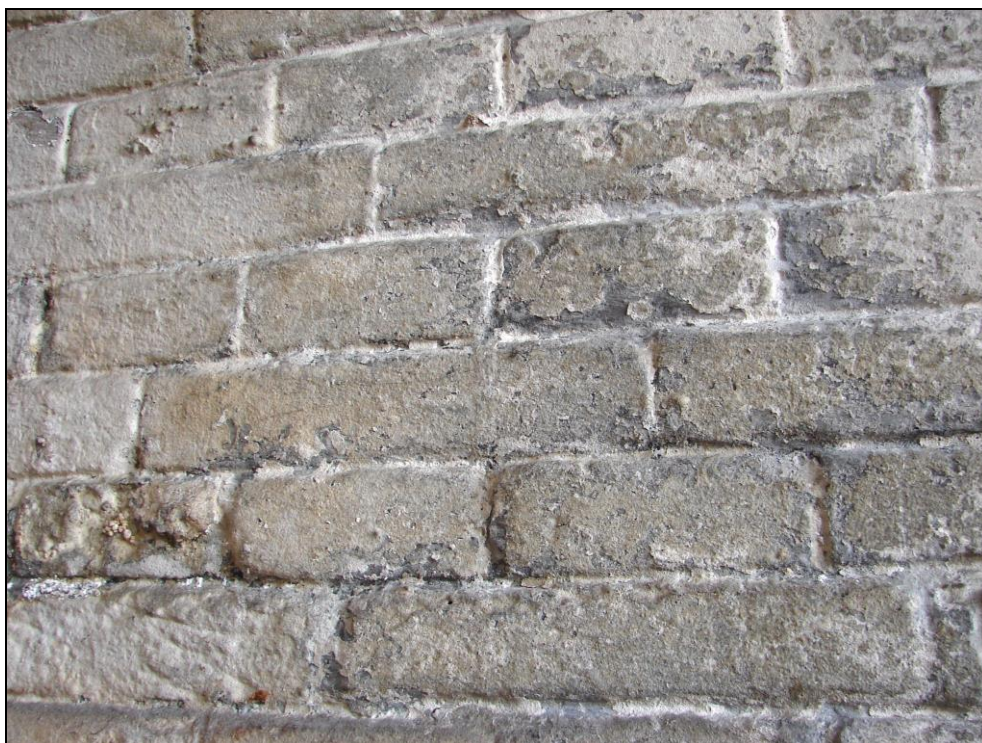


Foto 66: Oblouk 54; cihly bez vizuálně patrné degradace povrchu, odebrán vzorek 54 A pro destruktivní zkoušku pevnosti cihly v tlaku a provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti cihel a malty v tlaku

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 67: Odebrané vzorky cihel pro destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku
(vzorky 6 A, 7 A, 7 B, 7 C, 8 A, 8 B, 8 C)



Foto 68: Odebrané vzorky cihel pro destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku
(vzorky 5 A, 13 A, 13 B, 14 A, 14 B, 16 A, 16 B, 19 A, 21 A)

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Příloha 6 (pokračování)



Foto 69: Odebrané vzorky cihel pro destruktivní zkoušky pevnosti v tlaku
(vzorky 50 A, 50 B, 52 A, 52 B, 54 A)

Oblouk	KÚ ČVUT				SUDOP		
	Průměrná objemová hm. cihly vysušený stav [kg.m ⁻³] počet vzorků	Průměrná pevnost v tlaku [MPa]			Průměrná objemová hm. cihly vysušený stav [kg.m ⁻³] počet vzorků	Průměrná pevnost v tlaku [MPa]	
		Cihly destruktivní zk. vysušený stav f _c , des, s [MPa] počet zkoušek	Cihly nedestruktivní zk. akt. vlhkost kce f _c , nedes, w [MPa] počet zkoušek	Malta nedestruktivní zk. akt. vlhkost kce f _m , nedes, w [MPa] počet zkoušek		Cihly destruktivní zk. vysušený stav f _c , des, s [MPa] počet zkoušek	Malta destruktivní zk. vysušený stav f _m , des, s [MPa] počet zkoušek
5	1626 1	11,4 1	18,0 4	4,95 7	1603 12	10,3 12	10,12 1
6	1573 1	15,7 1	14,1 8	5,03 7	1621 1	10,0 16	2,87 3
7	1730 3	12,4 3	11,3 12	4,78 21	1611 11	11,2 11	
8	1638 3	11,7 3	11,9 12	3,44 21	1538 16	10,9 16	
14	1704 2	8,8 2	11,1 8	4,46 14	1590 9	6,6 9	
16	1655 2	13,7 2	10,5 9	5,41 14	1560 9	10,7 9	4,98 4
19	1385 1	11,9 1	10,3 4	3,89 14	1497 16	6,7 16	2,25 3
21	1579 1	10,2 1	12,4 4	2,97 7	1618 1	3,5 6	
50	1577 2	16,0 2	12,9 8	2,83 14	1676 13	11,0 13	
52	1672 2	18,4 2	11,9 8	2,69 14	1655 16	9,0 16	
54	1615 1	20,2 1	13,1 4	5,41 7	1672 8	12,7 8	
Vážený průměr průměrných hodnot	1637 19	13,4 19	12,2 81	4,07 140	1596 112	9,5 132	4,13 11

INFORMATIVNÍ POROVNÁNÍ MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK
S PODKLADEM [11]