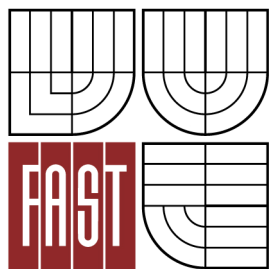




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

STAVEBNÍ PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA ZDĚNÉ KONSTRUKCE

SURVEY AND DIAGNOSTICS OF MASONRY CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

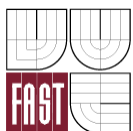
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTINA BAKEŠOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Martina Bakešová
Název	Stavební průzkum a diagnostika zděné konstrukce
Vedoucí diplomové práce	Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce	16. 1. 2015
V Brně dne 31. 3. 2014	

.....
prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

HOBST, L. a kol.: Diagnostika stavebních konstrukcí, knihovnicka.cz, 2005
CIKRLE, P. a kol. Diagnostické metody ve stavebnictví, modul M01. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2011.
SCHMID, P. a kol. Základy zkušebnictví, VUT v Brně FAST, CERM Brno
Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů. VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2002
ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
Materiály z archivu ústavu a školitele
Pume, D., Čermák, F. a kol.: Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Praha, Arch, 1993
Pytlík, P.; Sokolář, R.: Stavební keramika, CERM, 2002
Příslušné technické normy.
Výběr separátů z databáze ÚSZK k danému tématu.
Archiv historické literatury ÚSZK a školitele.

Zásady pro vypracování

Teoretická část: Rešerše literatury. Zpracování metodiky průzkumu a hodnocení konstrukcí z cihelného zdiva se zaměřením na historické zdící prvky a historické konstrukce.

Praktická část: Zpracování souboru historických zdících prvků odebraných v rámci stavebně technického průzkumu, stanovení jejich materiálových charakteristik. Stanovení následných zásad pro návrh stavebně technických průzkumů historického zdiva z hlediska výběru metod a četnosti zkoušek a zjištění možného vlivu zvolené metodiky průzkumu na výsledek statického posouzení konstrukce.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Cílem diplomové práce je vypracování stručného přehledu historického vývoje cihel, metodiky diagnostiky zděných konstrukcí a jejich aplikace v praktické části pro vyhodnocení stavebního průzkumu zděné konstrukce, prováděného na Filozofické fakultě, Masarykovy univerzity v Brně.

Klíčová slova

cihla, diagnostika cihel, historie cihel, podoba cihly, rozměry cihly, značkování, kolkování, negativní kolek, pozitivní kolek, pevnost cihel, zkoušky cihel, destruktivní metody, nedestruktivní metody, tvrdoměrné zkoušky, charakteristická pevnost zdiva, návrhová pevnost zdiva, stavební průzkum

Abstrakt.

The aim of my master's thesis is to develop a brief overview of the historical development of brick, diagnosis methodologies of masonry structures and their application in the practical part for evaluation of structural survey masonry, carried out at the Faculty of Philosophy, Masaryk University in Brno.

Keywords

brick, brickwork diagnostics, history of bricks, appearance of bricks, stamping, negative stamp, positive stamp, mechanical properties of masonry elements, testing bricks, destructive testing methods, non destructive testing methods, hardness testing methods, characteristic strength of masonry element, designing strength of masonry element, structural survey

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Martina Bakešová *Stavební průzkum a diagnostika zděné konstrukce*. Brno, 2014.
83 s., 43 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2015

.....
podpis autora
Bc. Martina Bakešová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat především mému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Ondřeji Antonovi, PhD. za poskytnutí spousty věcných rad a zkušeností, také za jeho ochotu a vstřícný přístup při vytváření diplomové práce.

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1. Cihla a její historický vývoj	11
2.1.1. Vývoj cihly od středověku k současnosti	11
2.2. Výroba cihel v minulosti	12
2.3. Změna podoby a rozměrů cihly	15
2.4. Značkování (kolkování) cihel	17
2.5. Pevnosti cihel a jejich vývoj	18
2.6. Metodika zkoušení cihlářských výrobků	20
2.6.1. Stanovení skutečných rozměrů (ČSN EN 771-1, ČSN EN 772 – 16)	20
2.6.2. Stanovení objemové hmotnosti (ČSN 72 2603, ČSN EN 771 – 1,	21
ČSN EN 772 – 13)	21
2.6.3. Stanovení nasákavosti (ČSN EN 772-7)	22
2.6.4. Stanovení pevnosti v tlaku (ČSN EN 772 – 1, ČSN 72 2605)	23
2.7. Stanovení pevnosti v tlaku zdicích prvků	25
2.7.1. Pevnost v tlaku zjištěná nedestruktivně – Schmidt LB	25
2.7.2. Pevnost v tlaku na vzorcích odebraných z konstrukce	26
2.8. Stanovení pevnosti v tlaku malty	28
2.9. Hodnocení existujících zděných konstrukcí	31
2.9.1. Charakteristická pevnost zdiva v tlaku	31
2.9.2. Návrhová pevnost zdiva v tlaku	31
2.10. Závěr teoretické části	32
3. PRAKTICKÁ ČÁST	33
3.1. Cíl průzkumu	33
3.2. Základní údaje a lokalizace zkoušené konstrukce	33
3.2.1. Historický vývoj objektu	35

3.3.	Typologie cihel.....	38
3.4.	Identifikace cihel.....	40
3.4.1.	Dodavatelé na stavbu sirotčince z roku 1871-1872.....	52
3.4.2.	Dodavatelé na stavbu sirotčince z roku 1905	53
3.5.	Zkoušky odebraných vzorků.....	54
3.5.1.	Stanovení skutečných rozměrů a objemové hmotnosti cihel.....	54
3.5.2.	Nové rozřídění vzorků	56
3.5.3.	Stanovení pevnosti v tlaku na polovinách cihel.....	57
3.5.4.	Stanovení krychelné pevnosti cihel v tlaku	59
3.5.5.	Stanovení pevnosti cihel v tlaku pomocí Schmidt LB.....	64
3.5.6.	Grafy porovnávající výsledné pevnosti cihel v tlaku.....	69
3.5.7.	Stanovení charakteristické a návrhové pevnosti zdiva v tlaku	71
3.6.	Závěr praktické části	74
4.	ZÁVĚR	76

1. ÚVOD

Tématem a zároveň hlavní řešenou problematikou diplomové práce je stavební průzkum a diagnostika zděné konstrukce.

Cílem diplomové práce je zpracování stručného přehledu vývoje cihel a cihelného zdiva a podrobná metodika diagnostiky konstrukcí z cihelného zdiva s jejím následným využitím pro zpracování praktické části.

První část diplomové práce je zaměřena na teorii. Tato část se věnuje zejména stručné historii cihel, jejímu vývoji, značení, technologii výroby, a v neposlední řadě také průběhu změn rozměrů a pevností vyráběných cihel v dobách minulých. Všechny tyto aspekty nám jsou schopny dopomoci ke správné diagnostice historické zděné konstrukce.

Dalším předmětem teoretické části je metodika průzkumu a hodnocení konstrukcí z cihelného zdiva se zaměřením na historické zdící prvky a historické konstrukce. Mezi důležité zkoušky pro zhodnocení historické zděné konstrukce patří především stanovení skutečných rozměrů cihel, objemové hmotnosti, nasákavosti a pevnosti cihel v tlaku destruktivně či nedestruktivně. S provedením těchto zkoušek budeme seznámeni v druhé půli teoretické části.

Druhou velkou kapitolou diplomové práce je praktická část. Zde se budeme zabývat zpracováním, vyhodnocením a stanovením materiálových charakteristik souboru historických zdících prvků, odebraných v rámci stavebně technického průzkumu na Filozofické fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Celý soubor cihel pochází z přelomu 19. a 20. století. Veškeré vyhodnocované zkoušky jsou předmětem teoretické části. Stěžejní částí pak bude vyhodnocení pevností v tlaku stanovených destruktivními i nedestruktivními metodami. Vzájemným porovnáním dílčích výsledků stanovíme pevnosti v tlaku jednotlivých sad vzorků cihel a na základě těchto výsledků také charakteristické a návrhové pevnosti zdiva.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Cihla a její historický vývoj

První ručně tvarovaná cihla a tedy i prvopočátek vzniku cihly datujeme na konci 9. až počátku 8. tisíciletí př.n.l. Měly polovypouklý tvar jako bochník chleba a uhněteny byly z hlíny. Spodní strana byla rovná a protilehlé strany seříznuté. Nejstarší doklad o používání hliněných cihel pochází z údolí Jordánu ve starobylém Jerichu, pro které je typický dekor "rybí páteře" vznikající při výrobě, kdy se materiál zhutňoval pomocí prstů. Postupem času se začínají objevovat cihly tvaru čtvercového, jelikož byly pro tehdejší stavby výhodnější a stabilnější, než cihla obdélníkového tvaru, jakou známe dnes. Jako spojovací materiál se používal asphalt a hlína.

I když pro stavebnictví byla vypouklá cihla velkým objevem, bylo zapotřebí její inovace. Na konci 6. tisíciletí př. n. l. byla vytvořena forma, díky níž dostala cihla svůj tvar i rozměr.

Dalším významným pokrokem byla výroba cihly pálené, které bylo jako první dosaženo v Mezopotámii. Výrazně se zlepšily její vlastnosti, cihla byla rázem tvrdší, pevnější a také odolnější. Výroba byla sice hodně pracná a nákladná, ale přesto často používaná. Místo malty se jako spojovací materiál používala hliněná mazanice.

Na začátku 1. století př. n. l. začali používat cihly pálené i v Římě. Hojně je využívali ke zdění různorodých konstrukcí, dokázali totiž maximálně využít všech jejich výhod. Věnovali se i jejich výrobě. Tu prováděly římské legie v mobilních pecích a byly následně rozšiřovány do celé Římské říše. Cihly se také často označovaly značkami legie, pod kterou se vyráběly.

Nejstarší popis výrobní techniky pochází z období dynastie Song, který je zapsán v příručce Yingzao Fashi. Obsahem této příručky byly shromážděné předpisy a standarty, které vydávala císařská kancelář pro řemeslníky, stavitele a architekty. Bylo zvykem, že mistr své výrobky označoval svou vlastní značkou. Pokud by byl nalezen špatný výrobek, mohl je kdokoliv navrátit zpět danému výrobcí. [26,28]

2.1.1. Vývoj cihly od středověku k současnosti

K největšímu rozšíření cihel došlo ve 12. století, a to ze severní Itálie do severního Německa. K vyvrcholení došlo v tzv. cihlové gotice, což je typ gotické architektury

rozšířené v severní Evropě.

V roce 1619 byl vynalezen stroj na formování cihel, ale přesto se většina cihel vyráběla stále ručně.

Koncem 18. století se začínají navrhovat normalizované cihly v Německu. U nás se v této době vyráběly cihly podobné rozměrům dnešním, a to ve velikostech 290 x 140 x 65 mm.

V 17. století zažily největší rozkvět tzv. vepřovice, což byly cihly nepálené. Pálené cihly byly v této době drahé, tudíž těžko dostupné. Objevují se zřídka, a to především v bohatších oblastech.



Obr 2. 1 Příklad nepálené cihly – tzv. vepřovice

Poté na nějaký čas cihlářská výroba ustála. Základním výrobkem byla cihla plná, které se mnohokrát změnily rozměry. O mnoho větší formáty, než je známe dnes, se nevyráběly. Problémem bylo následné sušení, vysoká hmotnost, manipulace apod.

V období průmyslové revoluce nastal další významný pokrok v cihlářství, byla objevena cihla lehčená, a to v roce 1813. Díky rychle se rozvíjejícímu průmyslu, přestala cihla plná stačit. Bylo zapotřebí zajistit rychlejší a levnější výstavbu. Po plné cihle se stala hlavním keramickým prvkem také cihla lehčená, která patří mezi základní prvky cihlových systémů dodnes. [26,28]

2.2. Výroba cihel v minulosti

Od dob starého Egypta se základní princip výroby cihel neměnil. Vyráběly se z jílovité hlíny s malým obsahem vápníku a vápenatého písku, nejčastěji tzv. spraše. Z této světlé hlíny se po smíchání s vodou stala plastická hmota, která byla zpracovatelná pomocí rukou.

Prvním důležitým úkolem bylo odstranění veškerých nečistot, které zůstaly v materiálu. Následně se hlína nechávala odležet a poté se do ní přidávalo ostřivo. K nejčastěji používaným ostřivům patřil křemičitý písek. Obvykle byl smícháván s cihlářskou hlínou, a to v poměru 1:4. Ostřiva snižovala možnost deformací během vypalování a sušení, regulovala odběr vlhkosti z materiálu, docházelo k redukci tlaku zplodin uvnitř cihel a bylo sníženo riziko praskání. Organická ostřiva snižovala hmotnost výsledné cihly, čímž docházelo k úsporám materiálu (cihlářské hlíny) při jejich výrobě.

Cihlářská směs byla zapracována do dřevěných forem, které se prvotně vyráběly jako dřevěný rám, později již měly i dno. Od 19. století byly používány také formy plechové. Během výroby cihly docházelo k teplotnímu smrštění, forma byla proto vyráběna o 8 mm větší, než byl rozměr hotového tvaru cihly. Daná forma (taktéž nazývaná kadlub) se uvnitř navlhčila vodou, posypala jemným pískem a vyplnila daným množstvím cihlářské hlíny. Důležité bylo řádné vyplnění všech rohů formy. Horní plocha byla zarovnána s okrajem formy. Objevovaly se stopy podélného hlazení prsty, tzv. prstování. Později docházelo k zarovnání horní plochy v různých oblastech jiným náčiním. [26]



Obr 2. 2 Typický příklad dvojité dřevěné formy užívané při ruční výrobě cihel



Obr 2. 3 Středověké cihly velkého formátu, tzv. buchta s prstováním



Obr 2. 4 Skladování dřevěných forem v cihelně [25]

Na předem připravenou dřevěnou desku, posypanou senem nebo pískem, byla forma obrácena a sejmuta. Na desce zůstala pouze měkká surová cihla. Cihly se musely zanechat ve stinném a dobře větraném místě, a to po dobu několika týdnů až měsíců. Zde docházelo k vysychání. Cihly se ukládaly většinou do stojací pozice, především kvůli úspoře místa v sušárně, což se nazývalo tzv. štorcování.



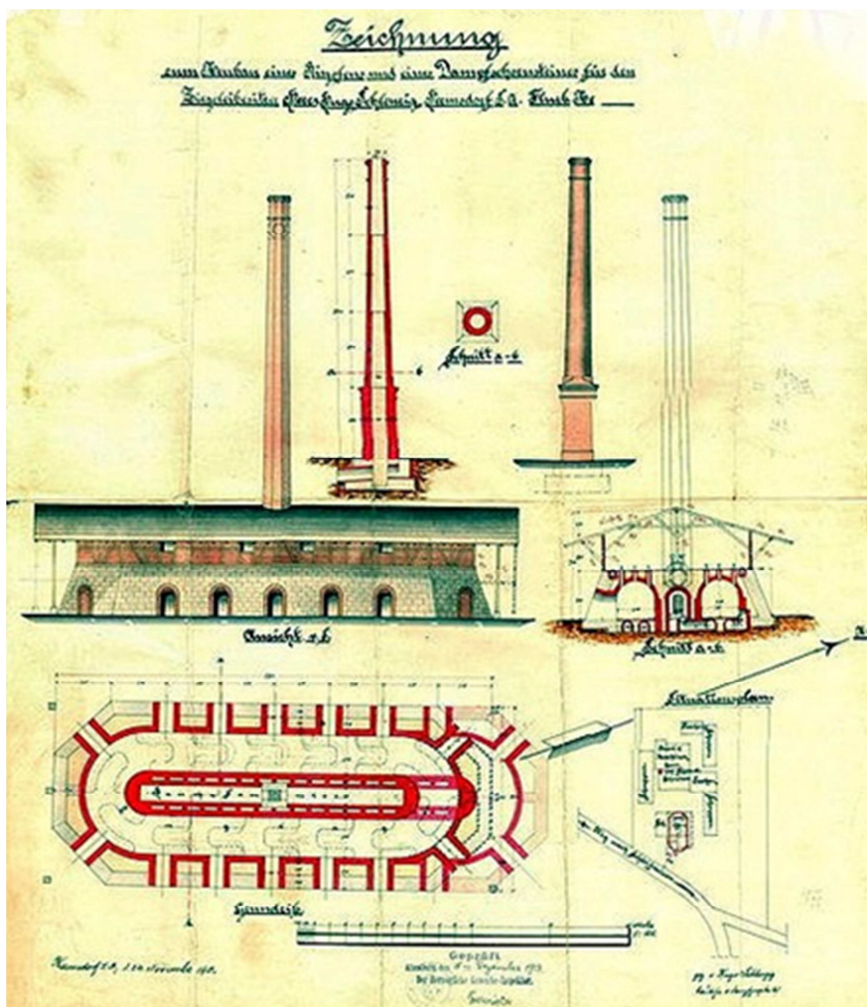
Obr 2. 6 Zarovnávání vyplněné formy s okrajem [24]



Obr 2. 5 Příklad čerstvé, vysušené a vypálené cihly [25]

Po týdnech až měsících sušení byly cihly umístěny do pece. Do pece se cihly vkládaly na zděné lavice či perforovanou podlahu, aby na ně plameny nešlehaly přímo. Po zapálení ohně v peci bylo hoření tlumené, z cihel se začala odpařovat vlhkost. Dým, vycházející z pece, byl mastný a měl specifický zápach. Dosoušení v peci trvalo několik dní. Jakmile se dým změnil na suchý a plameny byly bílé, začal vlastní výpal. Teplota v peci byla postupně zvyšována až na 800–900°C. Jakmile pec vychlázla, cihly byly vyjmuty a následně ihned přebrány. Nedokonalé a popraskané kusy musely být vyřazeny. Většinou se nedalo docílit, aby cihly v dané várce byly stejné kvality a barvy. Podíl na tom měla zejména vzdálenost umístění cihel od středu ohniště.

Postupem času se ve větších cihelnách setkáváme s tzv. kontinuálním výpalem pomocí Hoffmannovy kruhové pece. Zde už se však jedná o strojovou výrobu cihel, kde se již ruční formy nepoužívaly. Cihly z těchto cihelen byly dokonale tvarované, ale většinou bez kolků, kterých se dříve užívalo. Vývoj technologie šel stále kupředu a tak stroje postupně převzaly většinu ruční práce ve všech fázích cihlářské výroby, počínaje těžbou a promícháním suroviny přes lisování a formování cihel až po teplovzdušné sušení cihel a vysoce produktivní kruhové pece. Všechny tyto modernizace umožnily mnohonásobné zvýšení objemu výroby. Cihla se tak stala nejpoužívanějším stavebním materiálem u nás. [28]



Obr 2. 7 Plán Hoffmanovy kruhové pece z roku 1907 [11]

2.3. Změna podoby a rozměrů cihly

Unifikace rozměrů cihel v habsburské monarchii byla nejvíce zřetelná ve Vídni a Dolních Rakousích. Postupem času se začalo brát v úvahu, zda má cihla nějaký určitý rozměr i po výpalu. Forma pro výrobu svůj rozměr měla, avšak se neuvažovalo s tím, že rozměr cihly se po vypálení zmenší.

Ve Vídni byly rozměry cihel definovány už 6. září 1686 císařem Leopoldem I., kdy byl zhotoven cechový model. Míry byly stanoveny v dolnorakouských palcích, 1 palec = 2,634 cm. Cihly zdice měly rozměr: $11 \frac{1}{2} \times 5 \frac{1}{4} \times 2 \frac{1}{2}$, klenačky: $9 \frac{3}{4} \times 6 \frac{1}{2} \times 3$, tašky: $16 \times 7 \times \frac{2}{3}$ palce. Od roku 1781 mohli cihláři zhotovovat cihly odlišných rozměrů pouze na základě písemné smlouvy se zákazníkem.

První směrnice vydaná pro celou monarchii, která uváděla rozměry cihel, byla vydána ve Vídni 31. března 1788. Dle této směrnice měla mít cihla zdice rozměr 12 x 6 x 3 palce, klenačka 9 ½ x 7 ½ x 3 palce, dlaždice měla mít šířku minimálně 2 palce, střešní taška měla být minimálního rozměru 14 x 7 palců. V pozdější všeobecné instrukci pro rozpočty z roku 1831 se rozměry o něco zmenšily. Následný rozměr činil 11 x 5 ½ x 2 ¾ palce.

Definitivně stanovené rozměry cihel na Moravě byly uvedeny až 17. srpna 1810 v Cirkuláři Moravsko-Slezského gubernia. Míry po vypálení byly stanoveny na rozměr 11 ½ x 5 ¾ x 2 ¾ palce.

V Čechách byly ustanoveny guberniálním nařízením z 11. července 1839 rozměry cihel následovně: pevnostnice – fortifikační cihly na 12 x 6 x 3 palce, zdice obyčejné na 11 ½ x 5 ½ x 2 ½ palce, klenačky na 10 x 7 x 2 palce, obkladačky na minimální šířku 2 palce, tašky na 14 x 7 x ½ palce. Ostatní cihly, například na římsy apod. měly mít rozměr dle potřeby, avšak podložené objednávkou pro případnou kontrolu. Současně bylo předepsáno razit na cihly značku výrobce (cihelny).

V potaz se také brala různorodost cihlářské hmoty, od které se odvíjelo rozdílné zmenšení, a proto bylo cihelnám dovoleno mít různé typy forem. Výroba cihel starých rozměrů byla povolena do konce roku 1840.

Dne 14. 4. 1883 v rámci metrologické reformy bylo dosaženo zcela unifikovaného rozměru cihel. Byl stanoven na 290 x 140 x 65 mm. Opustilo se od měr v palcích, čímž zanikla dosavadní roztříštěnost jednotek a rozměrů.

Pro toto období je typické tzv. kolkování. Na dno formy byla umístěna reliéfní raznice, která po odstranění formy vytvořila negativní reliéf – kolek. Kolky nebyly nijak dané či předepsané, vše záleželo pouze na majiteli cihelny. Nejčastěji používané byly iniciály samotného majitele či název cihelny. Objevovaly se i propracované kolky v podobě erbů a symbolů nebo také naopak kolky jednoduché ve formě malé značky. Často byly doplněny o nějaké číslo, které s největší pravděpodobností označovalo číslo sady nebo pracovní skupinu. [8]

2.4. Značkování (kolkování) cihel

Značky na cihlách se objevovaly už v dobách římského impéria. Prvotní kolky byly považovány za označení kvality cihel z dané cihelny. Postupem času kolky převzaly panské a královské cihelny, kde se jednalo o mocenskou propagandu daného šlechtického rodu. V 19. století sloužily značky jednotlivých cihelen v tržním prostředí jako taková levná reklama. Hovoří se také o tom, že prvotně značky cihel sloužily k evidenci roční bilance cihelny.

Nejčastěji používanými značkami na cihlách jsou různé kombinace písmen nebo číslic. Čísla obvykle vytváří letopočet nebo také označují výrobní fázi souboru cihel. Písmena jsou často iniciály majitele cihelny, taktéž mohou označovat lokalitu cihelny nebo dělníka, který várku zpracovával. Do iniciál byly mnohdy zahrnuty i šlechtické tituly, církevní údaje aj., což často komplikuje identifikaci. Iniciály byly nejčastěji uváděny v latině a němčině. U panských (šlechtických) cihelen se užívalo i různých znaků a vlastních erbů.

Rozeznáváme dva základní typy značek, a to pozitivní a negativní.

Pozitivní značky vznikají tak, že na dno formy neboli matrice se daný znak vyryje v zrcadlové formě. Po vyklopení surové cihly z formy, tato značka zůstává na čelní straně cihly, ze které jakoby vystupuje. U pozitivních kolků je běžným jevem nesprávné zobrazení a provedení znaku či číslice, jelikož zrcadlové zobrazení nebylo úplně správně pochopeno.



Obr 2. 8 Ukázka pozitivního kolků - cihla z prostoru obce Šatov, okres Znojmo, 18. Století

Negativní značky se vytvářely tak, že se na dno cihlářské formy umístily kovové lišty s nasazenými kovovými štočky, na kterých byly vyvedené znaky představující značku. Po vyklopení surové cihly z formy, vznikla negativní značka, která byla oproti pozitivní vstupující (zarytá) do hmoty cihly. Tyto značky se taktéž mohly provádět i dodatečně.



Obr 2. 9 Ukázky negativních kolků - cihly ze sbírek Ústavu stavebního zkušebnictví VUT v Brně

Značky (kolky) pozitivní jsou vývojově starší než kolky negativní. Ve středoevropských cihelnách se v 19. století již užívalo negativních značek tvořených pomocí štočku. Pozitivní značky se vyskytují ojediněle a to ještě i na začátku 20. století. [26]

2.5. Pevnosti cihel a jejich vývoj

V 19. století se pevnost cihel označovala přímo v názvu. Po roce 1900 se začaly pevnosti cihel kontrolovat pomocí pevnostních zkoušek. Na základě těchto zkoušek bylo upřesněno jejich názvosloví.

Na konci 20. století se sortiment cihel v Československo stabilizoval. Roku 1931 byla vyhlášena platnost norem pro dodávání a zkoušení plných pálených cihel. Vyráběly se v tzv. velkém formátu o rozměru 290 x 140 x 65 mm a dále také v malém formátu o rozměru 250 x 120 x 65 mm. Pevnost cihel v tlaku se určovala na krychlích o hraně 50 mm. Vzorčky byly vyříznuty ze střední a krajní části cihel.

Na konci 30. let se zavedlo určování pevnosti cihel v tahu za ohybu. Pevnost v tlaku se určovala na dvou půlkách cihel, které byly uloženy na sebe a vzájemně spojeny maltou v ložné spáře.

V období od roku 1953 do současnosti dochází k největším změnám v sortimentu, rozsahu a způsobech použití cihlářských výrobků. Pálené cihly i tvarovky se používaly a používají ve stěnových dílcích i v monolitických svislých zděných konstrukcích.

Nejdůležitější údaje o cihlách, jako je označení, objemová hmotnost, pevnost v tlaku bylo možno čerpat z tabulek výpočtových pevností v tlaku různých druhů zdiva ve dvou normách: ČSN 73 1101-87 Navrhování zděných konstrukcí a ČSN 73 1103-88 Navrhování stěnových keramických dílců. Tyto normy obsahují i seznamy ČSN – materiálové listy jednotlivých druhů cihel a tvarovek, vyráběných v současnosti. Zároveň s vývojem cihlářských výrobků se také rozvíjely zkušební postupy pro stanovení jejich vlastností.

Následně se pro cihlářské výrobky užívané pro stěnové svislé konstrukce, začal používat soubor norem ČSN 72 26 Cihlářské pálené výrobky. Norma má dvě části. První část jako materiálové listy, druhá část jako zkušební normy. Nejdůležitější normy z hlediska výpočtů zděných konstrukcí jsou uvedeny v seznamu norem ČSN 73 1101.

V současné době dochází k souběžné platnosti starých norem ČSN a nových norem ČSN EN. Tyto normy se v některých detailech liší. [5]

2.6. Metodika zkoušení cihlářských výrobků

2.6.1. Stanovení skutečných rozměrů (ČSN EN 771-1, ČSN EN 772 – 16)

Podstata zkoušky, měřené a stanovené veličiny:

Určení skutečných rozměrů cihel. Porovnáním je můžeme zařadit do příslušné kvalitativní kategorie.

Měřené a stanovené veličiny:

l_u délka měřeného vzorku s přesností na 0,5 mm

b_u šířka měřeného vzorku s přesností na 0,5 mm

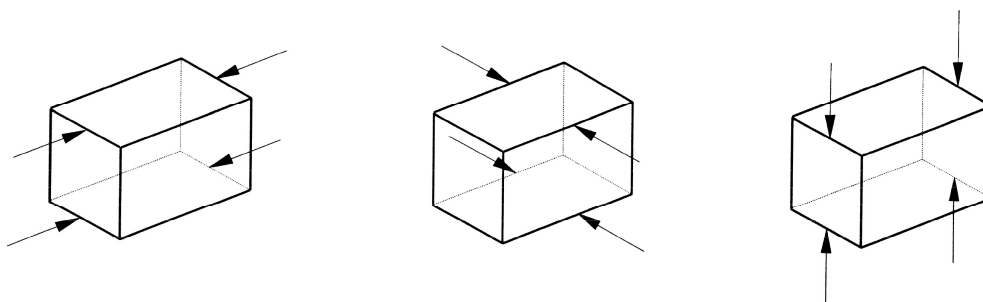
h_u tloušťka měřeného vzorku s přesností na 0,5 mm

Zkušební zařízení a pomůcky:

Posuvné měřítko

Postup zkoušky:

Před začátkem měření je třeba očistit hrany, případně i plochy zkušebních vzorků a zbavit je větších výčnělků, které by mohly překážet měření. Posuvným měřítkem změříme základní rozměry cihly (délku l_u , šířku b_u , tloušťku h_u) na všech čtyřech plochách. Měření provádíme vždy na spojnici středů protilehlých hran. Pro každý rozměr provedeme 2 měření a následně vypočteme jejich aritmetický průměr s přesností na ± 1 mm.



Obr 2. 10 Místa měřených rozměrů dle ČSN EN 772 - 16

Vyhodnocení:

Výrobce musí deklarovat rozměry páleného zdícího prvku v pořadí: délka, šířka a výška. Jako deklarované rozměry se uvádí jmenovité rozměry. Výrobce musí také deklarovat, které kategorii tolerancí vyráběné zdící prvky vyhovují. [7,9,12,13]

Tab 2. 1 Tolerance – kategorie dle mezních odchylek od jmenovitých rozměrů odvozené z ČSN EN 771 – 1 pro prvky LD

Vnější vlastnosti		Kategorie				
Mezní odchylky jmenovitých rozměrů [mm]	Jmenovité rozměry [mm]	T1	T1+	T2	T2+	Tm
	290	±7	±7	±4	±4	>7
	140	±5	±5	±3	±3	>5
	65	±3	±1	±2	±1	>3

2.6.2. Stanovení objemové hmotnosti (ČSN 72 2603, ČSN EN 771 – 1, ČSN EN 772 – 13)

Podstata zkoušky, měřené a stanovené veličiny:

Objemová hmotnost cihlářského výrobku je hmotnost jednotkového objemu vzorku, včetně pórů a dutin v něm obsažených. Zjišťuje se dvojím měřením, a to buď měřením rozměrů a vážením u pravidelných těles nebo hydrostatickým vážením u nasáknutých těles nepravidelného tvaru. Hmotnost vzorku se určuje v suchém stavu.

Měřené a stanovené veličiny:

- m hmotnost výrobku ve stavu vysušeném v kg
- l, b, h průměrné rozměry výrobku v m
- V průměrný objem výrobku v m³
- ρ_v objemová hmotnost výrobku v kg/m³

Zkušební zařízení a pomůcky:

- Váhy potřebné váživosti s přesností 0,01%
- Sušička umožňující regulování teploty v rozmezí (105 ± 5) °C
- Posuvné měřítko

Zkušební postup:

U vzorků pravidelného geometrického tvaru je možno objem vypočítat z průměrných hodnot vnějších rozměrů, určených ze sady 10 kusů vzorků. Vzorek vysušíme při teplotě 105°C do ustálení hmotnosti. Vysušený vzorek zvážíme a z naměřených hodnot vypočítáme průměrný objem V v m³ na 4 platná čísla.

Objemovou hmotnost výrobku ρ_v v kg/m³ vypočítáme ze vzorce:

$$\rho_v = \frac{m}{V}$$

Vyhodnocení:

Objemovou hmotnost výrobku zaokrouhlíme na 3 platná místa. U současně užívaných výrobků vzorek zatřídíme dle kritérií ČSN EN 771 – 1 v části Specifikace pálených prvků, kde je dán maximální rozdíl mezi objemovou hmotností prvku a hodnotou deklarovanou výrobcem. [7,9,12,14,16]

2.6.3. Stanovení nasákavosti (ČSN EN 772-7)

Podstata zkoušky, měřené a stanovené veličiny:

Nasákavost udává množství vody pohlcené vzorkem za stanovených podmínek v % hmotnosti vysušeného vzorku (poměr hmotnosti vody ku hmotnosti suchého vzorku vynásobený 100 %).

Měřené a stanovené veličiny:

m_n	hmotnost nasyceného vzorku v g
m_s	ustálená hmotnost vysušeného vzorku v g
W_s	nasákavost varem zkušební vzorku (zdícího prvku) v %

Zkušební zařízení a pomůcky:

- Sušička umožňující regulování teploty v rozmezí 105 – 110°C
- Váhy potřebné váživosti s přesností na 0,01%
- Stejně váhy uzpůsobené pro vážení ve vodě
- Převařená pitná voda o teplotě 20 ± 2°C
- Nádoba na vodu potřebné velikosti
- Nasákavá tkanina

Zkušební postup:

Nasákavost se zjišťuje na 5 celých vzorcích vysušených při 105°C – 110°C. Po ochlazení na pokojovou teplotu vzorky zvážíme a postavíme nejmenší plochou na dno nádoby naplněné destilovanou nebo pitnou vodou tak, aby se vzájemně nedotýkaly. Hladina vody musí být minimálně 50 mm nad povrchem vzorků. Během 1 hodiny uvedeme vodu v nádobě do varu, ve kterém ji udržujeme další 4 hodiny. Po dokončení tohoto procesu necháme vzorky stále v nádobě s vodou, až do vychladnutí v rozmezí 16–24 hodin. Po vyjmutí vzorků z nádoby je otřeme vlhkou tkaninou a do 5 minut od vytažení je zvážíme.

Nasákavost W_s v % každého vzorku zvlášť vypočítáme podle vzorce:

$$W_s = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100$$

Vyhodnocení:

Nasákavost výrobku zaokrouhlíme na jedno desetinné místo a vyjádříme v %. [7,9,17]

2.6.4. Stanovení pevnosti v tlaku (ČSN EN 772 – 1, ČSN 72 2605)

Podstata zkoušky, měřené a stanovené veličiny:

Zkouší se buď celý výrobek, nebo 2 zlomky po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Zkoušené vzorky, připravené podle potřeby, se uloží dostředně na tlačnou desku zkušebního lisu. Opatrně zatížíme tak, aby jeho horní tlačná deska opatřená kulovým kloubem dosedla na celou plochu vzorku. Rovnoměrně rozdělené zatížení působící na vzorek se zvyšuje plynule až do porušení vzorku.

Měřené a stanovené veličiny:

- F nejvyšší zatížení při porušení celého vzorku v N
- F_1, F_2 nejvyšší zatížení při porušení každého ze zlomků v N
- l délka původního vzorku v mm
- b šířka původního vzorku v mm
- A tlačná plocha vypočtená ze změřených rozměrů původního vzorku v mm^2

Přístroje a zařízení:

- Posuvné měřítko
- Hydraulický lis potřebného rozsahu

Zkušební postup:

Postupně oba zlomky ze zkoušky pevnosti v tahu za ohybu vložíme dostředně na dolní tlačnou plochu lisu a plynule zvyšujeme zatížení až do porušení vzorku. Zaznamenáme obě dosažené nejvyšší zatěžovací síly F_1 , F_2 v N.

Pevnost v tlaku σ_{pd} v N/mm² vypočítáme podle vzorce:

$$\sigma_{pd} = \frac{F}{A} = \frac{F_1 + F_2}{A}$$

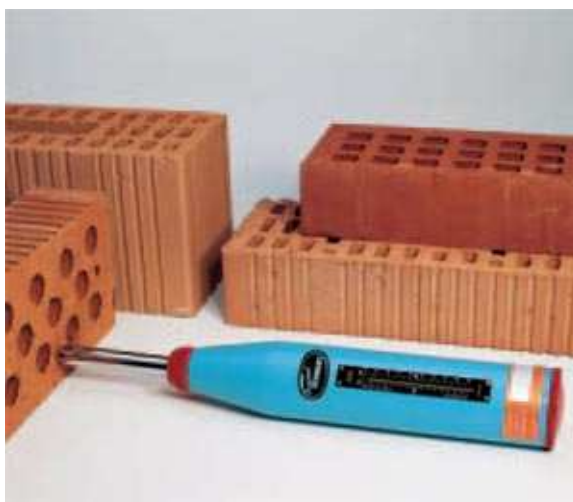
Vyhodnocení:

Pevnost v tlaku σ_{pd} zaokrouhlíme na nejbližší 0,1 N/mm². [7,9,15,18]

2.7. Stanovení pevnosti v tlaku zdicích prvků

2.7.1. Pevnost v tlaku zjištěná nedestruktivně – Schmidt LB

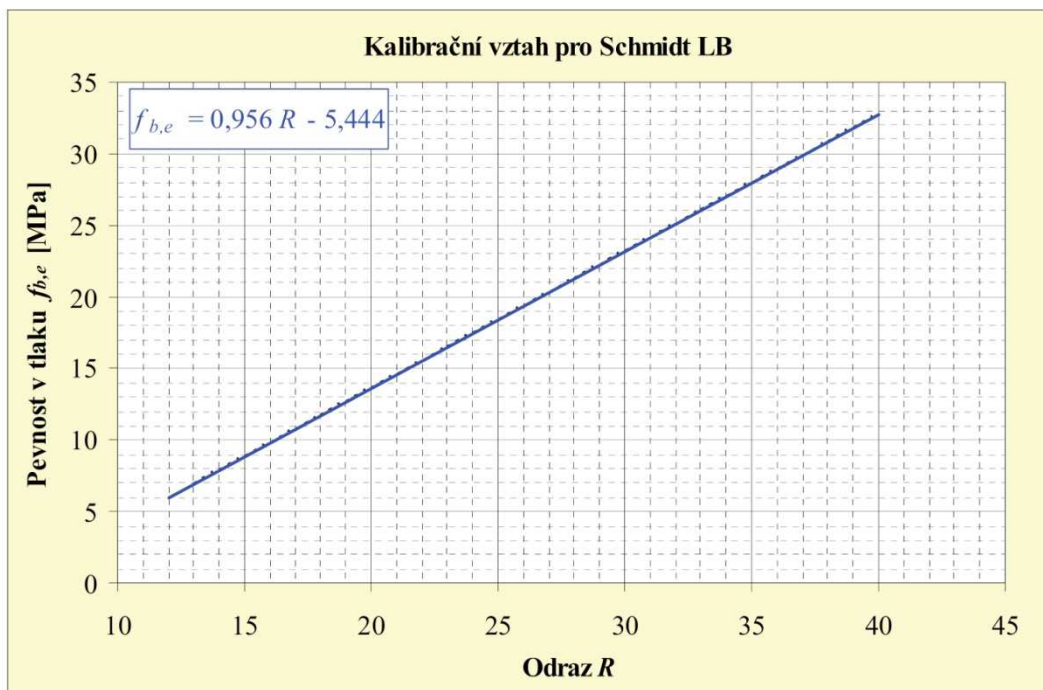
Tvrdoměrné metody zkoušení cihel jsou modifikací metod používaných pro beton. Z odrazových tvrdoměrů byl pro účely zkoušení cihelných zdicích prvků vyvinut typ Schmidt LB (Obr 2.11). Zásadním rozdílem oproti tvrdoměru Schmidt L, který je používán na beton, je jen výrazně menší poloměr kulové plochy razníku. Razník na typu Schmidt LB je zakulacený. V normách jsou uvedeny pouze kalibrační vztahy pro beton. Pro cihly bylo vytvořeno několik různých kalibračních vztahů pro nové i staré cihly.



Obr 2. 11 Tvrdoměr Schmidt LB [27]

Provádění a vyhodnocení zkoušek pevnosti v tlaku cihel tvrdoměrem Schmidt LB je téměř totožné s metodikou pro Schmidt L na beton (kalibrační vztah je odlišný).

Na obroušeném povrchu cihly se provede minimálně 5, optimálně však 10 měření odrazu. Hodnota jednotlivých platných měření se nesmí lišit od aritmetického průměru všech měření na stejném zkušebním místě více než o $\pm 20\%$. Hodnoty odrazů, které vybočují z těchto mezních odchylek, se vyloučí a ze zbývajících platných měření, kterých musí zůstat alespoň 5, se vypočítá nový aritmetický průměr odrazů R . Tato hodnota se použije pro výpočet pevnosti v tlaku $f_{b,e}$ dle kalibračního vztahu.



Obr. 2. 12 Kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku starých plných pálených cihel z hodnoty odrazu měřené tvrdoměrem Schmidt LB [27]

Jelikož se vztah mezi pevností v tlaku a tvrdostí cihel může lišit dle lokality a také podle vlastností povrchu zdiva, je nutné obecný kalibrační vztah mezi tvrdostí a pevností v tlaku vždy upřesnit součinitelem upřesnění α . K upřesnění vztahu nám slouží celé zdicí prvky vyjmuté z konstrukce, které před rozdrcením upneme v lisu a zkusíme pomocí tvrdoměru. [27]

2.7.2. Pevnost v tlaku na vzorcích odebraných z konstrukce

Pevnost v tlaku zdicích prvků se určuje podle ČSN EN 772-1 jako průměrná pevnost v tlaku stanoveného počtu vzorků celých zdicích prvků. Minimální počet vzorků je 6. V případě diagnostiky zděných konstrukcí se tento počet upravuje dle velikosti konstrukce. Norma připouští i zkoušení reprezentativní části zdicích prvků, zejména v případě větších prvků. Tato reprezentativní tělesa, např. krychle se mají vyřezat z různých míst, a to na okraji a uvnitř příslušného prvku. V tomto případě se počet zkušebních těles zvyšuje.

Pevnost v tlaku zdicích prvků, uvažovaná při návrhu, je normalizovaná pevnost v tlaku f_b .

Normalizovaná pevnost v tlaku se získá přepočtem pevnosti zdicích prvků na pevnost ve stavu přirozené vlhkosti (6 ± 2) %. Vynásobí se součinitelem vlivu výšky a šířky zdicích prvků δ (Tab 2.2). Normalizované zkušební těleso má rozměr 100×100 mm.

Tab 2. 2 Součinitel vlivu výšky a šířky zdicích prvků

Výška zdícího prvku [mm]	Nejmenší vodorovný rozměr prvku [mm]				
	50	100	150	200	>250
50	0,85	0,75	0,70	0,70	-
65	0,95	0,85	0,75	0,75	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,90	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,10	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,25	1,10
>250	1,55	1,45	1,35	1,35	1,15

Pozn.: Mezi jednotlivými hodnotami je možná interpolace.

Přepočet pomocí součinitele δ se použije i v případě stanovení pevnosti v tlaku zdicích prvků nedestruktivním způsobem tvrdoměrem Schmidt LB, jelikož kalibrační vztahy byly vytvořeny pro celé plné pálené cihly. [27]

2.8. Stanovení pevnosti v tlaku malty

Pro stanovení pevnosti resp. jejího odhadu v tlaku malty ve spárách lze užít několika metod. V praxi se ovšem setkáváme s metodou upravené vrtačky, která je nejčastěji používána.

Druhy upravených vrtaček pro zjištění pevnosti malty ve spárách

Pro zkoušení malty ve spárách zdiva byla v pražském Technickém a zkušebním ústavu stavebním upravena ruční vrtačka, známá jako „Kučerova vrtačka“. Metoda je založena na vzájemném statisticky významném vztahu mezi pevností malty ve spárách a odporem malty proti vnikání vrtáku při příklepovém vrtání touto vrtačkou s danými parametry. Proti běžné ruční vrtačce je zde navíc příklep, počítadlo otáček a tlačná pružina v opěrce o předepsané tuhosti, pomocí níž je zajištěn předepsaný přítlak. Mírou odporu malty je pak hloubka vrtu vrtákem do zdiva o průměru 8 mm.

Metoda se stala oblíbenou a hojně užívanou i přes fyzickou namáhavost. Načež TZÚS Praha vyvinul nový typ elektrické vrtačky s označením PZZ 01.



Obr. 2.13 Vrtačky pro zkoušení malty ve spárách
(ruční a elektrická PZZ 01) [27]

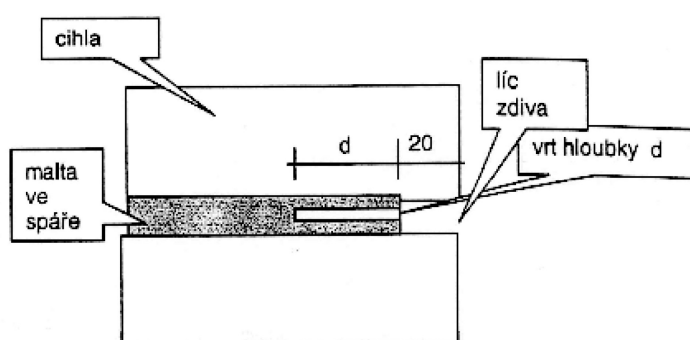
Jako pohonná jednotka byla u inovovaného typu zkušebního přístroje PZZ 01 použita pro snadnější obsluhu AKU vrtačka. Na stavitelném kroužku funkčního nástavce v přední části vrtačky se přednastaví stupeň předpokládané pevnosti zkoušeného materiálu podle zkušebního předpisu pro příslušnou zkoušku. Tím je automaticky nastaven příslušný počet otáček zkušebního vrtáku, po jejichž provedení se vrtačka automaticky vypne. Definovaný přítlak na zkušební vrták je dán tlakem pružiny, jehož rozmezí je mechanicky aretováno. Byl změněn rovněž průměr vrtáku na 6 mm, což výrazně zlepšilo použitelnost metody z hlediska tloušťky spár. [26]

Zkušební postup pro upravené vrtačky

Zkušební postup je prakticky shodný pro oba typy upravených vrtaček, liší se pouze kalibrační vztahy. Zkušební místo se volí na tlačných prvcích (sevření spáry).

Úprava zkušebního místa:

Pokud je zdivo omítnuto, odstraní se omítka na ploše cca 200 x 150 mm tak, že ložné spáry jsou přibližně v podélné ose upravené plochy. Při zkoušce malty se malta v jedné ložné spáře vyseká, resp. vyškrábe vhodným nástrojem přibližně 20 mm za líc zdiva z důvodu odstranění omítky a zkarbonatované vrstvy.



Obr. 2. 14 Umístění vrtu ve spáře zdiva (řez zdivem) [27]

Při zkoušce malty se v upravené ložné spáře provedou tři vrty ve vzájemných vzdálenostech cca 40 mm a minimálně 50 mm od případné hrany zdiva.

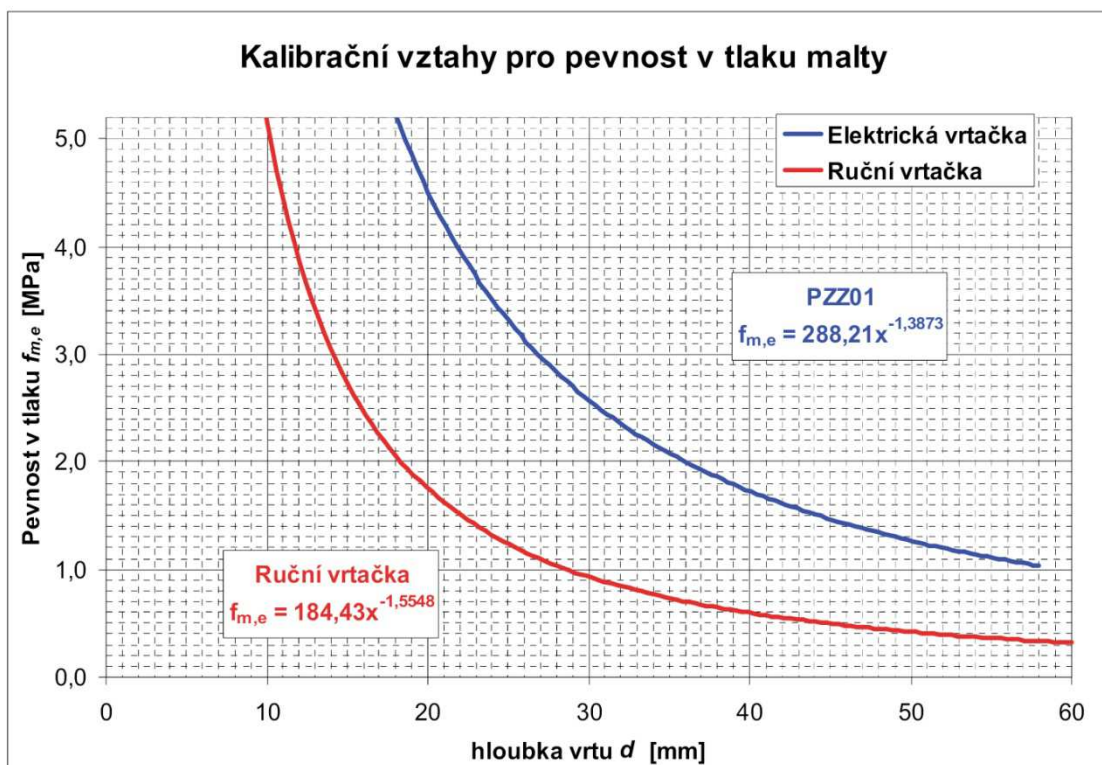
Při použití obecných kalibračních vztahů se vrty provedou při nastavení stupnice na 25 otáček (ruční vrtačka), respektive na stupeň 1 (vrtačka PZZ 01). V případě použití specifických kalibračních vztahů se nastavení provede na stupeň, který byl použit při kalibraci pro daný materiál.

Hloubka vrtu se změří hloubkoměrem. Jako platné měření se uvažuje hloubka vrtu d , která se neliší od průměrné hloubky d_m ze všech tří vrtů o více než 30 %.

Pokud kritériu nevyhovují dva z vrtů, zkušební místo se neuvažuje. Pokud kritériu nevyhovuje jeden vrt, vyloučí se tento vrt z měření a nahradí se novým vrtem. V případě, že ani nahrazení jednoho vývrtu není splněno kritérium, zkušební místo se neuvažuje.

Vyhodnocení zkoušky

Kalibrační vztahy jsou vytvořeny výrobcem obou vrtaček pro různé vstupní podmínky, mezi nimiž je zejména jiný typ přitlaku, jiný průměr vrtáku, jiný způsob vyvození otáček. Nejsou tedy vzájemně porovnatelné, protože respektují různost obou vrtaček.



Obr. 2. 15 Kalibrační vztahy pro pevnost v tlaku malty ve spáře zdiva z hloubky vrtu zjištěného ruční a elektrickou vrtačkou [27]

Ze tří platných měření na jednom zkušebním místě se vypočítá aritmetický průměr hloubky vrtů d_m a zaokrouhlí se na 1 mm.

Informativní hodnota pevnosti malty $f_{m,e}$ se stanoví v závislosti na zjištěné průměrné hloubce vrtu d_m z obecného kalibračního vztahu pro daný typ přístroje.

Pevnost získaná zkouškou jednoho zkušebního místa se považuje za ekvivalentní hodnotě pevnosti malty získané zkoušením jednoho zkušebního tělesa. Z výsledků všech zkoušek na konstrukci se určí výběrový průměr pevnosti malty f_m . [27]

2.9. Hodnocení existujících zděných konstrukcí

2.9.1. Charakteristická pevnost zdiva v tlaku

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku f_k se dle ČSN ISO 13822 určí z pevností zdicích prvků a malty podle vztahu:

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

- f_k charakteristická pevnost zdiva v tlaku v N/mm² pro zdivo s vyplněnými ložnými spárami
- K konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdicích prvků; Pro nejčastější uspořádání zdicích prvků z plných cihel klasického formátu průměrné pevnosti a obyčejné malty a při střídání běhounů a vazáků ve vazbě zdiva se uvažuje konstanta $K = 0,55$.
- f_b normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdicích prvků v N/mm²
- f_m průměrná pevnost malty v tlaku v N/mm²
- α exponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty, $\alpha = 0,7$ pro nevyztužené zdivo s obyčejnou nebo lehkou maltou
- β exponent závislý na druhu malty, $\beta = 0,3$ pro obyčejnou maltu [27]

2.9.2. Návrhová pevnost zdiva v tlaku

Charakteristická pevnost zdiva byla vypočtena podle vlastností zdicích prvků a vlastností použité malty. Při hodnocení zdiva je však zapotřebí zohlednit další vlastnosti mající vliv na únosnost celé konstrukce. Mezi tyto vlastnosti patří zejména:

- Pravidelnost vazby zdiva
- Vyplnění spár maltou
- Zvýšená vlhkost zdiva
- Svislé a šikmé trhliny ve zdivu

Návrhová pevnost zdiva v tlaku f_d se podle ČSN ISO 13822 vypočítá jako podíl charakteristické pevnosti v tlaku f_k a dílčího součinitele zdiva γ_m , který se určí podle vztahu:

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

- γ_{m1} základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti, pro zdivo z plných cihel uložených na obyčejnou maltu 2,0
- γ_{m2} součinitel vlivu pravidelnosti vazby a vyplnění spár maltou: $0,85 \leq \gamma_{m2} \leq 1,2$; dolní mez intervalu platí pro zcela dokonalou vazbu a bezvadné vyplnění spár
- γ_{m3} součinitel vlivu zvýšené vlhkosti, pro vlhkost zdiva v intervalu od 4% do 20% se určí interpolací mezi hodnotami $1,0 \leq \gamma_{m3} \leq 1,25$
- γ_{m4} součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu v intervalu $1,0 \leq \gamma_{m4} \leq 1,4$, (dolní mez platí pro zdivo bez trhlin) [27]

2.10. Závěr teoretické části

Pro zkoušení cihelného zdiva je potřebné přihlížet na historii daného objektu čili i na historii a vývoj cihly samotné. Dřívější technologie výroby má velký vliv na charakteristiku a vlastnosti cihly. Právě díky znalosti historického vývoje můžeme zohlednit tyto vědomosti ve zkoušení cihlářských výrobků.

Postup zkoušení historické zděné konstrukce je stejný jako u současné zděné konstrukce. Zásadními zkouškami jsou stanovení skutečných rozměrů, hmotnosti, objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku destruktivně a nedestruktivně aj. Na základě výsledků těchto zkoušek jsme schopni zjistit např. stáří konstrukce, a to zejména díky stanovení rozměrů a charakteristice vzorků z objektu, jejich pevnosti a další řadu výsledků pro komplexní vyhodnocení dané konstrukce.

3. PRAKTICKÁ ČÁST

3.1. Cíl průzkumu

Předmětem řešení bylo stanovení vlastností cihel, jejich pevností destruktivně a nedestruktivně, vzájemné porovnání výsledků dílčích zkoušek a jejich vyhodnocení. Následně také stanovení návrhové pevnosti zdiva pro vzorky s nejlepšími a nejhoršími výsledky pevností v tlaku. Veškeré vzorky cihel byly odebrány z budovy Filozofické fakulty Masarykovy univerzity v Brně.

3.2. Základní údaje a lokalizace zkoušené konstrukce

Posuzované vzorky pochází z Filozofické fakulty Masarykovy univerzity, která se nachází na ulici Arne Nováka v Brně. Konkrétní místo odběru bylo na pomezí budov A a B v tzv. spojovacím krčku, kde jsou tyto dvě budovy vzájemně propojeny a také v části budovy B (dodnes značená jako budova B2), která byla z důvodu nevyhovující statiky objektu zbourána. Dalším místem odběru vzorků cihel bylo 1.PP a podkroví budovy A, kde byly vybourány některé stávající příčky a klenby, které byly rekonstruovány.

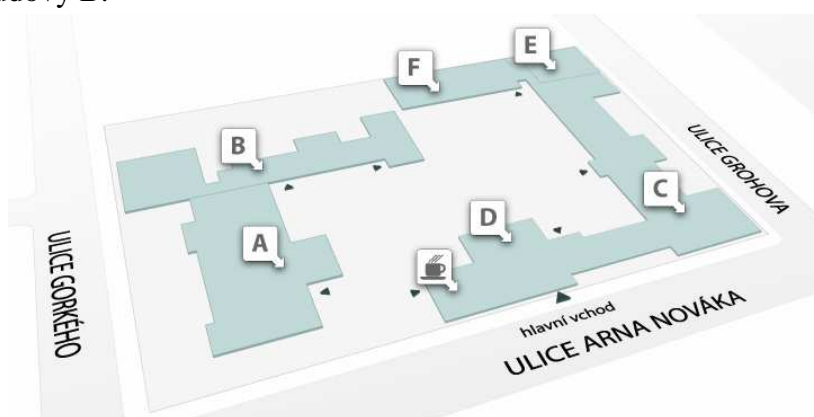


Obr 3. 1 Pohled na budovu A a B [23]



Obr 3. 2 Fotodokumentace z míst odběru vzorků cihel [23]

Budova A je umístěna v jihovýchodní části areálu Filozofické fakulty. Její podélné uliční průčelí je situováno do ulice Gorkého (dřívější název Falkensteinerova), kde se původně nacházel i hlavní vchod do této budovy. V západní části navazuje na budovu A objekt budovy B.



Obr 3. 3 Plán areálu filozofické fakulty Masarykovy univerzity [23]

Budova A byla postavena v letech 1871 - 1872. Původně se jednalo o samostatně stojící budovu, která sloužila jako městský sirotčinec (v té době nazývaný Stadtweisenhaus). V průběhu let docházelo k různým přístavbám a nadstavbám, čímž je i stáří jednotlivých konstrukčních prvků zcela rozdílné. Budova B je rozdělena na dvě části, a to na budovu B1 a B2. Budova B1 je jižní částí a budova B2 je severní částí budovy B.



Obr 3. 4 Mapa a označení budov Filozofické fakulty [23]

3.2.1. Historický vývoj objektu

Stavební dějiny historických budov lze někdy studovat se značnou obtížností a historické údaje mohou mít mnohdy pouze informativní charakter. Jejich písemné doklady a plány jsou ne vždy dochovány nebo jsou jen v torzech v důsledku přestaveb a jiných zásahů v minulých století.

Již na plánu města Brna z roku 1868 se objevuje zárodek vtyčení nové obytné čtvrti, která byla později nazvána Veverň. Právě na tomto místě byl vybudován areál Filozofické fakulty Masarykovy univerzity. Nacházela se na pozemcích bývalého dvora augustiniánského kláštera sv. Tomáše a nedaleko zahrad s barokním letohrádkem. Zde také v letech 1871 - 1872 vznikl objekt městského sirotčince původně jako solitérní stavba uprostřed anglického parku, a to při severní straně tehdy budoucího Obilného trhu. Model a finanční prostředky pro jeho výstavbu daroval městu brněnský rodák, významný vídeňský podnikatel Heinrich Drasche von Wartinberg. Plány zpracoval jeden z nejvýznamnějších brněnských stavitelů 19. století Josef Arnold.



Obr 3. 5 Budova chlapeckého sirotčince na ulici Falkensteinerova (dnešní ulice Gorkého) [22]

Západním směrem k původní budově sirotčince byl přistavěn v roce 1905 čtyřpodlažní nárožní blok tzv. spojovací krček se schodištěm, na který dále navazovala čtyřpodlažní podsklepená budova, která je v současnosti jižní částí budovy B. Záznamy o této přístavbě byly dochovány jednak ve výkresové dokumentaci z roku 1904 v depozitáři Moravského zemského archívu, tak i na obrázku katastrální mapy z roku 1906, kde je již tato část budovy vystavěna.



Obr 3. 6 Budova sirotčince okolo roku 1900 [22]



Obr 3. 7 Přístavba nového křídla k budově sirotčince [22]



Obr 3. 6 Katastrální mapa z roku 1906 [22]

Další část budovy B byla vybudována zřejmě v roce 1921, kdy k západní části sirotčince byla severním směrem přistavěna nepodsklepená třípodlažní budova, dnešní budova B2. Ta byla v roce 2011 zbourána v rámci projektu CARLA. Náplní tohoto projektu bylo provedení rekonstrukce historických budov A a B1 a nahrazení staticky nevyhovující budovy B2 novostavbou s rozšířeným půdorysem suterénu.



Obr 3. 7 Zrekonstruovaná budova A [23]



Obr 3. 8 Novostavba budovy B2 [23]

V současné době je stáří jednotlivých konstrukčních celků budov A i B velice rozdílné. Na objektu se objevují části konstrukce až 140 let staré. [10]

3.3. Typologie cihel

Soubor plných pálených cihel použitých v konstrukci budovy sirotčince lze charakterizovat jako značně rozmanitý. Můžeme pozorovat cihly různého stáří, barvy, struktury i kvality střepu a také různých rozměrů.

Z budovy sirotčince bylo odebráno zhruba 400 vzorků, ze kterých bylo vybráno nejzachovalějších 97 ks. Část odebraných cihel je z původní části objektu sirotčince (budova A), a to z let 1871 - 1872. Druhá část cihel je mladší, a to z přístavby (budova B a spojovací krček), která proběhla v roce 1905.



Obr 3. 9 Výběr 97 ks nejzachovalějších vzorků cihel



Obr 3. 10 Roztřizování vzorků cihel

Cihly pocházející z roku 1871 - 1872 jsou předmetrického formátu, s rozměry pohybujícími se výrazně nad těmi metrického formátu, která jsou 290 x 140 x 65 mm. Barva střepu je různorodá, kolísá mezi světle oranžovou až tmavě červenou barvou. Rozlišná barva je způsobena rozdílným výpalem, patrně polohou cihly při vypalování v peci.



Obr 3. 13 Variabilita barev u jednoho typu vzorku odebraného v budově A



Obr 3. 14 Variabilita barev u jednoho typu vzorku odebraného v budově B

Vzorky cihel metrického formátu pocházejí z přístavby z roku 1905. Jejich rozměry jsou mnohem bližší těm metrickým, ač ne úplně přesné. Barva střepu je také velmi variabilní od světle oranžové přes tmavě červenou až po černou.



Obr 3. 15 Různorodost barev a rozměrů na jednom typu vzorku



Obr 3. 16 Detail rozdílnosti barev u jednotlivých vzorků cihel

Na některých kusech lze pozorovat hrubou strukturu užitého vápenného ostřiva. Typické jsou i nerovnosti ploch, díky nedokonalému vtlačení cihlářské hlíny do formy, výskyt větších cicvárů a v některých kusech i rozsáhlé vnitřní trhliny vzniklé smrštěním při výpalu.



Obr 3. 17 Detail vzorku cihly s výskytem velkých cicvárů



Obr 3. 18 Detail trhliny vzniklé při výpalu cihly

Mezi odebranými vzorky se nachází cihly s negativními kolky i bez nich. Sadu vzorků s kolky můžeme zařadit do obou období. Vzorky bez kolků pochází pouze z přístavby v roce 1905 čili z doby po metrické reformě. Pro následnou identifikaci a zkoušky byly použity pouze vzorky s kolky.

3.4. Identifikace cihel

Vybraných 97 vzorků cihel určených k dalšímu zkoušení bylo prvotně roztříděno na 18 typů, dle negativních kolků, které se na nich vyskytovaly. Ve spolupráci s panem Petrem Vondrákem a s využitím poskytnutých výtahů z městských adresářů z let 1856, 1862, 1867, 1877, 1881, 1885, 1890, 1892, 1895, 1898, 1900, 1903, 1905 byly identifikovány jednotlivé kolky a výrobci daných typů cihel.

Typ I



Obr 3. 11 Vzorek cihly typu I

Počet vybraných vzorků	3 ks
Značka	SE ve čtverci + číslo v obdélníku
Rozměry (průměrné)	305 x 152 x 71 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Sigmund Spitz & Nathan Ehrenfest
Adresa	Hohlweggasse 15 (dnes Úvoz), dle Adresáře z r. 1877

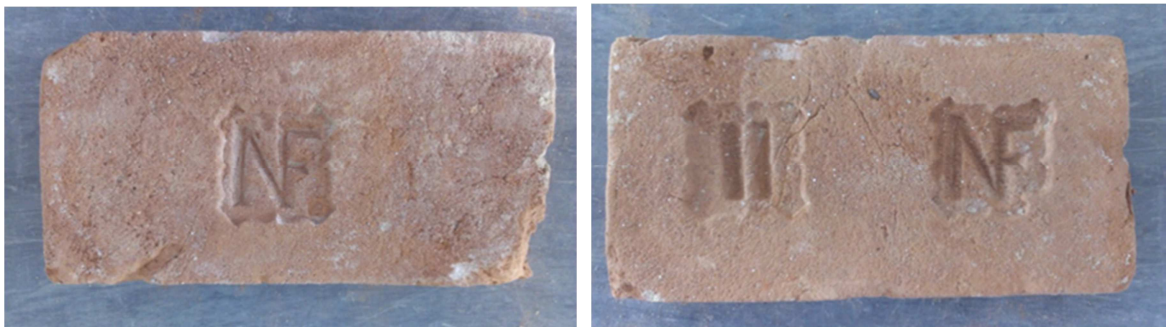
Typ II



Obr 3. 12 Vzorek cihly typu II

Počet vybraných vzorků	7 ks
Značka	DE v kruhu + čísla v kartuších po stranách
Rozměry (průměrné)	301 x 152 x 69 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Možným výrobcem byl Rüdiger Deycks. Cihly s tímto kolkem byly připisovány buď Rüdigerovi Deycksovi či Richardu Deycksovi (po r. 1890). Kolky s čísly jsou identické s pozdějšími cihlami, kde jsou čísla nahrazena písmeny RD.
Adresa	Grosse Neugasse 99 (dnes Lidická), dle Adresáře z r. 1862

Typ III



Obr 3. 13 Vzorky cihel typu III

Počet vybraných vzorků	8 ks
Značka	NF v kartuši + římská číslice v kartuši
Rozměry (průměrné)	301 x 153 x 72 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Ferdinand Nemetschek (též Nemetschke)
Adresa	Grosse Neugasse 104 (dnes Lidická), dle Adresáře z roku 1862 a 1877

Typ IV



Obr 3. 14 Vzorek cihly typu IV

Počet vybraných vzorků	6 ks
Značka	Cz v kruhu
Rozměry (průměrné)	304 x 153 x 72 mm
Rok výroby	Vyráběny do r. 1872
Výrobce	Dle pana Vondráka je výrobcem Leo Czech, ale ten je uváděn až v Adresáři z r. 1911, tudíž je jako výrobce méně pravděpodobný. V daném období existuje s odpovídající iniciálou výrobce Josef Czižek, ale jeho cihly jsou známé značkou CJ. Zde jde tedy pravděpodobně o rodinu Czerwinků: Heinrich Czerwinka, resp. jeho vdova a syn.
Adresa	Kreuzgasse 31 (dnes Mendlovo náměstí) dle Adresáře z r. 1862, resp. Czerwinkas Heinrich witwe und Sohn, Thalgsasse 28 (dnes Údolní) dle Adresáře z r. 1877

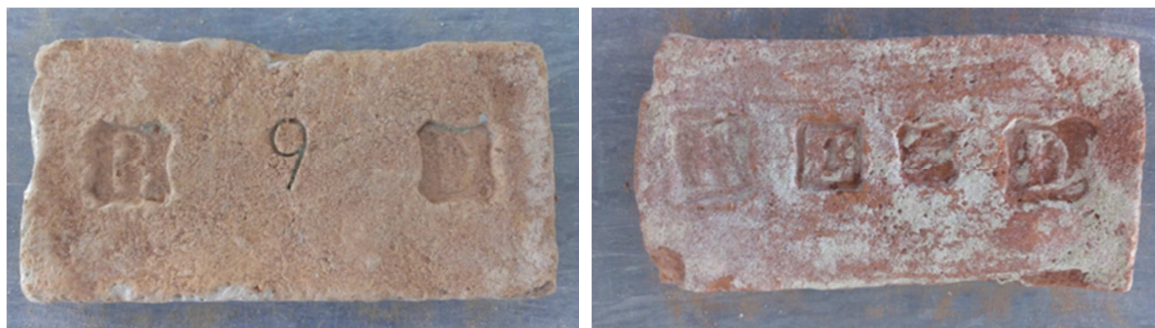
Typ V



Obr 3. 15 Vzorek cihly typu V

Počet vybraných vzorků	1 ks
Značka	N v kartuši (varianta typu 3)
Rozměry (průměrné)	297 x 148 x 74 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Ferdinand Nemetchek (též Nemetschke), jiný výrobce s iniciálou N se v adresářích daného období nevyskytuje.
Adresa	Grosse Neugasse 104 (dnes Lidická), dle Adresáře 1862 a 1877

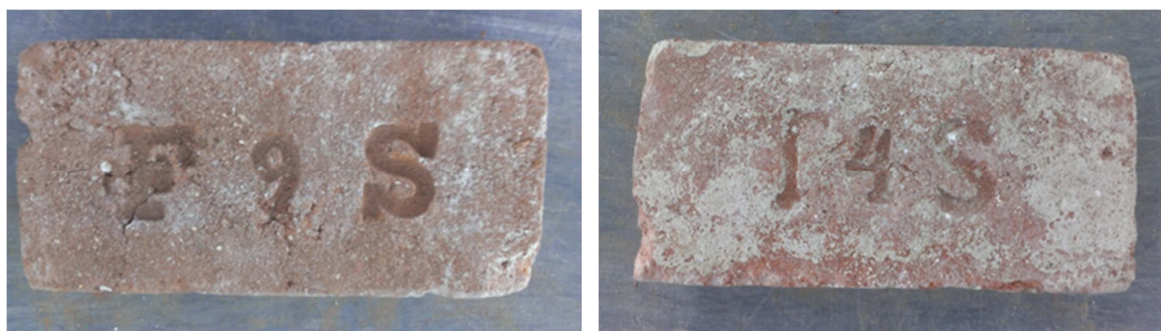
Typ VI



Obr 3. 16 Vzorky cihel typu VI

Počet vybraných vzorků	5 ks
Značka	R a D v kartuších, čísla v kartuších i ražená (varianta typu 2)
Rozměry (průměrné)	301 x 152 x 71 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Rüdiger Deycks
Adresa	Grosse Neugasse 99 (dnes Lidická), dle Adresáře z r. 1862

Typ VII



Obr 3. 17 Vzorky cihel typu V

Počet vybraných vzorků	14 ks
Značka	F a S + číslo
Rozměry (průměrné)	296 x 148 x 71 mm
Rok výroby	1873 – 1905, spíše 1905
Výrobce	Ferdinand Schmerda, je možné, že výrobcem by mohl být i Franz Schimmel, ale to je méně pravděpodobné.
Adresa	F. Schmerda, Eichhorngasse 21 (dnes Veverčí) dle Adresáře z r. 1877 a dalších až do r. 1906, F. Schimmel, Oberzeil 74 (dnes Francouzská), dle Adresáře z r. 1862, 1877 a novějších.

Typ VIII



Obr 3. 18 Vzorek cihly typu VIII

Počet vybraných vzorků	1 ks
Značka	NF
Rozměry (průměrné)	301 x 150 x 71 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Patrně další varianta kolku Ferdinand Nemethek (též Nemetschke).
Adresa	Grosse Neugasse 104 (dnes Lidická), dle Adresáře z r. 1862 a 1877

Typ IX



Obr. 3. 19 Vzorek cihly typu IX

Počet vybraných vzorků	1 ks
Značka	A & Cz + číslo
Rozměry (průměrné)	295 x 146 x 69 mm
Rok výroby	1905
Výrobce	Adam und Czerwinka
Adresa	Thalgasse 30 (dnes Údolní), dle Adresáře z r. 1890

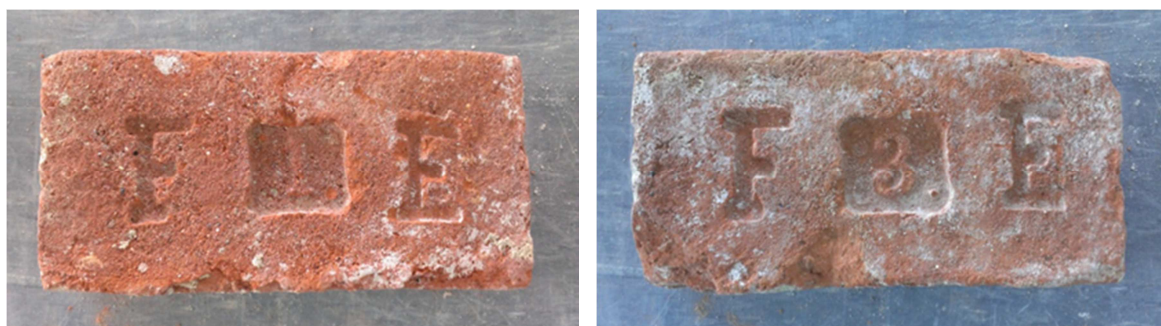
Typ X



Obr 3. 20 Vzorek cihly typu X

Počet vybraných vzorků	1 ks
Značka	M ve čtverci
Rozměry (průměrné)	303 x 150 x 71 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Pravděpodobně Alois Mistelsteiger (jiný výrobce s iniciálou M se v adresářích daného období nevyskytuje).
Adresa	Wienergasse 47 (dnes Vídeňská), dle Adresáře z r 1862 a 1877. (Pozn.: Rodina Mistelsteiger se vyskytuje v předchozích letech s lokací Úvoz).

Typ XI



Obr 3. 21 Vzorčky cihel typu XI

Počet vybraných vzorků	15 ks
Značka	F a E + číslo v kartuši
Rozměry (průměrné)	291 x 145 x 69 mm
Rok výroby	1905
Výrobce	Max Fischer und Mathias Ehrenfest
Adresa	Hohlweggasse 5 (dnes Úvoz), dle Adresáře z r. 1885 a novějších

Typ XII



Obr 3. 22 Vzorek cihly typu XII

Počet vybraných vzorků	7 ks
Značka	F a E v kartuších + číslo v kartuši (varianta typu 11)
Rozměry (průměrné)	290 x 141 x 67 mm
Rok výroby	1905
Výrobce	Max Fischer und Mathias Ehrenfest
Adresa	Hohlweggasse 5 (dnes Úvoz), dle Adresáře z r. 1885 a novějších.

Typ XIII



Obr 3. 23 Vzorek cihly typu XIII

Počet vybraných vzorků	13 ks
Značka	F a P + číslo
Rozměry (průměrné)	295 x 143 x 68 mm
Rok výroby	1905
Výrobce	Franz Pawlů
Adresa	Eichhornngasse 73 (dnes Veveří), dle Adresáře z r. 1898 a novějších.

Typ XIV



Obr 3. 24 Vzorek cihly typu XIV

Počet vybraných vzorků	1 ks
Značka	S a F + číslo (varianta typu 7)
Rozměry (průměrné)	302 x 154 x 69 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Ferdinand Schmerda, je možné, že výrobcem by mohl být i Franz Schimmel, ale to je méně pravděpodobné.
Adresa	F. Schmerda, Eichhornngasse 21 (dnes Veverčí), dle Adresáře z r. 1877 a dalších až do r. 1906, F. Schimmel, Oberzeil 74 (dnes Francouzská), dle Adresáře z r. 1862, 1877 a novějších.

Typ XV



Obr 3. 25 Vzorek cihly typu XV

Počet vybraných vzorků	11 ks
Značka	Číslo 22 v kartuši (varianta typu 11)
Rozměry (průměrné)	293 x 145 x 68 mm
Rok výroby	1905
Výrobce	Max Fischer und Mathias Ehrenfest
Adresa	Hohlweggasse 5 (dnes Úvoz), dle Adresáře z r. 1885 a novějších.

Typ XVI



Obr 3. 26 Vzorek cihly typu XVI

Počet vybraných vzorků	3 ks
Značka	Číslo 13 v kartuši (pravděpodobně varianta typu 2)
Rozměry (průměrné)	297 x 149 x 68 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Rüdiger Deycks
Adresa	Grosse Neugasse 99 (dnes Lidická), dle Adresáře z r. 1862

Typ XVII



Obr 3. 27 Vzorek cihly typu XVII

Počet vybraných vzorků	1 ks
Značka	Římská II v obdélníku (varianta typu 1)
Rozměry (průměrné)	306 x 153 x 70 mm
Rok výroby	Do r. 1872
Výrobce	Sigmund Spitz & Nathan Ehrenfest
Adresa	Hohlweggasse 15 (dnes Úvoz), dle Adresáře z r. 1877

Typ XVIII



Obr 3. 28 Vzorek cihly typu XVIII

Počet vybraných vzorků	9 ks
Značka	F a F + číslo v kartuši (varianta typu 11)
Rozměry (průměrné)	293 x 147 x 69 mm
Rok výroby	1905
Výrobce	Max Fischer und Mathias Ehrenfest
Adresa	Hohlweggasse 5 (dnes Úvoz), dle Adresáře z r. 1885 a novějších.

Po důkladném prozkoumání a rozdělení cihel do 18 typů vzorků bylo zjištěno, že některé typy se shodují a jsou od stejného výrobce. Tudíž z původních 18 typů cihel bylo určeno celkově typů 9. Varianty cihel, které byly shodné, jsou uvedeny v závorce u popisu značek daného typu.

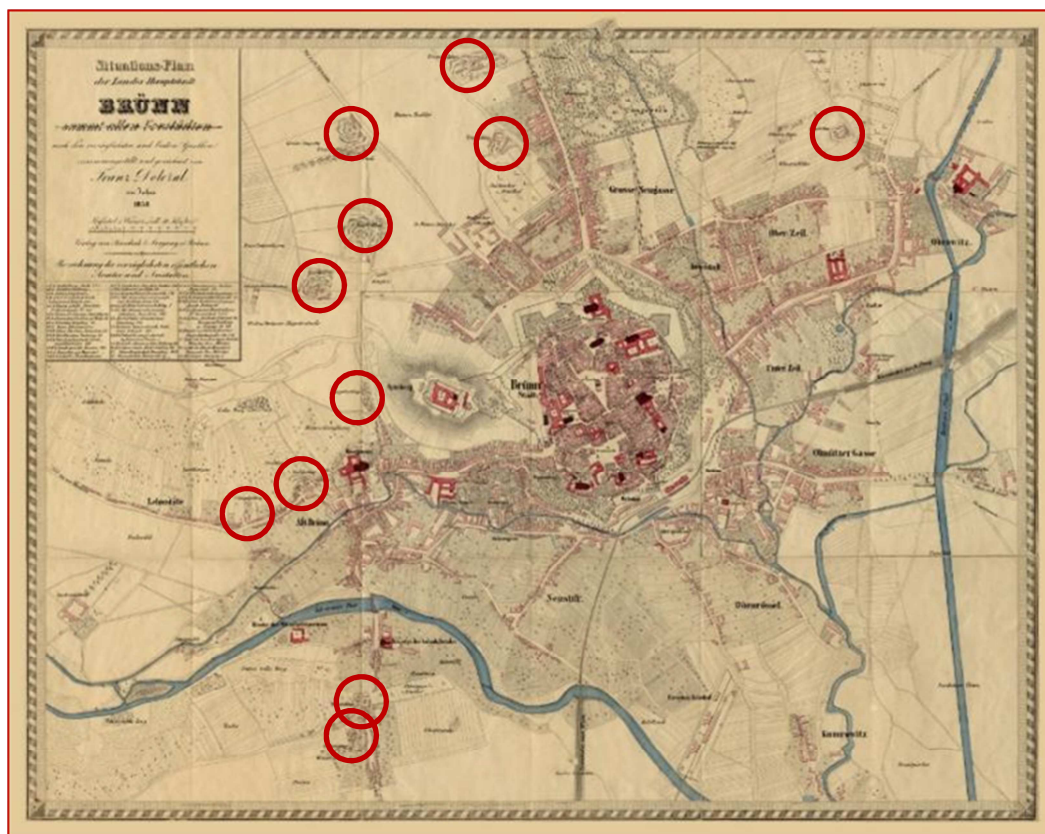
Soubor vzorků lze rozdělit na dílčí 2, dle výroby před metrickou reformou a po ní, jak již bylo uvedené výše.

Sada cihel vyrobených před metrickou reformou pocházející z budovy sirotčince, který byl vybudován v letech 1871 až 1872 - jedná se o typy s označením I., II., III., IV., V., VI., VIII., X., XVI., XVII.

Druhá sada cihel vyrobená po metrické reformě, které pochází ze spojovacího krčku a přístavby jižní části budovy B postavených v roce 1905 – typy s označením VII., IX., XI., XII., XIII., XIV., XV., XVIII.

3.4.1. Dodavatelé na stavbu sirotčince z roku 1871-1872

- **Sigmund Spitz & Nathan Ehrenfest**, Hohlweggasse 15 (dnes Úvoz)
- **Rüdiger Deycks**, Grosse Neugasse 99 (dnes Lidická)
- **Ferdinand Nemetckek**, Grosse Neugasse 104 (dnes Lidická)
- **Heinrich Czerwinka**, resp. jeho vdova a syn, Thalgasse 28 (dnes Údolní)
- **Alois Mistelsteiger**, Wienergasse 47 (dnes Vídeňská), rodina Mistelsteiger se vyskytuje v předchozích letech v lokaci Úvoz. [21]



Obr 3. 29 Cihelny v Brně na Doležalově plánu z roku 1858 [22]

3.4.2. Dodavatelé na stavbu sirotčince z roku 1905

- **Ferdinand Schmerda**, Eichhorngasse 21 (dnes Veveří)
- **Adam und Czerwinka**, Thalgasse 30 (dnes Údolní)
- **Max Fischer und Mathias Ehrenfest**, Hohlweggasse 5 (dnes Úvoz)
- **Franz Pawlů**, Eichhorngasse 73 (dnes Veveří) [21]

3.5. Zkoušky odebraných vzorků

3.5.1. Stanovení skutečných rozměrů a objemové hmotnosti cihel

Na vybraných 97 kusech reprezentativních vzorků cihel byly provedeny zkoušky dle kapitoly 2.6.1. *Stanovení skutečných rozměrů* (ČSN EN 771-1, ČSN EN 772-16) a 2.6.2 *Stanovení objemové hmotnosti* (ČSN 72 2603, ČSN EN 771-1, ČSN EN 772-13). Postup provádění zkoušky je popsán v těchto kapitolách.

Pro tyto zkoušky bylo použito všech 18 typů vzorků cihel. Výsledky všech měření jsou uvedeny v *Příloze 1 – Stanovení skutečných rozměrů a objemové hmotnosti cihel*. V *Tab. 3.1* jsou uvedeny průměrné hodnoty výsledků.



Obr 3. 30 Vzorky cihel typu I - XVIII



Obr 3. 31 Průběh zkoušení - zápis naměřených veličin

Tab 3. 1 Průměrné rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
I	305	152	71	5151,1	1569
II	301	152	69	4795,0	1513
III	301	153	72	5122,2	1546
IV	304	153	72	5258,5	1571
V	297	148	74	4962,6	1526
VI	301	152	71	4989,9	1539
VII	296	148	71	4573,4	1480
VIII	301	150	71	4791,8	1495
IX	295	146	69	4428,8	1490
X	303	150	71	5044,8	1563
XI	291	145	69	4396,4	1519
XII	290	141	67	4162,5	1527
XIII	295	143	68	4484,4	1555
XIV	302	154	69	4892,4	1525
XV	293	145	68	4264,2	1488
XVI	297	149	68	4510,9	1501
XVII	303	153	70	5156,4	1589
XVIII	293	147	69	4576,8	1554

Z výsledků měření je patrné, že rozměry cihel jsou velmi rozmanité. Tyto výkyvy jsou patrně způsobené nedokonalou technologií výroby cihel. K největším změnám ve tvaru čili i rozměrech dochází při procesu vypalování, kdy se cihla smršťuje. Dalším z možných důvodů je užívání různých velikostí forem. Výsledky měření mají velké odchylky a často převyšují metrický formát. Rozměry cihel odebraných z konstrukce se pohybují v těchto průměrných rozmezech:

Délka: 290 – 305 mm

Šířka: 141 – 154 mm

Výška: 67 – 74 mm

Na základě výsledků zkoušky Stanovení rozměrů cihel byla určena objemová hmotnost, která se průměrně pohybuje v rozmezí 1480 – 1589 kg/ m³.

3.5.2. Nové roztrídění vzorků

Doposud byly měřeny a zkoušeny vzorky dle rozdělení na 18 typů cihel. Pro další měření byly některé vzorky vyřazeny. Důvodem bylo uchování dílčích vzorků pro historickou sbírku cihel na Ústavu stavebního zkušebnictví, Fakulty stavební VUT v Brně.

Seznam vyřazených vzorků:

I-2	VII-2, 12	XIII-1
II-4	VIII-1	XIV-1
III-2, 3, 4	IX-1	XV-1
IV-1, 4	X-1	XVI-1
V-1	XI-4	XVII-1
VI-1, 2	XII-1	XVIII-2

Po identifikaci vzorků a prvních měřeních bylo zřejmé, že místo původních 18 typů cihel, jich je ve skutečnosti pouze 9. Jelikož byly některé vzorky vyřazeny, zbylo nám pro další měření 7 typů cihel a celkem 74 ks vzorků.

Pro účely dalšího zkoušení byly cihly rozděleny dle výrobce a původu do následujících skupin:

Typ 1 = Typ I

Typ 2 = Typ II, VI a XVI SADA 1

Typ 3 = Typ III

Typ 4 = Typ IV

Typ 5 = Typ VII

Typ 6 = Typ XI, XII, XV a XVIII SADA 2

Typ 7 = Typ XIII

Sada vzorků typu 1 – 4 obsahuje cihly pocházející z budovy sirotčince z let 1871 – 1872 a je označena názvem Sada 1. Vzorky typu 5 – 7 byly odebrány ze spojovacího krčku a přístavby budovy B z roku 1905 a nazývá se Sada 2.

3.5.3. Stanovení pevnosti v tlaku na polovinách cihel

Po stanovení rozměrů, objemové hmotnosti a rozdělení na nové typy, byly cihly rozřezány na dvě poloviny. První část půlek cihel byla použita pro zkoušku dle kapitoly 2.6.4. *Stanovení pevnosti v tlaku (ČSN EN 772 – 1, ČSN 72 2605)*. Z druhé části půlek byla stanovená krychelná pevnost v tlaku, viz další kapitola.

Průměrné výsledky zkoušek jsou uvedeny v *Tab 3.2* Veškeré naměřené a vypočítané hodnoty jsou součástí *Přílohy 2 – Stanovení pevnosti v tlaku na polovinách cihel*.



Obr 3. 40 Sada vzorků – poloviny cihel



Obr 3. 41 Zkouška pevnosti v tlaku na lisu



Obr 3. 42 Fragменты vzorku po provedení zkoušky v tlaku (patrná různobarevnost střepu)



Obr 3. 32 Porušené vzorky – radikální rozdíl v barvě střepu

Tab 3. 2 Průměrná pevnost v tlaku stanovená na polovinách cihel

Sada vzorků		Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška $h_{u,p}$ [mm]	Síla v tlaku F_c [KN]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]
Sada 1	Typ 1	144	154	70	160,7	7,3
	Typ 2	144	152	69	281,3	12,9
	Typ 3	146	154	71	264,6	11,8
	Typ 4	145	153	71	307,5	14,0
Sada 2	Typ 5	144	148	71	223,7	10,5
	Typ 6	145	145	68	247,4	11,9
	Typ 7	143	144	68	367,2	17,9

Z výsledků zkoušení pevnosti v tlaku na polovinách cihel, lze říci, že jejich hodnoty se pohybují v podobných intervalech a jsou poměrně dobré pevnosti, obvyklé pro tento druh cihel. Průměrné hodnoty pevnosti u Sady 1 jsou v rozmezí 7,3 – 14,0 MPa, u Sady 2 v rozptylu 10,5 – 17,9 MPa.

3.5.4. Stanovení krychelné pevnosti cihel v tlaku

Z druhých půlek vzorků cihel byla vyrobena zkušební tělesa, tzv. reprezentativní části cihel ve tvaru krychlí, pro stanovení pevnosti v tlaku. Standartní rozměr těchto krychlí je 50 mm, ne vždy je však možné takto velká tělesa získat. Z každé půlky cihly byla vyrobena 3 zkušební tělesa. 1/3 z nich je zkoušena ve stavu vysušeném, 1/3 ve stavu nasyceném vodou a 1/3 ve stavu přirozeně vlhkém. Z poměru pevností v tlaku nasycených a vysušených cihel jsme získali tzv. ukazatel změknutí pevnosti v tlaku, který je citlivým indikátorem kvality použitých cihel. Reprezentativní části cihel, získané řezáním z půlek zkoušených cihel, jsou dokumentovány na *Obr. 3.44*.

Průměrné výsledky zkoušek, provedených na tělesech tvaru krychle ve stavu vysušeném, jsou uvedeny v *Tab. 3.4* ve stavu nasyceném v *Tab. 3.6* a ve stavu přirozeně vlhkém v *Tab. 3.8*.

Porovnáním pevností v tlaku nasycených a vysušených cihel byl získán ukazatel změknutí, který je uvedený v *Tab. 3.9* v průměrných hodnotách. Souhrn výsledků zkoušek cihel završuje stanovení nasákavosti, kde průměrné hodnoty výsledků jsou uvedeny v *Tab. 3.10*. Kompletní soubor výsledků je uvedený v *Příloze 3 – Stanovení krychelné pevnosti cihel v tlaku*.



Obr. 3.33 Zkušební tělesa vyřezaná z odebraných vzorků



Obr. 3. 45 Zkoušení krychelné pevnosti v tlaku na lisu



Obr. 3. 46 Detail porušení zkušebního tělesa



Obr. 3. 34 Korektnost porušení zkušebních těles

Tab. 3. 3 Průměrné charakteristiky cihel ve stavu vysušeném

Sada vzorků		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{d,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]
Sada 1	Typ 1	55,0	55,0	54,3	261,9	34,4
	Typ 2	54,7	54,6	54,7	257,8	38,0
	Typ 3	55,0	54,7	54,7	260,7	48,4
	Typ 4	54,4	54,7	54,7	261,5	33,7
Sada 2	Typ 5	54,2	54,3	54,2	252,3	31,8
	Typ 6	54,7	54,6	54,7	258,1	31,4
	Typ 7	54,8	55,2	54,5	265,1	35,1

Tab 3. 4 Průměrná objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu vysušeném

Sada vzorků		Objemová hmotnost $\rho_{d,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost f_b [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,u}$ [N/mm ²]
Sada 1	Typ 1	1598	11,4	10,0	13,3
	Typ 2	1579	12,7	11,2	14,9
	Typ 3	1585	16,1	14,2	18,9
	Typ 4	1607	11,3	10,0	13,3
Sada 2	Typ 5	1578	11,1	9,7	12,9
	Typ 6	1580	10,6	9,3	12,4
	Typ 7	1527	10,4	9,2	12,2

Tab 3. 5 Průměrné charakteristiky cihel ve stavu nasyceném

Sada vzorků		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{s,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]
Sada 1	Typ 1	54,6	54,4	54,4	302,9	14,5
	Typ 2	54,1	54,6	54,5	316,4	25,7
	Typ 3	54,6	54,7	54,7	305,4	26,8
	Typ 4	54,3	54,6	54,6	305,9	28,3
Sada 2	Typ 5	54,8	96,7	54,8	300,5	23,2
	Typ 6	54,6	54,7	54,8	306,2	27,0
	Typ 7	54,5	55,3	54,7	308,1	35,8

Tab 3. 6 Průměrná objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu nasyceném

Sada vzorků		Objemová hmotnost $\rho_{s,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,s,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,s}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,s,u}$ [N/mm ²]
Sada 1	Typ 1	1877	4,9	4,3	5,7
	Typ 2	1976	8,6	7,6	10,1
	Typ 3	1868	9,0	7,9	10,5
	Typ 4	1890	9,6	8,5	11,3
Sada 2	Typ 5	1681	7,2	6,4	8,5
	Typ 6	1868	9,1	8,0	10,6
	Typ 7	1869	11,9	10,4	13,9

Tab 3. 7 Průměrné charakteristiky cihel ve stavu přirozeně vlhkém

Sada vzorků		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{v,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]
Sada 1	Typ 1	54,8	54,7	54,0	263,0	21,3
	Typ 2	54,7	54,7	54,8	290,6	30,2
	Typ 3	54,9	54,7	54,8	263,5	31,3
	Typ 4	54,3	54,9	54,6	264,9	30,7
Sada 2	Typ 5	54,2	54,2	54,2	253,5	24,2
	Typ 6	54,6	54,6	54,7	260,4	31,5
	Typ 7	55,0	55,5	54,4	263,9	36,8

Tab 3. 8 Průměrná objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu přirozeně vlhkém

Sada vzorků		Objemová hmotnost $\rho_{v,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,v,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,v}$ [N/mm ²]	Přepočít na celou cihlu $f_{b,v,u}$ [N/mm ²]
Sada 1	Typ 1	1625	7,1	6,2	8,3
	Typ 2	1775	10,1	8,9	11,8
	Typ 3	1605	10,5	9,2	12,3
	Typ 4	1628	10,3	9,1	12,1
Sada 2	Typ 5	1584	8,2	7,2	9,6
	Typ 6	1597	10,7	9,4	12,5
	Typ 7	1590	12,1	10,6	14,1

Cihly odebrané z konstrukce jsou vcelku podobné kvality. Pevnost cihel v tlaku Sady 1, odebraných z budovy A (r. 1871 – 1872), je ve stavu vysušeném v rozmezí 13,3 – 18,9 MPa, ve stavu nasyceném 5,7 – 11,3 MPa a ve stavu přirozeně vlhkém 8,3 – 12,3 MPa.

Pevnost v tlaku cihel Sady 2, odebraných ze spojovacího krčku a budovy B (r. 1905), je ve stavu vysušeném v rozmezí 12,2 – 12,9 MPa, ve stavu nasyceném 8,5 – 13,9 MPa a ve stavu přirozeně vlhkém 9,6 – 14,1 MPa.

Tab 3. 9 Průměrné hodnoty ukazatele změknutí

Sada vzorků		Pevnost v tlaku f_b [Mpa]	Pevnost v tlaku $f_{b,s}$ [Mpa]	Ukazatel změknutí KZ_c
		Vysušený	Nasyčený	
Sada 1	Typ 1	10,0	4,3	0,47
	Typ 2	11,2	7,6	0,7
	Typ 3	14,2	7,9	0,48
	Typ 4	10,0	8,5	0,79
Sada 2	Typ 5	9,7	6,4	0,72
	Typ 6	9,3	8,0	0,89
	Typ 7	10,2	10,4	1,03

Tab 3. 10 Průměrná nasákavost vzorků cihel

Sada vzorků		Hmotnost nasyčený [g]	Hmotnost vysušený [g]	Nasákavost [%]
Sada 1	Typ 1	302,9	261,9	15,7
	Typ 2	316,4	257,8	22,8
	Typ 3	305,4	260,7	17,2
	Typ 4	305,9	261,5	17,0
Sada 2	Typ 5	300,5	252,3	23,2
	Typ 6	306,2	258,1	18,6
	Typ 7	308,1	265,1	16,5

Hodnota ukazatele změknutí pro pevnost v tlaku se u cihel běžně pohybuje kolem 0,80. U Sady 1 se průměrný ukazatel změknutí nachází v rozmezí hodnot 0,47 – 0,79. Nižší hodnoty mohou znamenat výpal při nižší teplotě nebo také degradaci cihel. U Sady 2 jsou průměrné hodnoty výrazně vyšší a pohybují se v rozmezí 0,72 – 1,03. Hodnota přesahující 1,00 svědčí o vysoké kvalitě cihel.

Výsledky průměrné nasákavosti vyšly u vzorků Sady 1 v rozptylu 15,7 – 22,8%, u Sady 2 v rozmezí 16,5 – 23,2%. Tyto hodnoty jsou zcela běžné pro obyčejné zdící cihly.

3.5.5. Stanovení pevnosti cihel v tlaku pomocí Schmidt LB

Pro stanovení pevnosti zděných prvků byla zvolena nedestruktivní metoda s užitím tvrdoměru Schmidt LB. Postup zkoušení je uveden v kapitole 2.7.1. *Pevnost v tlaku zjištěná nedestruktivně – Schmidt LB.*

Hodnoty pevnosti v tlaku $f_{be,u}$ byly prvně vyhodnoceny podle směrného kalibračního vztahu, tzv. Habartova, který je také součástí kapitoly 2.7.1. a následně porovnány s výsledky pevnosti v tlaku stanovené na polovinách cihel. Ze vzájemného poměru pevností nedestruktivních a destruktivních zkoušek byl vypočten součinitel α pro upřesnění kalibračního vztahu. Vypočítané hodnoty součinitele α jsou uvedeny v *Tab 3.11.*

Výsledné vyhodnocení tvrdoměrných zkoušek cihel bylo provedeno podle metodiky uvedené v [5]. Jedná se o to, že výsledkem není hodnota charakteristické pevnosti v tlaku (95% kvantil), ale hodnota pevnosti průměrná. Ta se však podle metodiky v [5] stanoví jako dolní hranice konfidenčního intervalu pro průměr. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v *Tab. 3.12 – 3.18.*

Zkouška byla provedena na vzorcích Sady 1 a Sady 2. Vzhledem k počtu vzorků byla snaha vytvořit vlastní směrný kalibrační vztah k těmto sadám. Tyto kalibrační vztahy byly ovšem vyhodnoceny jako značně nepříznivé a tudíž byl zvolen pro další výpočet Habartův kalibrační vztah upřesněný součinitelem α . Pro větší zpřesnění a následné použití vlastních kalibračních vztahů, by bylo zapotřebí odebrat a vyhodnotit větší počet vzorků cihel z dané konstrukce.

Výsledky nedestruktivních zkoušek pomocí tvrdoměrné metody (tvrdoměr Schmidt LB) přepočtené na pevnosti v tlaku a již upřesněné součinitelem α jsou pro všechny typy uvedené v *Příloze 4 Stanovení pevnosti v tlaku pomocí Schmidt LB.*



Obr 3. 35 Přípravka vzorku ke zkoušce pevnosti v tlaku tvrdoměrem Schmidt LB – obrus povrchu



Obr 3. 36 Provádění zkoušky pevnosti v tlaku tvrdoměrem Schmidt LB

Tab 3. 11 Součinitel upřesnění α

Sada vzorků		Pevnost v tlaku neupřesněná f_{be} [N/mm ²]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Dílčí součinitel upřesnění α_j	Součinitel upřesnění α
Sada 1	Typ 1	9,6	7,3	0,85	0,98
	Typ 2	12,8	12,9	1,01	
	Typ 3	12,6	11,8	0,94	
	Typ 4	13,4	14,0	1,09	
Sada 2	Typ 5	23,3	10,5	0,45	0,52
	Typ 6	25,5	11,9	0,46	
	Typ 7	29,2	17,9	0,64	

Použitý kalibrační vztah pro Sadu 1 naprosto přesně odpovídá použitému druhu cihel, hodnota součinitele upřesnění vyšla $\alpha = 0,98$, což je velmi blízké hodnotě 1,00.

Naproti tomu součinitel upřesnění pro Sadu 2 vyšel $\alpha = 0,52$, tudíž lze předpokládat, že použitý kalibrační vztah přímo neodpovídá danému druhu cihel. Za příčinu lze považovat velkou variabilitu pevností v tlaku danou technologií výroby a také nedostatečný počet vzorků cihel pro vyhodnocení součinitele upřesnění a celé této zkoušky.

Výsledné vyhodnocení tvrdoměrných zkoušek:

Tab 3. 12 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 1

Průměrná pevnost v tlaku cihel – Typ 1			
Veličina	Značka	Jednotka	Hodnota
Průměrná hodnota pevnosti	m_x	[MPa]	13,8
Počet vzorků	n		2
Směrodatná odchylka	s_x	[MPa]	2,20
Součinitel odhadu konfidenčního intervalu	t_n		0,75
Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva	$f_{b,u}$	[MPa]	12,2
Pevnostní značka ČSN EN 771-1		[MPa]	10
Normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků	f_b	[MPa]	9,1

Tab 3. 13 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 2

Průměrná pevnost v tlaku cihel – Typ 2			
Veličina	Značka	Jednotka	Hodnota
Průměrná hodnota pevnosti	m_x	[MPa]	16,0
Počet vzorků	n		11
Směrodatná odchylka	s_x	[MPa]	2,27
Součinitel odhadu konfidenčního intervalu	t_n		0,43
Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva	$f_{b,u}$	[MPa]	15,0
Pevnostní značka ČSN EN 771-1		[MPa]	15
Normalizovaná pevnost v tlaku zděných prvků	f_b	[MPa]	11,3

Tab 3. 14 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 3

Průměrná pevnost v tlaku cihel – Typ 3			
Veličina	Značka	Jednotka	Hodnota
Průměrná hodnota pevnosti	m_x	[MPa]	15,8
Počet vzorků	n		5
Směrodatná odchylka	s_x	[MPa]	1,78
Součinitel odhadu konfidenčního intervalu	t_n		0,69
Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva	$f_{b,u}$	[MPa]	14,6
Pevnostní značka ČSN EN 771-1		[MPa]	10
Normalizovaná pevnost v tlaku zděných prvků	f_b	[MPa]	10,9

Tab 3. 15 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 4

Průměrná pevnost v tlaku cihel – Typ 4			
Veličina	Značka	Jednotka	Hodnota
Průměrná hodnota pevnosti	m_x	[MPa]	16,4
Počet vzorků	n		4
Směrodatná odchylka	s_x	[MPa]	1,78
Součinitel odhadu konfidenčního intervalu	t_n		0,70
Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva	$f_{b,u}$	[MPa]	15,1
Pevnostní značka ČSN EN 771-1		[MPa]	15
Normalizovaná pevnost v tlaku zděných prvků	f_b	[MPa]	11,3

Tab 3. 16 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 5

Průměrná pevnost v tlaku cihel – Typ 5			
Veličina	Značka	Jednotka	Hodnota
Průměrná hodnota pevnosti	m_x	[MPa]	8,8
Počet vzorků	n		12
Směrodatná odchylka	s_x	[MPa]	0,94
Součinitel odhadu konfidenčního intervalu	t_n		0,39
Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva	$f_{b,u}$	[MPa]	8,4
Pevnostní značka ČSN EN 771-1		[MPa]	8
Normalizovaná pevnost v tlaku zděných prvků	f_b	[MPa]	6,3

Tab 3. 17 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 6

Průměrná pevnost v tlaku cihel – Typ 6			
Veličina	Značka	Jednotka	Hodnota
Průměrná hodnota pevnosti	m_x	[MPa]	9,9
Počet vzorků	n		38
Směrodatná odchylka	s_x	[MPa]	1,42
Součinitel odhadu konfidenčního intervalu	t_n		0,21
Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva	$f_{b,u}$	[MPa]	9,6
Pevnostní značka ČSN EN 771-1		[MPa]	8
Normalizovaná pevnost v tlaku zděných prvků	f_b	[MPa]	7,2

Tab 3. 18 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 7

Průměrná pevnost v tlaku cihel – Typ 7			
Veličina	Značka	Jednotka	Hodnota
Průměrná hodnota pevnosti	m_x	[MPa]	11,7
Počet vzorků	n		2
Směrodatná odchylka	s_x	[MPa]	1,37
Součinitel odhadu konfidenčního intervalu	t_n		0,75
Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva	$f_{b,u}$	[MPa]	10,6
Pevnostní značka ČSN EN 771-1		[MPa]	10
Normalizovaná pevnost v tlaku zděných prvků	f_b	[MPa]	8,0

Ve všech případech byl pro přepočítání na normalizovanou pevnost v tlaku zděných prvků použit součinitel $\delta = 0,75$ (výška prvku 65 mm, šířka 150 mm).

Výsledky u Sady 1 i Sada 2 vycházely poměrně rovnoměrně, což je dáno typologickým rozdělením cihel. Pro Sadu 1 byl Typ 1 a Typ 3 označen pevnostní značkou 10, Typ 2 a 4 pevnostní značkou 15. Sada 2 měla velice podobné výsledky. Pro Typ 5 a Typ 6 byla pevnostní značka 8 a pro Typ 7 pevnostní značka 10.

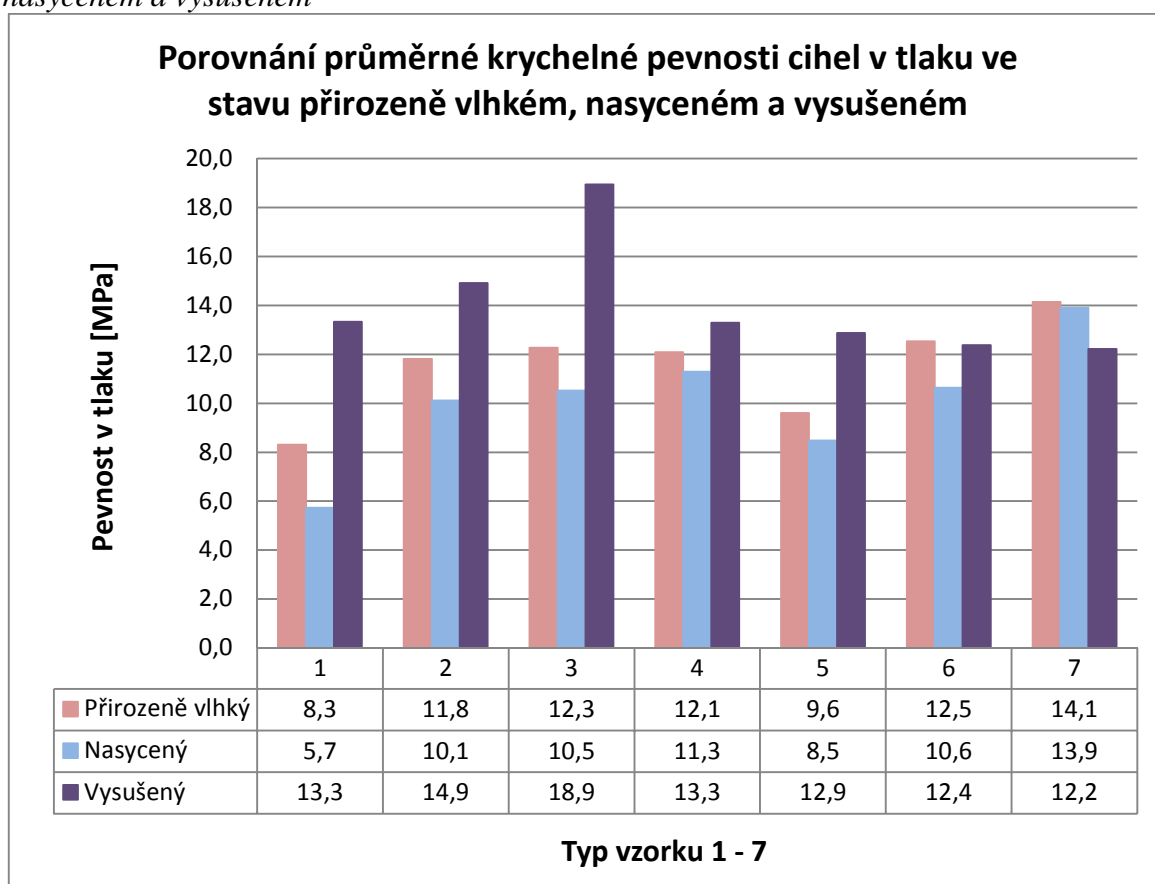
U Typu 1 a Typu 7 lze považovat výsledky a pevnostní značku za spíše orientační, jelikož byly odzkoušeny pouze 2 zkušební vzorky na každém z těchto typů.

3.5.6. Grafy porovnávající výsledné pevnosti cihel v tlaku

Pomocí provedení destruktivních a nedestruktivních zkoušek byly vyhodnoceny pevnosti v tlaku cihel v MPa. Tyto pevnosti byly stanoveny pomocí Schmidt LB, na polovinách cihel a na krychlích ve stavu přirozeně vlhkém, nasyceném a vysušeném.

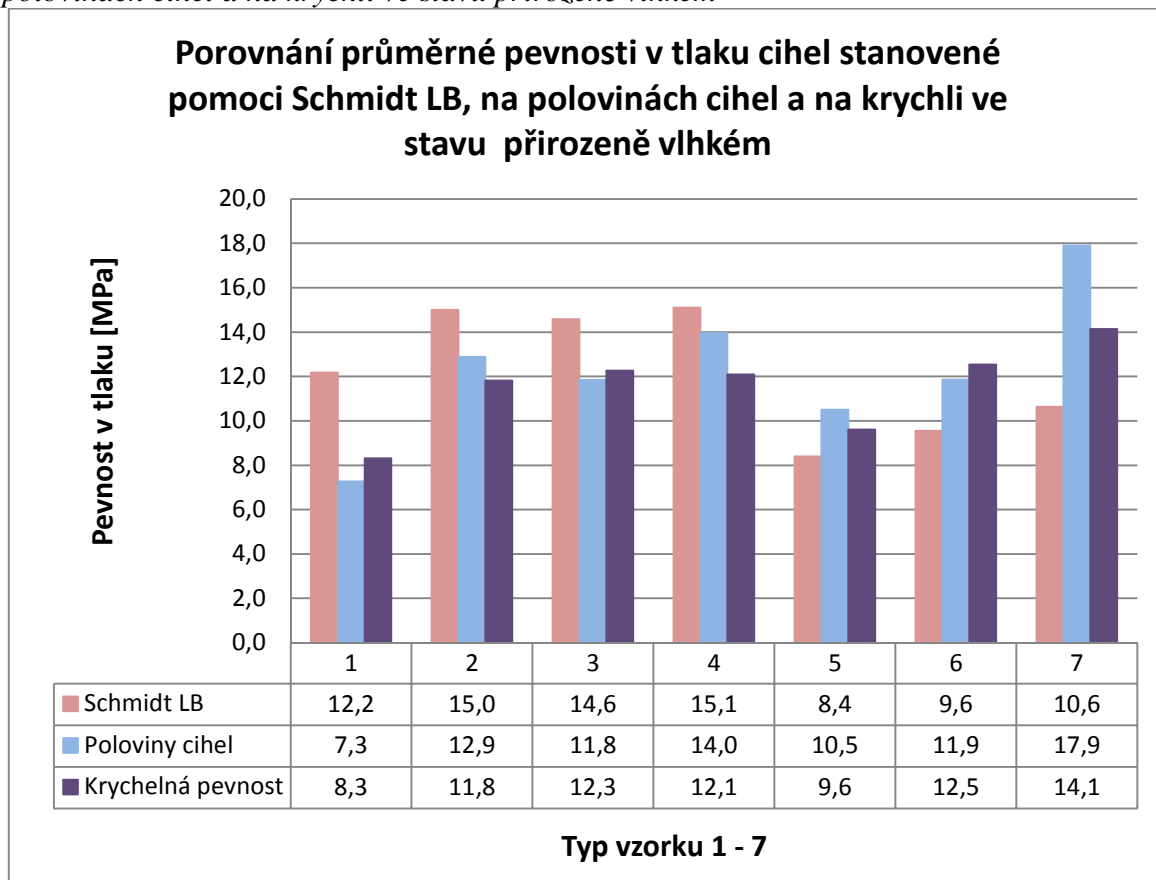
Vzájemné porovnání průměrných výsledků krychelné pevnosti je vyobrazeno na *Grafu 1*. Porovnání průměrných výsledků stanovené Schmidtem LB, na polovinách cihel a na krychlích ve stavu přirozeně vlhkém je znázorněno na *Grafu 2*.

Graf 1 Porovnání průměrné krychelné pevnosti cihel v tlaku ve stavu přirozeně vlhkém, nasyceném a vysušeném



Z výsledků grafu lze říci, že nejlepší pevnosti v tlaku dosahovala tělesa ve stavu vysušeném, což byl i předpoklad. U Typu 7 je tato hodnota mírně nižší, což může být způsobeno nedokonalým provedením zkoušky či malého zastoupení počtu reprezentativních vzorků, které byly pouze 2. Nejmenší hodnoty pevností v tlaku mají tělesa nasycené vodou.

Graf 2 Porovnání průměrné pevnosti v tlaku stanovené pomocí Schmidt LB, na polovinách cihel a na krychli ve stavu přirozeně vlhkém



Nejlepších výsledků u Sady 1 bylo dosaženo u zkoušky pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Ty nejnižší hodnoty vyšly pro Typ 1 a Typ 3 stanovené na polovinách cihel a pro Typ 2 a Typ 4 stanovené na krychli ve stavu přirozeně vlhkém.

Naopak u Sady 2 byly nejnižší hodnoty stanoveny pomocí Schmidt LB. Nejlepších výsledků u Typu 5 a Typu 7 bylo dosaženo pomocí zkoušky na polovinách cihel, u Typu 6 na krychli v přirozeně vlhkém stavu.

Souhrnně lze říci, že komplexně nejlepších výsledků pevností v tlaku stanovených těmito třemi zkouškami, dosahovaly u Sady 1 vzorky cihel Typu 4 a u Sady 2 vzorky cihel Typu 7. Celkově nejnižších výsledků pevností v tlaku u Sady 1 dosáhl Typ 1 a u Sady 2 vzorky cihel Typu 5.

3.5.7. Stanovení charakteristické a návrhové pevnosti zdiva v tlaku

Pro názornou ukázkou rozdílnosti výsledků pevnosti v tlaku bylo pro stanovení charakteristické pevnosti v tlaku zdiva použito dvojích výsledků, a to těch nejnižších a nejvyšších ze Sady 1 i 2. Jedná se o průměrné pevnosti v tlaku na polovinách cihel a průměrné krychlené pevnosti v tlaku přirozeně vlhkých vzorků. Výpočet pro charakteristickou pevnost zdiva a stanovení jejich veličin je popsán v kapitole 2.9.1 *Charakteristické pevnosti zdiva v tlaku*. Výsledky výpočtů jsou zapsány v *Tab. 3.19* a *Tab. 3.20*.

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku f_k v N/mm^2 pro zdivo s vyplněnými ložnými spárami se podle ČSN ISO 13822 určí z pevností zdicích prvků a malty podle vztahu:

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

Dle dřívějšího průzkumu pevnosti v tlaku malty ve sparách, provedeného pomocí upravené vrtačky (dle TZÚS Praha), na Filozofické fakultě MU v budově A a B1, byla zvolena pevnost malty:

$$f_m = 0,40 \text{ MPa, pro budovu A (Sada 1)}$$

$$f_m = 0,45 \text{ MPa, pro budovu B1 (Sada 2);}$$

Pozn.: V budově B1 bylo dosaženo dvojích výsledků pevnosti malty, a to $f_m = 0,45 \text{ MPa}$ a $f_m = 1,0 \text{ MPa}$. Z hlediska výpočtu na stranu bezpečnou byla zvolena pevnost malty nižší, tedy $f_m = 0,45 \text{ MPa}$

Charakteristická pevnost zdiva byla vypočtena podle vlastností zdicích prvků a vlastností použité malty. Při hodnocení zdiva je však zapotřebí zohlednit další vlastnosti mající vliv na únosnost celé konstrukce. Mezi tyto vlastnosti patří zejména pravidelnost vazby zdiva, vyplnění spár maltou, zvýšená vlhkost zdiva a svislé nebo šikmé trhliny ve zdivu.

Návrhová pevnost zdiva v tlaku f_d se podle ČSN ISO 13822 vypočítá jako podíl charakteristické pevnosti v tlaku f_k a dílčího součinitele zdiva γ_m , který se určí podle vztahu:

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

Celý postup výpočtu a popis veličin byl objasněn v kapitole 2.9.2 *Návrhová pevnost zdiva v tlaku*.

Hodnota dílčího součinitele spolehlivosti γ_{m1} je stanovena jako 2,0. Součinitel vazby byl zohledněn součinitelem $\gamma_{m2} = 1,0$. Pro součinitel vlivu zvýšené vlhkosti γ_{m3} byla použita hodnota stanovená interpolací, která je uvedena v *Tab. 3.19 a Tab. 3.20* spolu s výsledky charakteristické a návrhové pevnosti zdiva.

Tab 3. 19 Charakteristická a návrhová pevnost zdiva v tlaku stanovená z průměrné krychelné pevnosti cihel v tlaku ve stavu přirozeně vlhkém

Sada vzorků		Normalizovaná krychelná pevnost v tlaku $f_{b,v,u}$ [N/mm ²]	Pevnost v tlaku malty f_m [N/mm ²]	Charakteristická pevnost v tlaku f_k [N/mm ²]	Součinitel vlivu zvýšené vlhkosti γ_{m3}	Návrhová pevnost v tlaku f_d [N/mm ²]
Sada 1	Typ 1	8,3	0,40	1,84	1,18	0,65
	Typ 3	12,3	0,40	2,42	1,21	0,83
Sada 2	Typ 5	9,6	0,45	2,11	1,20	0,70
	Typ 7	14,1	0,45	2,76	1,23	0,93

Charakteristická pevnost v tlaku zdiva stanovená z krychelné pevnosti cihel vyšla pro Sadu 1 a Sadu 2 téměř totožně. Pro Sadu 1 a nejméně kvalitní vzorky Typu 1, byla stanovena charakteristická pevnost v tlaku zdiva jako $f_k = 1,84$ MPa a návrhová pevnost zdiva $f_d = 0,65$ MPa. Pro nejkvalitnější vzorky Typu 3 byly tyto pevnosti vyhodnoceny jako $f_k = 2,42$ MPa a $f_d = 0,83$ MPa. Návrhová a charakteristická pevnost zdiva pro Sadu 2 vyšla pro nejméně hodnotné vzorky Typu 5 jako $f_k = 2,11$ MPa a $f_d = 0,70$ MPa. Pro ty nejhodnotnější Typu 7, jako $f_k = 2,76$ MPa a $f_d = 0,93$ MPa.

Tab 3. 20 Charakteristická a návrhová pevnost zdiva v tlaku stanovená z průměrných pevností polovin cihel v tlaku

Sada vzorků		Normalizovaná pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Pevnost v tlaku malty f_m [N/mm ²]	Charakteristická pevnost v tlaku f_k [N/mm ²]	Součinitel vlivu zvýšené vlhkosti γ_{m3}	Návrhová pevnost v tlaku f_d [N/mm ²]
Sada 1	Typ 1	7,3	0,40	1,67	1,18	0,59
	Typ 4	14,0	0,40	2,64	1,20	0,92
Sada 2	Typ 5	10,5	0,45	2,25	1,30	0,72
	Typ 7	17,9	0,45	3,26	1,19	1,14

Druhý výpočet byl proveden z pevností v tlaku na polovinách cihel. Rozdíl mezi Sadou 1 a Sadou 2 byl o něco vyšší, než u výpočtu z krychelné pevnosti v tlaku. Pro Sadu 1 byl nejméně kvalitní vzorek Typ 1 a jeho hodnoty charakteristické a návrhové pevnosti zdiva $f_k = 1,67$ MPa a $f_d = 0,59$ MPa. Pro nejkvalitnější vzorek Typu 4 hodnoty $f_k = 2,64$ MPa a $f_d = 0,92$ MPa. V Sadě 2 byly stanoveny výsledky pro nejméně příznivý Typ 5 a nejpříznivější Typ 7. Hodnoty výsledků pro Typ 5 jsou $f_k = 2,25$ MPa a $f_d = 0,72$ MPa a pro Typ 7 $f_k = 3,26$ MPa a $f_d = 1,14$ MPa.

Závěrem lze říci, že nejnižších a zároveň i nejvyšších výsledků dosáhly cihly s pevnostmi stanovenými na polovinách cihel. Nejmenší návrhové pevnosti zdiva v tlaku dosáhly vzorky cihel Typu 1, kde $f_d = 0,59$ MPa a ty nejvyšší vzorky cihel Typu 7, kde $f_d = 1,14$ MPa.

3.6. Závěr praktické části

Cílem průzkumu a zkoušek bylo stanovení vlastností cihel odebraných na Filozofické fakultě Masarykovy univerzity z budovy A (postavené v letech 1871 – 1872), ze spojovacího krčku mezi budovou A a B a přístavby budovy B (postavených v roce 1905).

Součástí průzkumu byly jednak destruktivní, tak i nedestruktivní zkoušky cihel. Z cca 400 odebraných vzorků bylo vybráno 97 ks vzorků cihel a rozděleno na 18 typů dle výrobce. Následně bylo zjištěno, že ve skutečnosti je těchto typů pouze 9, jelikož se některé shodovaly, což nebylo na první pohled zřejmé. Na těchto vzorcích byly stanovené skutečné rozměry a objemové hmotnosti.

Po vyřazení 13 ks vzorků cihel za účelem uložení do sbírky historických cihel Ústavu stavebního zkušebnictví, Fakulty stavební, VUT v Brně byl počet cihel zredukován na 74 ks. Tyto vzorky byly prvně zkoušeny nedestruktivní metodou tvrdoměrem Schmidt LB. Následně byly vzorky rozřezány na dvě poloviny. Jedna půlka cihly byla vyzkoušena na pevnost v tlaku a z druhé půlky byly vyřezány tři reprezentativní tělesa, která byla dále zkoušena na pevnost v tlaku ve stavu přirozeně vlhkém, vysušeném a nasyceném.

Průměrné hodnoty pevnosti v tlaku stanovené na polovinách cihel vyšly u Sady 1 v rozmezí $f_{b,p} = 7,3 - 14,0$ MPa, u Sady 2 v rozmezí $f_{b,p} = 10,5 - 17,9$ MPa.

Průměrná pevnost v tlaku cihel stanovená na krychlích byla vypočtena v těchto rozmezích:

Ve stavu přirozeně vlhkém: Sada 1, $f_{b,v,u} = 8,3 - 12,3$ MPa, Sada 2, $f_{b,v,u} = 9,6 - 14,1$ MPa

Ve stavu nasyceném: Sada 1, $f_{b,s,u} = 5,7 - 11,3$ MPa, Sada 2, $f_{b,s,u} = 8,5 - 13,9$ MPa

Ve stavu vysušeném: Sada 1, $f_{b,u} = 13,3 - 18,9$ MPa, Sada 2, $f_{b,u} = 12,2 - 12,9$ MPa.

Na vzorcích krychle byl stanoven také ukazatel změknutí, který v průměru vyšel u Sady 1, $KZ_c = 0,47 - 0,79$ a u Sady 2, $KZ_c = 0,72 - 1,03$. Následně byla vypočítána nasákavost, která se v průměru pohybuje u Sady 1, $NV = 15,7 - 22,8\%$ a u Sady 2, $NV = 16,5 - 23,2\%$.

Pomocí nedestruktivní zkoušky stanovené přístrojem Schmidt LB byly vypočítány průměrné pevnosti v tlaku a upřesněné součinitelem α . Vyhodnoceny byly dle metodiky uvedené v [5]. Dle ČSN EN 771-1 jim byly přiřazeny tyto pevnostní značky:

Sada 1: Typ 1, $f_{b,u} = 12,2 \text{ MPa}$, pevnostní značka **10**

Typ 2, $f_{b,u} = 15,0 \text{ MPa}$, pevnostní značka **15**

Typ 3, $f_{b,u} = 14,6 \text{ MPa}$, pevnostní značka **10**

Typ 4, $f_{b,u} = 15,1 \text{ MPa}$, pevnostní značka **15**

Sada 2: Typ 5, $f_{b,u} = 8,4 \text{ MPa}$, pevnostní značka **8**

Typ 6, $f_{b,u} = 9,6 \text{ MPa}$, pevnostní značka **8**

Typ 7, $f_{b,u} = 10,6 \text{ MPa}$, pevnostní značka **10**

Po vyhodnocení všech těchto dílčích zkoušek byly sestaveny porovnávající grafy, kde je přehledně znázorněno, jaké jsou rozdíly mezi výsledky zkoušek pevnosti cihel v tlaku stanovených destruktivními a nedestruktivními metodami.

Na závěr byla vyhodnocena charakteristická a návrhová pevnost pro nejnižší a nejvyšší pevnosti v tlaku cihel Sady 1 a Sady 2, stanovené jednak na polovinách cihel, tak na krychli v přirozeně vlhkém stavu. Návrhová a charakteristická pevnost zdiva, vycházející z krychelné pevnosti v tlaku ve stavu přirozeně vlhkém, vyšla u nejméně kvalitních vzorků Typu 1 jako $f_k = 1,84 \text{ MPa}$ a $f_d = 0,65 \text{ MPa}$, u nejkvalitnějších vzorků Typu 7 jako $f_k = 2,78 \text{ MPa}$ a $f_d = 0,93 \text{ MPa}$. Výsledky vycházející z pevnosti v tlaku cihel stanovené na polovinách jsou pro nejméně hodnotné vzorky Typu 1 stanoveny jako $f_k = 1,67 \text{ MPa}$ a $f_d = 0,59 \text{ MPa}$, pro ty nejhodnotnější, Typu 7, určeny hodnotou $f_k = 3,26 \text{ MPa}$ a $f_d = 1,14 \text{ MPa}$.

4. ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo zpracování stručné historie zděných konstrukcí a metodiky průzkumu a hodnocení konstrukcí z cihelného zdiva. Následně byla tato metodika použita v praxi pro vypracování stavebního průzkumu a diagnostiky zděné konstrukce.

V teoretické části byla zpracována historie vývoje cihly, technologie výroby, způsoby jejich značení, vývoj rozměrů a pevností cihel. V další kapitole pak metodika diagnostiky cihlářských výrobků, kde bylo popsáno, jakými způsoby se cihly zkouší. Jednalo se především o zkoušky, jako jsou: stanovení skutečných rozměrů, stanovení objemové hmotnosti, stanovení nasákavosti, pevnost v tlaku zjištěná destruktivně i nedestruktivně, stanovení pevnosti malty a v závěru stanovení návrhové a charakteristické pevnosti v tlaku zdiva. U všech zkoušek byla uvedena její podstata, zkušební postup a vyhodnocení.

Výstupem praktické části bylo vyhodnocení souboru historických zdících prvků odebraných v areálu Filozofické fakulty, Masarykovy univerzity v Brně. Jednalo se o vzorky cihel pocházející z budovy A postavené v letech 1871 – 1872 a z budovy B a spojovacího krčku, který se nachází mezi těmito budovami, pocházejících z přístavby z roku 1905.

Soubor cihel byl nejprve roztržěn a zařazen do jednotlivých období, kdy byly vyrobeny. Následně byly provedeny zkoušky stanovení skutečných rozměrů, objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku na polovinách cihel, pevnosti v tlaku krychelné – ve stavu přirozeně vlhkém, nasyceném a vysušeném a pevnost v tlaku pomocí Schmidt LB.

V rámci této práce byly zpracovány veškeré dostupné vzorky cihel, byl jim přiřazen původ a po provedení a vyhodnocení zkoušek byly označeny pevnostní značkou. Z výsledků zkoušek byla stanovena charakteristická a návrhová pevnost zdiva pro vzorky cihel Sady 1 a Sady 2 s nejnižší a nejvyšší hodnotou pevnosti v tlaku určenou na polovinách cihel a na krychlích ve stavu vysušeném. V závěru byly výsledky pevností v tlaku, stanovené pomocí destruktivních i nedestruktivních zkoušek, vzájemně graficky porovnány a vyhodnoceny. V kapitole 3.6. *Závěr teoretické části* nalezneme komplexní přehled výsledků zkoušek, které byly provedeny na jednotlivých vzorcích z celého souboru cihel.

Seznam použitých zdrojů

Seznam knih a odborné literatury:

- [1] HOBST, L. a kol.: Diagnostika stavebních konstrukcí, knihovnicka.cz, 2005
- [2] CIKRLE, P. a kol. Diagnostické metody ve stavebnictví, modul M01. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2011.
- [3] SCHMID, P. a kol. Základy zkušebnictví, VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2001
- [4] Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů. VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2002
- [5,] Pume, D., Čermák, F. a kol.: Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Praha, Arch, 1993
- [6,] Pytlík, P.; Sokolář, R.: Stavební keramika, CERM, 2002
- [7,] Vymazal, T. a kol.: Stavební látky – cvičebnice, Brno, CERM, 2011
- [8] Ebel, M.: Rozměry cihlářských výrobků, Dějiny staveb, 2001
- [9] Cikrle, P., Ambrosová, V., Havlíková, D.: Zkoušení stavebních materiálů – laboratorní cvičení, Brno, CERM, 1997
- [10] REŽNÁ, Světlana. *Stavebně technický a statický průzkum objektu historické budovy*. Brno, 2007. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
- [10] BAKEŠOVÁ, Martina. *Metodika diagnostiky historického cihelného zdiva*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

Seznam norem:

- [12] ČSN EN 771-1 Specifikace zděných prvků – Část 1: Pálené zděné prvky
- [13] ČSN EN 772-16 Zkoušení metody pro zděné prvky – Část 16: Stanovení rozměrů
- [14] ČSN 72 2603 Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovení mechanických vlastností
- [15] ČSN EN 772 – 1 Zkušební metody pro zděné prvky – Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku
- [16] ČSN EN 772 – 13 Zkušební metody pro zděné prvky – Část 13: Stanovení objemové hmotnosti materiálu zděných prvků za sucha a objemové hmotnosti zděných prvků za sucha (kromě zděných prvků z přírodního kamene)

- [17] ČSN EN 772-7 Zkušební metody pro zdící prvky – Část 7: Stanovení nasákavosti varem pálených zdících prvků pro izolační vrstvy proti vlhkosti
- [18] ČSN 72 2605 Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovení mechanických vlastností
- [19] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí

Ostatní zdroje:

- [20] Výběr separátů z databáze ÚSZK k danému tématu
- [21] Archiv historické literatury ÚSZK a školitele
- [22] Anton, O., Cíkrle, P.: Kvalita cihlářských a železných stavebních prvků v Brně v poslední třetině 19. Století [prezentace] ©2014

Internetové zdroje:

- [23] FF MU. *Phil.muni* [online]. ©2009 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z:
http://www.muni.cz/general/mu_quarters/complex/8/gallery
- [24] The Colonial Williamsburg Foundation. *History* [online]. ©2015 [cit. 2015-01-10].
Dostupné z: <http://www.history.org/Almanack/life/trades/tradebri.cfm>
- [25] D. Sallery. *Bricks* [online]. ©2015 [cit. 2015-01-08]. Dostupné z:
http://www.penmorfa.com/bricks/coleford_brick.htm
- [26] Davar. *Cihelna historie* [online]. ©2012 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z:
http://davar.cz/badatelna/xref/cih_historie.htm
- [27] SZK, *Zkoušení cihelného zdiva v konstrukci* [online]. ©2012 [cit. 2015-12-18].
Dostupné z: http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/ESF_C4_N%C2%A0vod.pdf
- [28] Naseinfo. *Stavby a stavebnictví* [online]. ©2012 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z:
<http://www.naseinfo.cz/stavby-a-stavebnictvi/obvodove-konstrukce-a-materialy>

Seznam obrázků

Kapitola 2:

Obr 2. 1 Příklad nepálené cihly – tzv. vepřovice.....	12
Obr 2. 2 Typický příklad dvojité dřevěné formy užívané při ruční výrobě cihel.....	13
Obr 2. 3 Středověké cihly velkého formátu, tzv. buchta s prstováním.....	13
Obr 2. 4 Skladování dřevěných forem v cihelně	13
Obr 2. 6 Příklad čerstvé, vysušené a vypálené cihly	14
Obr 2. 5 Zarovnávání vyplněné formy s okrajem	14
Obr 2. 7 Plán Hoffmanovy kruhové pece z roku 1907	15
Obr 2. 8 Ukázka pozitivního kolku - cihla z prostoru obce Šatov, okres Znojmo, 18. Století	17
Obr 2. 9 Ukázky negativních kolků - cihly ze sbírek Ústavu stavebního zkušebnictví VUT v Brně.....	18
Obr 2. 10 Místa měřených rozměrů dle ČSN EN 772 - 16.....	20
Obr 2. 11 Tvrdoměr Schmidt LB.....	25
Obr 2. 12 Kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku starých plných pálených cihel z hodnoty odrazu měřené tvrdoměrem Schmidt LB	26
Obr 2. 13 Vrtačky pro zkoušení malty ve spárách (ruční a elektrická PZZ 01)	28
Obr 2. 14 Umístění vrtu ve spáře zdiva (řez zdivem)	29
Obr 2. 15 Kalibrační vztahy pro pevnost v tlaku malty ve spáře zdiva z hloubky vrtu zjištěného ruční a elektrickou vrtačkou	30

Kapitola 3:

Obr 3. 1 Pohled na budovu A a B	33
Obr 3. 2 Fotodokumentace z míst odběru vzorků cihel.....	34
Obr 3. 3 Plán areálu filozofické fakulty Masarykovy univerzity	34
Obr 3. 4 Mapa a označení budov Filozofické fakulty.....	35
Obr 3. 5 Budova chlapeckého sirotčince na ulici Falkensteinerova (dnešní ulice Gorkého)	36
Obr 3. 6 Budova sirotčince okolo roku 1900.....	36

Obr 3. 7 Přístavba nového křídla k budově sirotčince	36
Obr 3. 8 Katastrální mapa z roku 1906	37
Obr 3. 9 Zrekonstruovaná budova A	37
Obr 3. 10 Novostavba budovy B2	37
Obr 3. 11 Výběr 97 ks nejzachovalejších vzorků cihel	38
Obr 3. 12 Roztřízování vzorků cihel.....	38
Obr 3. 13 Variabilita barev u jednoho typu vzorku odebraného v budově A.....	38
Obr 3. 14 Variabilita barev u jednoho typu vzorku odebraného v budově B.....	38
Obr 3. 15 Různorodost barev a rozměrů na jednom typu vzorku.....	39
Obr 3. 16 Detail rozdílnosti barev u jednotlivých vzorků cihel.....	39
Obr 3. 17 Detail vzorku cihly s výskytem velkých cicvárů.....	39
Obr 3. 18 Detail trhliny vzniklé při výpalu cihly.....	39
Obr 3. 19 Vzorek cihly typu I.....	40
Obr 3. 20 Vzorek cihly typu II.....	40
Obr 3. 21 Vzorky cihel typu III	41
Obr 3. 22 Vzorek cihly typu IV	42
Obr 3. 23 Vzorek cihly typu V	42
Obr 3. 24 Vzorky cihel typu VI.....	43
Obr 3. 25 Vzorky cihel typu V	44
Obr 3. 26 Vzorek cihly typu VIII	44
Obr 3. 27 Vzorek cihly typu IX	45
Obr 3. 28 Vzorek cihly typu X	46
Obr 3. 29 Vzorky cihel typu XI.....	46
Obr 3. 30 Vzorek cihly typu XII.....	47
Obr 3. 31 Vzorek cihly typu XIII	48
Obr 3. 32 Vzorek cihly typu XIV	48
Obr 3. 33 Vzorek cihly typu XV.....	49
Obr 3. 34 Vzorek cihly typu XVI	50
Obr 3. 35 Vzorek cihly typu XVII.....	50
Obr 3. 36 Vzorek cihly typu XVIII.....	51
Obr 3. 37 Cihelny v Brně na Doležalově plánu z roku 1858.....	52
Obr 3. 38 Vzorky cihel typu I - XVIII.....	54
Obr 3. 39 Průběh zkoušení – zápis naměřených veličin	54
Obr 3. 40 Sada vzorků – poloviny cihel Sada vzorků – poloviny cihel	57

Obr 3. 41 Sada vzorků – poloviny cihel	57
Obr 3. 42 Fragменты vzorku po provedení zkoušky v tlaku (patrná různobarevnost střepu)	57
Obr 3. 43 Porušené vzorky – radikální rozdíl v barvě střepu	57
Obr 3. 44 Zkušební tělesa vyřezaná z odebraných vzorků	59
Obr 3. 45 Zkoušení krychelné pevnosti v tlaku na lisu	60
Obr 3. 46 Detail porušení zkušebního tělesa	60
Obr 3. 47 Korektnost porušení zkušebních těles	60
Obr 3. 48 Přípravka vzorku ke zkoušce pevnosti v tlaku tvrdoměrem Schmidt LB – obrus povrchu	64
Obr 3. 49 Provádění zkoušky pevnosti v tlaku tvrdoměrem Schmidt LB	64

Seznam grafů

Kapitola 3:

Graf 1 Porovnání průměrné krychelné pevnosti cihel v tlaku ve stavu přirozeně vlhkém, nasyceném a vysušeném	69
Graf 2 Porovnání průměrné pevnosti v tlaku stanovené pomocí Schmidt LB, na polovinách cihel a na krychli ve stavu přirozeně vlhkém	70

Seznam tabulek

Kapitola 2:

Tab 2. 1 Tolerance – kategorie dle mezních odchylek od jmenovitých rozměrů odvozené z ČSN EN 771 – 1 pro prvky LD.....	21
Tab 2. 2 Součinitel vlivu výšky a šířky zdících prvků.....	27

Kapitola 3:

Tab 3. 1 Průměrné rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce	55
Tab 3. 2 Průměrná pevnost v tlaku stanovená na polovinách cihel	58
Tab 3. 3 Průměrné charakteristiky cihel ve stavu vysušeném	60
Tab 3. 4 Průměrná objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu vysušeném	61
Tab 3. 5 Průměrné charakteristiky cihel ve stavu nasyceném	61
Tab 3. 6 Průměrná objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu nasyceném	61
Tab 3. 7 Průměrné charakteristiky cihel ve stavu přirozeně vlhkém	62
Tab 3. 8 Průměrná objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu přirozeně vlhkém	62
Tab 3. 9 Průměrné hodnoty ukazatele změknutí	63
Tab 3. 10 Průměrná nasákavost vzorků cihel	63
Tab 3. 11 Součinitel upřesnění α	65
Tab 3. 12 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 1	65
Tab 3. 13 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 2	66
Tab 3. 14 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 3	66
Tab 3. 15 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 4	66
Tab 3. 16 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 5	67
Tab 3. 17 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 6	67
Tab 3. 18 Průměrná a normalizovaná pevnost v tlaku – Typ 7	67
Tab 3. 19 Charakteristická a návrhová pevnost zdiva v tlaku stanovená z průměrné krychelné pevnosti cihel v tlaku ve stavu přirozeně vlhkém	72
Tab 3. 20 Charakteristická a návrhová pevnost zdiva v tlaku stanovená z průměrných pevností polovin cihel v tlaku	72

Seznam příloh

Příloha 1 - Stanovení skutečných rozměrů a objemové hmotnosti cihel

Příloha 2 - Stanovení pevnosti v tlaku na polovinách cihel

Příloha 3 - Stanovení krychelné pevnosti cihel v tlaku

Příloha 4 - Stanovení pevnosti cihel v tlaku pomocí Schmidt LB

Příloha 1

Stanovení skutečných rozměrů a objemové hmotnosti cihel

Tab. 1 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ I

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
I-1	307	154	70	5355,2	1618
I-2	301	150	72	5091,8	1566
I-3	307	153	70	5006,4	1523
Průměr	305	152	71	5151,1	1569

Tab. 2 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ II

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
II-1	303	154	71	5432	1640
II-2	297	152	69	4324,7	1388
II-3	297	154	69	4680,5	1483
II-4	302	152	73	4949,4	1477
II-5	307	152	67	4780,3	1529
II-6	298	151	68	4564,7	1492
II-7	302	151	67	4833,2	1582
Průměr	301	152	69	4795	1513

Tab. 3 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ III

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
III-1	302	151	71	4875	1506
III-2	300	152	75	5225,9	1528
III-3	300	152	73	5277,8	1585
III-4	299	154	71	5188,8	1587
III-5	302	152	68	4736,7	1517
III-6	304	156	74	5231,9	1491
III-7	305	155	70	5253,4	1587
III-8	299	154	72	5188,1	1565
Průměr	301	153	72	5122,2	1546

Tab. 4 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ IV

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
IV-1	300	153	73	5145,5	1536
IV-2	305	153	70	5306,4	1624
IV-3	304	157	73	5331,8	1530
IV-4	309	154	73	5345,5	1539
IV-5	304	153	71	5175,2	1567
IV-6	302	150	71	5246,8	1631
Průměr	304	153	72	5258,5	1571

Tab. 5 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ V

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
V-1	297	148	74	4962,6	1526
Průměr	297	148	74	4962,6	1526

Tab. 6 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ VI

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
VI-1	302	151	72	5266,9	1604
VI-2	301	152	71	4811,4	1481
VI-3	300	153	74	5101,7	1502
VI-4	301	150	70	5113,5	1618
VI-5	300	153	68	4656,1	1492
Průměr	301	152	71	4989,9	1539

Tab. 7 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ VII

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
VII-1	299	144	71	4672,1	1528
VII-2	297	149	72	4693,6	1473
VII-3	296	151	71	4595,1	1448
VII-4	300	149	72	4740,3	1473
VII-5	292	149	72	4565,3	1457
VII-6	299	145	72	4397,2	1409
VII-7	293	148	67	4686,2	1613
VII-8	293	148	70	4581,1	1509
VII-9	296	150	71	4604,1	1461
VII-10	295	146	70	4671	1549
VII-11	295	147	71	4565,4	1483
VII-12	297	147	69	4120,5	1368
VII-13	297	147	72	4746,7	1510
VII-14	289	149	71	4389	1436
Průměr	296	148	71	4573,4	1480

Tab. 8 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ VIII

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
VIII-1	301	150	71	4791,8	1495
Průměr:	301	150	71	4791,8	1495

Tab. 9 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ IX

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
IX-1	295	146	69	4428,8	1490
Průměr	295	146	69	4428,8	1490

Tab. 10 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ X

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
X-1	303	150	71	5044,8	1563
Průměr	303	150	71	5044,8	1563

Tab. 11 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ XI

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
XI-1	292	148	70	4433,6	1466
XI-2	290	145	70	4449,2	1512
XI-3	293	146	68	4449,1	1529
XI-4	290	145	69	4475,3	1542
XI-5	292	144	70	4110,8	1397
XI-6	293	146	73	4581,7	1467
XI-7	294	147	67	4436,9	1532
XI-8	287	141	67	4362,5	1609
XI-9	296	144	67	4399,1	1540
XI-10	291	144	71	4637,7	1559
XI-11	288	145	69	4346,9	1509
XI-12	293	142	68	4725,9	1670
XI-13	290	146	66	3942,7	1411
XI-14	293	145	66	4272,8	1524
XI-15	289	145	68	4321,9	1517
Průměr	291	145	69	4396,4	1519

Tab. 12 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ XII

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
XII-1	288	143	69	3945,1	1388
XII-2	291	138	67	4312	1603
XII-3	294	144	68	4377,6	1521
XII-4	293	145	65	4053,2	1468
XII-5	288	136	72	4325,7	1534
XII-6	281	136	63	4026,1	1672
XII-7	293	145	64	4097,8	1507
Průměr	290	141	67	4162,5	1527

Tab. 13 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ XIII

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
XIII-1	299	143	70	4461,1	1491
XIII-2	292	144	65	4700,8	1720
XIII-3	295	143	70	4291,3	1453
Průměr	295	143	68	4484,4	1555

Tab. 14 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ XIV

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
XIV-1	302	154	69	4892,4	1525
Průměr	302	154	69	4892,4	1525

Tab. 15 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ XV

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
XV-1	293	140	68	4298,3	1541
XV-2	293	146	69	4362,4	1478
XV-3	292	147	58	4408,9	1771
XV-4	289	143	69	4244,9	1489
XV-5	292	143	67	4246,5	1518
XV-6	290	147	67	4303	1507
XV-7	291	144	66	4255,4	1539
XV-8	297	141	64	4231,4	1579
XV-9	295	148	72	4158,3	1323
XV-10	294	147	72	4111	1321
XV-11	294	151	74	4286,3	1305
Průměr	293	145	68	4264,2	1488

Tab. 16 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ XVI

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
XVI-1	299	149	68	4750,3	1568
XVI-2	296	148	69	4403,1	1457
XVI-3	295	150	67	4379,2	1477
Průměr	297	149	68	4510,9	1501

Tab. 17 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ XVII

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška v [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
XVII-1	303	153	70	5156,4	1589
Průměr	303	153	70	5156,4	1589

Tab. 18 Rozměry a objemová hmotnost cihel odebraných z konstrukce – Typ XVIII

Sada vzorků	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška h_u [mm]	Hmotnost m_u [g]	Objemová hmotnost ρ_u [kg/m ³]
XVIII-1	293	149	69	4576,2	1519
XVIII-2	292	148	69	4555,4	1528
XVIII-3	294	152	67	4503,6	1504
XVIII-4	288	141	68	4261,1	1543
XVIII-5	295	146	69	4505,5	1516
XVIII-6	291	142	71	4605,3	1570
XVIII-7	292	145	66	4399,7	1574
XVIII-8	296	147	70	4911,3	1612
XVIII-9	293	149	69	4872,8	1618
Průměr	293	147	69	4576,8	1554

Příloha 2

Stanovení pevnosti v tlaku na polovinách cihel

Tab. 19 Pevnost v tlaku stanovená na polovinách cihel – Typ 1

Vzorek		Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška $h_{u,p}$ [mm]	Síla v tlaku F_c [KN]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [Mpa]
Typ 1	I-1	143	154	70	159,7	7,3
	I-3	145	153	70	161,6	7,3
Průměr						7,3

Tab. 20 Pevnost v tlaku stanovená na polovinách cihel – Typ 2

Vzorek		Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška $h_{u,p}$ [mm]	Síla v tlaku F_c [KN]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [Mpa]
Typ 2	II-1	145	154	71	204,7	9,2
	II-2	145	152	69	254,1	11,5
	II-3	145	154	69	337,9	15,1
	II-5	144	152	67	196,1	9,0
	II-6	144	151	68	180,3	8,3
	II-7	142	151	67	192,8	9,0
	VI-3	144	153	74	332,1	15,1
	VI-4	145	150	70	215,1	9,9
	VI-5	145	153	68	345,3	15,6
	XVI-2	143	148	69	458,7	21,7
	XVI-3	144	150	67	377,3	17,5
Průměr						12,9

Tab. 21 Pevnost v tlaku stanovená na polovinách cihel – Typ 3

Vzorek		Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška $h_{u,p}$ [mm]	Síla v tlaku F_c [KN]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [Mpa]
Typ 3	III-1	145	151	71	182,6	8,3
	III-5	145	152	68	419	19,0
	III-6	145	156	74	287,9	12,7
	III-7	144	155	70	190,8	8,4
	III-8	147	154	72	242,8	10,7
Průměr						11,8

Tab. 22 Pevnost v tlaku stanovená na polovinách cihel – Typ 4

Vzorek		Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška $h_{u,p}$ [mm]	Síla v tlaku F_c [kN]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [Mpa]
Typ 4	IV-2	144	153	70	218,9	9,9
	IV-3	145	157	73	291,4	12,8
	IV-5	145	153	71	181,5	8,2
	IV-6	144	150	71	538	24,9
Průměr						14,0

Tab. 23 Pevnost v tlaku stanovená na polovinách cihel – Typ 5

Vzorek		Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška $h_{u,p}$ [mm]	Síla v tlaku F_c [kN]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [Mpa]
Typ 5	VII-1	144	144	71	282,7	13,6
	VII-3	146	151	71	177,3	8,0
	VII-4	145	149	72	244,8	11,3
	VII-5	145	149	72	188,3	8,7
	VII-6	144	145	72	206,2	9,9
	VII-7	147	148	67	235,1	10,8
	VII-8	143	148	70	240,9	11,4
	VII-9	143	150	71	201,3	9,4
	VII-10	145	146	70	217,8	10,3
	VII-11	144	147	71	273,5	12,9
	VII-13	143	147	72	221,1	10,5
	VII-14	142	149	71	195,1	9,2
	Průměr					

Tab. 24 Pevnost v tlaku stanovená na polovinách cihel – Typ 6

Vzorek	Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška $h_{u,p}$ [mm]	Síla v tlaku F_c [kN]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [Mpa]
XI-1	145	148	70	243,6	11,4
XI-2	146	145	70	269,7	12,7
XI-3	146	146	68	200,1	9,4
XI-5	144	144	70	172,9	8,3
XI-6	145	146	73	164,6	7,8
XI-7	144	147	67	249,3	11,8
XI-8	144	141	67	346,2	17,1
XI-9	145	144	67	239,4	11,5
XI-10	150	144	71	283,9	13,1
XI-11	144	145	69	258,3	12,4
XI-12	145	142	68	261,4	12,7
XI-13	141	146	66	236,3	11,5
XI-14	143	145	66	223,3	10,8
XI-15	145	145	68	267	12,7
XII-2	145	138	67	388,3	19,4
XII-3	144	144	68	267	12,9
XII-4	145	145	65	177,4	8,4
XII-5	144	136	72	208,2	10,6
XII-6	145	136	63	432,5	21,9
XII-7	145	145	64	151,1	7,2
XV-2	145	146	69	241,3	11,4
XV-3	145	147	58	261,5	12,3
XV-4	145	143	69	221,1	10,7
XV-5	144	143	67	292,4	14,2
XV-6	145	147	67	203,7	9,6
XV-7	144	144	66	281,1	13,6
XV-8	144	141	64	311,2	15,3
XV-9	147	148	72	225,8	10,4
XV-10	144	147	72	189,8	9,0
XV-11	143	151	74	243,5	11,3
XVIII-1	145	149	69	205,3	9,5
XVIII-3	150	152	67	251,9	11,0
XVIII-4	144	141	68	239	11,8
XVIII-5	144	146	69	213,5	10,2
XVIII-6	144	142	71	228,7	11,2
XVIII-7	143	145	66	227,4	11,0
XVIII-8	140	147	70	221,2	10,7
XVIII-9	144	149	69	303,3	14,1
Průměr					11,9

Tab. 25 Pevnost v tlaku stanovená na polovinách cihel – Typ 7

Vzorek		Délka l_u [mm]	Šířka b_u [mm]	Výška $h_{u,p}$ [mm]	Síla v tlaku F_c [KN]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [Mpa]
Typ 7	XIII-2	142	144	65	477,2	23,3
	XIII-3	144	143	70	257,1	12,5
Průměr						17,9

Příloha 3

Stanovení krychelné pevnosti cihel v tlaku

Ve stavu vysušeném:

Tab. 26 Charakteristiky cihel ve stavu vysušeném – Typ 1

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{d,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]
Typ 1	I-1	54,9	55,1	54,6	269,2	43
	I-3	55,1	54,9	53,7	254,5	25,7
Průměr		55,0	55,0	54,3	261,9	34,4

Tab. 27 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu vysušeném – Typ 1

Vzorek		Objemová hmotnost $\rho_{d,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost f_b [N/mm ²]	Přepočtená pevnost na celou cihlu $f_{b,u}$ [N/mm ²]
Typ 1	I-1	1630	14,2	12,5	16,7
	I-3	1567	8,5	7,5	10,0
Průměr		1598	11,4	10,0	13,3

Tab. 28 Charakteristiky cihel ve stavu vysušeném – Typ 2

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{d,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]
Typ 2	II-1	54,8	54,8	55,5	282,2	40,5
	II-2	54,2	56,1	54,7	249,7	34,5
	II-3	55,0	53,7	55,1	252,9	43
	II-5	55,1	55,4	54,7	267,7	15
	II-6	54,1	54,4	54,4	255,9	19,1
	II-7	53,3	52,7	53,2	239,1	23,5
	VI-3	55,0	54,8	54,9	261	52,2
	VI-4	54,5	54,5	54,1	262,4	43,8
	VI-5	54,9	54,5	54,5	253,4	60
	XVI-2	55,2	55,1	55,0	254	41,3
	XVI-3	55,2	55,1	55,2	257,6	45,5
Průměr		54,7	54,6	54,7	257,8	38,0

Tab. 29 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu vysušeném – Typ 2

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{d,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost f_b [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,u}$ [N/mm ²]	
Typ 2	II-1	1694	13,5	11,9	8,9
	II-2	1501	11,3	10,0	7,5
	II-3	1554	14,5	12,8	9,6
	II-5	1604	4,9	4,3	3,2
	II-6	1597	6,5	5,7	4,3
	II-7	1601	8,4	7,4	5,5
	VI-3	1578	17,3	15,2	11,4
	VI-4	1633	14,8	13,0	9,7
	VI-5	1555	20,1	17,6	13,2
	XVI-2	1519	13,6	12,0	9,0
	XVI-3	1538	15,0	13,2	9,9
Průměr	1579	12,7	11,2	8,4	

Tab. 30 Charakteristiky cihel ve stavu vysušeném – Typ 3

Vzorek	Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{d,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]	
Typ 3	III-1	55,0	54,7	54,8	252,8	38,2
	III-5	54,3	54,4	54,9	253,8	85,5
	III-6	55,5	55,1	54,1	267	42,3
	III-7	55,1	54,5	55,1	263,5	34,5
	III-8	55,1	54,9	54,4	266,6	41,5
Průměr	55,0	54,7	54,7	260,7	48,4	

Tab. 31 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu vysušeném – Typ 3

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{d,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost f_b [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,u}$ [N/mm ²]	
Typ 3	III-1	1536	12,7	11,2	8,4
	III-5	1567	29,0	25,5	19,1
	III-6	1613	13,8	12,2	9,1
	III-7	1592	11,5	10,1	7,6
	III-8	1620	13,7	12,1	9,1
Průměr	1585	16,1	14,2	10,7	

Tab. 32 Charakteristiky cihel ve stavu vysušeném – Typ 4

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{d,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]
Typ 4	IV-2	54,7	54,5	54,5	268,2	29,5
	IV-3	54,4	55,0	54,9	254,1	27,6
	IV-5	54,8	54,8	54,8	263,9	29,7
	IV-6	53,9	54,7	54,5	259,8	48
Průměr		54,4	54,7	54,7	261,5	33,7

Tab. 33 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu vysušeném – Typ 4

Vzorek		Objemová hmotnost $\rho_{d,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost f_b [N/mm ²]	Přepočít na celou cihlu $f_{b,u}$ [N/mm ²]
Typ 4	IV-2	1653	9,9	8,7	6,5
	IV-3	1549	9,2	8,1	6,1
	IV-5	1606	9,9	8,7	6,5
	IV-6	1619	16,3	14,3	10,8
Průměr		1607	11,3	10,0	7,5

Tab. 34 Charakteristiky cihel ve stavu vysušeném – Typ 5

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{d,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]
Typ 5	VII-1	55,0	54,9	55,3	265,6	33
	VII-3	55,4	55,0	55,3	258,1	32,9
	VII-4	53,8	54,9	54,4	247	39
	VII-5	55,0	54,8	55,0	261,2	28,1
	VII-6	47,5	47,6	47,4	185	52
	VII-7	54,9	54,8	54,9	266,6	39,5
	VII-8	55,1	54,8	54,6	261	31,5
	VII-9	55,1	55,3	55,1	257,6	29,5
	VII-10	55,3	55,3	54,8	267,1	21,3
	VII-11	54,8	54,9	54,9	249,1	25,5
	VII-13	55,3	55,1	54,8	257,1	20,3
	VII-14	54,0	54,3	54,5	251,9	29,5
Průměr		54,2	54,3	54,2	252,3	31,8

Tab. 35 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu vysušeném – Typ 5

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{d,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost f_b [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,u}$ [N/mm ²]	
Typ 5	VII-1	1593	10,9	9,6	7,2
	VII-3	1533	10,8	9,5	7,1
	VII-4	1540	13,2	11,6	8,7
	VII-5	1579	9,3	8,2	6,2
	VII-6	1729	23,0	19,3	14,5
	VII-7	1617	13,1	11,6	8,7
	VII-8	1584	10,4	9,2	6,9
	VII-9	1537	9,7	8,5	6,4
	VII-10	1596	7,0	6,1	4,6
	VII-11	1508	8,5	7,5	5,6
	VII-13	1542	6,7	5,9	4,4
	VII-14	1577	10,1	8,9	6,6
	Průměr	1578	11,1	9,7	7,2

Tab. 36 Charakteristiky cihel ve stavu vysušeném – Typ 6

Vzorek	Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{d,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]	
Typ 6	XI-1	55,1	55,3	54,8	247,3	26
	XI-2	54,5	54,9	55,0	264,7	41,8
	XI-3	54,9	54,9	54,7	258,9	27,5
	XI-5	55,4	55,3	54,8	256,3	25,5
	XI-6	54,9	55,0	54,6	257,6	27,8
	XI-7	55,3	55,4	54,6	267,7	28,8
	XI-8	55,0	55,2	55,5	274,8	35,3
	XI-9	54,9	55,1	55,3	265	33
	XI-10	54,9	55,1	54,4	269,3	36,1
	XI-11	55,0	54,6	55,3	266,2	39,1
	XI-12	54,9	54,7	54,8	279,8	35
	XI-13	55,1	55,1	55,2	261,6	30
	XI-14	54,5	54,4	54,6	249,1	24,8
	XI-15	54,8	55,0	55,0	262,8	47
	XII-2	55,2	53,8	54,6	265,8	45,2
	XII-3	54,3	53,5	54,3	248,5	29,1
	XII-4	54,9	55,1	55,6	251	30,7
XII-5	56,2	56,4	56,6	294,9	34,2	

XII-6	55,2	54,6	55,5	259,1	25
XII-7	55,2	54,1	54,3	250,7	16
XV-2	54,8	54,9	55,2	251,9	25
XV-3	54,6	54,7	55,1	258,6	28,5
XV-4	53,7	54,3	55,1	255,8	32,2
XV-5	54,7	54,5	54,6	256,3	18,2
XV-6	55,1	54,8	55,3	256,9	25
XV-7	55,0	54,9	55,1	255,3	28
XV-8	47,3	47,4	46,7	181,1	40,5
XV-9	54,9	54,8	55,1	253,3	27,4
XV-10	54,7	54,6	54,0	251,6	36,1
XV-11	54,6	54,9	54,6	248,9	32,8
XVIII-1	54,6	54,7	54,3	259,6	20
XVIII-3	54,7	54,6	54,7	254,6	27
XVIII-4	55,0	54,8	54,4	251	31,6
XVIII-5	55,0	54,4	55,1	253,6	27,2
XVIII-6	55,0	54,8	55,1	273,4	31,5
XVIII-7	54,5	55,0	54,1	257,7	40,1
XVIII-8	54,9	55,1	55,0	269,5	44,3
XVIII-9	54,6	54,9	54,6	269,3	38,9
Průměr	54,7	54,6	54,7	258,1	31,4

Tab. 37 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu vysušeném – Typ 6

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{d,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost f_b [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,u}$ [N/mm ²]	
Typ 6	XI-1	1482	8,5	7,5	5,6
	XI-2	1609	14,0	12,3	9,2
	XI-3	1571	9,1	8,0	6,0
	XI-5	1527	8,3	7,3	5,5
	XI-6	1564	9,2	8,1	6,1
	XI-7	1599	9,4	8,3	6,2
	XI-8	1632	11,6	10,2	7,7
	XI-9	1584	10,9	9,6	7,2
	XI-10	1638	12,0	10,5	7,9
	XI-11	1606	13,0	11,5	8,6
	XI-12	1703	11,7	10,3	7,7
	XI-13	1559	9,9	8,7	6,5
	XI-14	1538	8,4	7,4	5,5
	XI-15	1587	15,6	13,7	10,3
	XII-2	1640	15,2	13,4	10,0

XII-3	1576	10,0	8,8	6,6
XII-4	1490	10,1	8,9	6,7
XII-5	1645	10,8	9,5	7,1
XII-6	1549	8,3	7,3	5,5
XII-7	1545	5,4	4,7	3,5
XV-2	1517	8,3	7,3	5,5
XV-3	1570	9,5	8,4	6,3
XV-4	1593	11,1	9,7	7,3
XV-5	1574	6,1	5,4	4,0
XV-6	1539	8,3	7,3	5,5
XV-7	1536	9,3	8,2	6,1
XV-8	1729	18,1	15,9	11,9
XV-9	1529	9,1	8,0	6,0
XV-10	1563	12,1	10,7	8,0
XV-11	1522	11,0	9,6	7,2
XVIII-1	1599	6,7	5,9	4,4
XVIII-3	1558	9,0	8,0	6,0
XVIII-4	1530	10,5	9,2	6,9
XVIII-5	1537	9,1	8,0	6,0
XVIII-6	1649	10,5	9,2	6,9
XVIII-7	1589	13,4	11,8	8,8
XVIII-8	1622	14,7	12,9	9,7
XVIII-9	1645	13,0	11,4	8,6
Průměr	1580	10,6	9,3	7,0

Tab. 38 Charakteristiky cihel ve stavu vysušeném – Typ 7

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{d,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]
Typ 7	XIII-2	55,2	55,4	54,5	281,2	38,9
	XIII-3	54,4	55,1	54,4	248,9	31,2
Průměr		54,8	55,2	54,5	265,1	35,1

Tab. 39 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu vysušeném – Typ 7

Vzorek		Objemová hmotnost $\rho_{d,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost f_b [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,u}$ [N/mm ²]
Typ 7	XIII-2	1688	12,7	11,2	8,4
	XIII-3	1527	10,4	9,2	6,9
Průměr		1607	11,6	10,2	7,6

Ve stavu nasyceném:

Tab. 40 Charakteristiky cihel ve stavu nasyceném – Typ 1

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{s,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]
Typ 1	I-1	54,6	54,8	53,7	304,8	13,9
	I-3	54,5	53,9	54,9	300,9	15,1
Průměr		54,6	54,4	54,4	302,9	14,5

Tab. 41 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu nasyceném – Typ 1

Vzorek		Objemová hmotnost $\rho_{s,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,s,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,s}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,s,u}$ [N/mm ²]
Typ 1	I-1	1892	4,6	4,1	5,4
	I-3	1863	5,1	4,5	6,0
Průměr		1877	4,9	4,3	5,7

Tab. 42 Charakteristiky cihel ve stavu nasyceném – Typ 2

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{s,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]
Typ 2	II-1	55,3	55,4	55,5	327,5	16,7
	II-2	54,4	55,4	54,2	296,3	17,1
	II-3	55,0	54,8	55,1	304,1	21
	II-5	54,6	55,2	56,2	324,4	23,6
	II-6	54,6	54,9	54,8	306,2	4,5
	II-7	47,6	51,3	49,2	298,2	10
	VI-3	55,1	55,2	55,1	311,7	36,8
	VI-4	54,6	54,4	54,0	311,6	21,1
	VI-5	54,7	54,3	54,5	299,4	36,9
	XVI-2	53,4	54,8	55,2	395,6	58,5
	XVI-3	55,5	55,1	55,6	305,1	36,1
Průměr		54,1	54,6	54,5	316,4	25,7

Tab. 43 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu nasyceném – Typ 3

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{s,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,s,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,s}$ [N/mm ²]	Přepočít na celou cihlu $f_{b,s,u}$ [N/mm ²]	
Typ 2	II-1	1926	5,5	4,8	6,4
	II-2	1818	5,7	5,0	6,7
	II-3	1832	7,0	6,1	8,2
	II-5	1917	7,8	6,9	9,2
	II-6	1863	1,5	1,3	1,8
	II-7	2483	4,1	3,5	4,6
	VI-3	1858	12,1	10,6	14,2
	VI-4	1947	7,1	6,3	8,3
	VI-5	1850	12,4	10,9	14,6
	XVI-2	2452	20,0	17,6	23,5
	XVI-3	1793	11,8	10,4	13,8
Průměr	1976	8,6	7,6	10,1	

Tab. 44 Charakteristiky cihel ve stavu nasyceném – Typ 3

Vzorek	Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{s,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]	
Typ 3	III-1	54,8	54,8	54,7	304,7	19,6
	III-5	54,8	54,3	54,5	303,7	73,2
	III-6	53,7	54,1	54,9	298,5	11,5
	III-7	55,0	55,1	54,9	307,5	11,3
	III-8	55,0	55,1	54,7	312,8	18,2
Průměr	54,6	54,7	54,7	305,4	26,8	

Tab. 45 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu nasyceném – Typ 4

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{s,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,s,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,s}$ [N/mm ²]	Přepočít na celou cihlu $f_{b,s,u}$ [N/mm ²]	
Typ 3	III-1	1856	6,5	5,7	7,7
	III-5	1875	24,6	21,7	28,9
	III-6	1875	4,0	3,5	4,7
	III-7	1850	3,7	3,3	4,4
	III-8	1886	6,0	5,3	7,0
Průměr	1868	9,0	7,9	10,5	

Tab. 46 Charakteristiky cihel ve stavu nasyceném – Typ 4

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{s,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]
Typ 4	IV-2	54,1	55,1	54,3	310,4	16,3
	IV-3	55,1	55,0	55,0	308,7	28
	IV-5	54,6	54,3	54,8	306,1	11,9
	IV-6	53,4	53,9	54,2	298,2	57
Průměr		54,3	54,6	54,6	305,9	28,3

Tab. 47 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu nasyceném – Typ 4

Vzorek		Objemová hmotnost $\rho_{s,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,s,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,s}$ [N/mm ²]	Přepočít na celou cihlu $f_{b,s,u}$ [N/mm ²]
Typ 4	IV-2	1917	5,5	4,8	6,4
	IV-3	1849	9,2	8,1	10,8
	IV-5	1884	4,0	3,5	4,7
	IV-6	1909	19,8	17,4	23,2
Průměr		1890	9,6	8,5	11,3

Tab. 48 Charakteristiky cihel ve stavu nasyceném – Typ 5

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{s,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]	
Typ 5	VII-1	54,9	55,6	54,0	311	21,5	
	VII-3	54,3	55,9	55,2	308,9	24,5	
	VII-4	54,7	54,9	54,4	302,8	32,5	
	VII-5	54,8	54,6	55,0	310,9	21,3	
	VII-6	55,1	53,4	54,9	304,1	21,8	
	VII-7	54,8	55,1	54,5	310,6	18,4	
	VII-8	54,9	54,9	55,1	311	22	
	VII-9	55,2	55,4	55,3	212,1	32,5	
	VII-10	55,3	55,1	55,3	320,4	27,3	
	VII-11	54,8	55,5	54,3	305,4	19,5	
	VII-13	54,1	55,1	55,0	306,2	18,6	
	VII-14	54,2	54,6	54,6	302,6	18,5	
	Průměr		54,8	96,7	54,8	300,5	23,2

Tab. 49 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu nasyceném – Typ 5

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{s,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,s,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,s}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,s,u}$ [N/mm ²]	
Typ 5	VII-1	1890	7,0	6,2	8,3
	VII-3	1845	8,1	7,1	9,5
	VII-4	1853	10,8	9,5	12,7
	VII-5	1889	7,1	6,3	8,4
	VII-6	1879	7,4	6,5	8,7
	VII-7	1887	6,1	5,4	7,2
	VII-8	1873	7,3	6,4	8,6
	VII-9	1254	10,6	9,4	12,5
	VII-10	1899	9,0	7,9	10,5
	VII-11	1847	6,4	5,6	7,5
	VII-13	1869	6,2	5,5	7,3
	VII-14	184	0,6	0,5	0,7
Průměr	1681	7,2	6,4	8,5	

Tab. 50 Charakteristiky cihel ve stavu nasyceném – Typ 6

Vzorek	Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{s,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]	
Typ 6	XI-1	55,0	54,8	55,6	322	27,6
	XI-2	54,8	54,4	54,7	309,7	33
	XI-3	54,1	54,7	54,7	309,8	20
	XI-5	55,5	55,2	55,6	307	25,8
	XI-6	54,8	55,1	54,6	304,1	24,7
	XI-7	55,2	55,4	55,4	319,6	19,8
	XI-8	54,8	55,0	55,2	315,4	27,9
	XI-9	54,9	55,0	55,1	309,4	21,8
	XI-10	53,8	54,7	54,8	306,1	24,6
	XI-11	55,0	54,7	55,2	314,1	30,7
	XI-12	55,1	55,2	55,0	307,1	29,3
	XI-13	55,3	55,3	55,5	313,8	26,1
	XI-14	53,4	55,3	55,1	298,9	22,6
	XI-15	55,0	54,9	54,8	310,3	24,7
	XII-2	54,9	55,3	55,1	318	52,8
	XII-3	54,6	53,6	55,1	293,1	38,2
	XII-4	55,5	55,3	55,0	305,6	17,6
XII-5	55,5	56,2	57,2	335,7	31,2	

XII-6	55,5	55,3	54,6	324,8	57
XII-7	55,0	55,1	55,6	305,2	14,5
XV-2	54,4	54,8	54,2	299,2	23,8
XV-3	54,7	54,8	54,3	306,4	23,5
XV-4	54,0	54,7	55,0	305,7	22,5
XV-5	54,8	54,3	55,4	307,3	36,1
XV-6	55,3	55,0	55,4	317,5	30,5
XV-7	54,7	54,7	55,3	306,8	27,5
XV-8	47,0	47,4	47,1	200,4	37,2
XV-9	54,8	54,8	55,1	307	19,7
XV-10	54,1	54,9	54,9	300	19,5
XV-11	54,7	54,7	54,9	299,6	30,5
XVIII-1	54,7	54,5	54,7	310,4	18,5
XVIII-3	54,9	54,5	54,8	301,6	21,6
XVIII-4	54,5	54,6	54,7	299,2	24,5
XVIII-5	54,5	55,0	54,3	303,1	17,6
XVIII-6	55,0	55,1	54,8	310,8	20,4
XVIII-7	54,7	54,8	54,4	306,3	38
XVIII-8	54,9	54,9	54,7	312,5	25,4
XVIII-9	55,0	54,8	54,8	312,4	19,8
Průměr	54,6	54,7	54,8	306,2	27,0

Tab. 51 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu nasyceném – Typ 6

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{s,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,s,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,s}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,s,u}$ [N/mm ²]	
Typ 6	XI-1	1924	9,2	8,1	10,8
	XI-2	1897	11,1	9,7	13,0
	XI-3	1899	6,7	5,9	7,9
	XI-5	1804	8,4	7,4	9,9
	XI-6	1847	8,2	7,2	9,6
	XI-7	1886	6,5	5,7	7,6
	XI-8	1897	9,3	8,1	10,9
	XI-9	1860	7,2	6,4	8,5
	XI-10	1899	8,4	7,4	9,8
	XI-11	1891	10,2	9,0	12,0
	XI-12	1836	9,6	8,5	11,3
	XI-13	1853	8,5	7,5	10,0
	XI-14	1836	7,7	6,7	9,0
	XI-15	1875	8,2	7,2	9,6
	XII-2	1900	17,4	15,3	20,4

XII-3	1818	13,1	11,5	15,3
XII-4	1810	5,7	5,0	6,7
XII-5	1879	10,0	8,8	11,7
XII-6	1940	18,6	16,4	21,8
XII-7	1811	4,8	4,2	5,6
XV-2	1849	8,0	7,0	9,4
XV-3	1883	7,8	6,9	9,2
XV-4	1880	7,6	6,7	8,9
XV-5	1861	12,1	10,7	14,2
XV-6	1883	10,0	8,8	11,8
XV-7	1856	9,2	8,1	10,8
XV-8	1911	16,7	14,0	18,7
XV-9	1856	6,6	5,8	7,7
XV-10	1841	6,6	5,8	7,7
XV-11	1827	10,2	9,0	12,0
XVIII-1	1902	6,2	5,5	7,3
XVIII-3	1838	7,2	6,4	8,5
XVIII-4	1840	8,2	7,3	9,7
XVIII-5	1864	5,9	5,2	6,9
XVIII-6	1871	6,7	5,9	7,9
XVIII-7	1878	12,7	11,1	14,9
XVIII-8	1895	8,4	7,4	9,9
XVIII-9	1893	6,6	5,8	7,7
Průměr	1868	9,1	8,0	10,6

Tab. 52 Charakteristiky cihel ve stavu nasyceném – Typ 7

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{s,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]
Typ 7	XIII-2	54,4	55,7	54,9	316,5	37,7
	XIII-3	54,5	55,0	54,4	299,6	33,8
Průměr		54,5	55,3	54,7	308,1	35,8

Tab. 53 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu nasyceném – Typ 7

Vzorek		Objemová hmotnost $\rho_{s,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,s,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,s}$ [N/mm ²]	Přepočít na celou cihlu $f_{b,s,u}$ [N/mm ²]
Typ 7	XIII-2	1901	12,4	10,9	14,6
	XIII-3	1837	11,3	9,9	13,2
Průměr		1869	11,9	10,4	13,9

Ve stavu přirozeně vlhkém:

Tab. 54 Charakteristiky cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 1

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{v,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]
Typ 1	I-1	55,0	54,6	54,9	269,3	28,9
	I-3	54,7	54,9	53,0	256,6	13,6
Průměr		54,8	54,7	54,0	263,0	21,3

Tab. 55 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 1

Vzorek		Objemová hmotnost $\rho_{v,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,v,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,v}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,v,u}$ [N/mm ²]
Typ 1	I-1	1636	9,6	8,5	6,4
	I-3	1613	4,5	4,0	3,0
Průměr		1625	7,1	6,2	4,7

Tab. 56 Charakteristiky cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 2

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{v,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]
Typ 2	II-1	55,1	54,9	55,1	289,3	23,7
	II-2	54,4	55,4	54,1	246,6	21,1
	II-3	54,8	55,0	54,4	259,7	34,2
	II-5	55,6	55,2	55,7	272,6	22
	II-6	54,2	54,8	54,7	563,4	8,2
	II-7	53,5	52,6	55,5	257,4	12
	VI-3	54,8	55,0	54,2	267	54,2
	VI-4	54,3	54,5	54,2	269,1	28,1
	VI-5	54,4	54,6	54,9	255,7	43,2
	XVI-2	55,1	54,9	55,1	256,9	41,7
	XVI-3	55,1	54,9	55,0	259,1	44
Průměr		54,7	54,7	54,8	290,6	30,2

Tab. 57 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 2

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{v,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,v,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,v}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,v,u}$ [N/mm ²]	
Typ 2	II-1	1735	7,8	6,9	5,2
	II-2	1513	7,0	6,2	4,6
	II-3	1586	11,4	10,0	7,5
	II-5	1594	7,2	6,3	4,7
	II-6	3470	2,8	2,4	1,8
	II-7	1649	4,3	3,8	2,8
	VI-3	1632	18,0	15,8	11,9
	VI-4	1677	9,5	8,3	6,3
	VI-5	1569	14,5	12,8	9,6
	XVI-2	1541	13,8	12,1	9,1
	XVI-3	1559	14,6	12,8	9,6
Průměr	1775	10,1	8,9	6,6	

Tab. 58 Charakteristiky cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 3

Vzorek	Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{v,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [KN]	
Typ 3	III-1	54,7	54,5	55,1	256	26,6
	III-5	54,6	54,6	54,7	255,2	56,3
	III-6	55,6	53,8	54,3	266,1	18,7
	III-7	54,4	55,1	55,3	267,3	23,2
	III-8	54,9	55,2	54,5	272,7	31,8
Průměr	54,9	54,7	54,8	263,5	31,3	

Tab. 59 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 3

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{v,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,v,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,v}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,v,u}$ [N/mm ²]	
Typ 3	III-1	1560	8,9	7,9	5,9
	III-5	1564	18,9	16,6	12,5
	III-6	1636	6,2	5,5	4,1
	III-7	1616	7,8	6,8	5,1
	III-8	1649	10,5	9,2	6,9
Průměr	1605	10,5	9,2	6,9	

Tab. 60 Charakteristiky cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 4

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{v,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]
Typ 4	IV-2	53,4	54,9	54,5	272,7	26,5
	IV-3	55,1	55,2	54,9	257,1	24,9
	IV-5	54,5	54,7	54,4	264,9	18,8
	IV-6	54,5	54,7	54,5	264,9	52,6
Průměr		54,3	54,9	54,6	264,9	30,7

Tab. 61 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 4

Vzorek		Objemová hmotnost $\rho_{v,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,v,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,v}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,v,u}$ [N/mm ²]
Typ 4	IV-2	1709	9,0	8,0	6,0
	IV-3	1541	8,2	7,2	5,4
	IV-5	1632	6,3	5,6	4,2
	IV-6	1632	17,6	15,5	11,6
Průměr		1628	10,3	9,1	6,8

Tab. 62 Charakteristiky cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 5

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{v,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]	
Typ 5	VII-1	54,6	54,8	54,8	267,5	25	
	VII-3	54,8	54,7	55,3	260	28,8	
	VII-4	54,4	54,5	54,4	249,9	30,2	
	VII-5	54,8	54,7	55,2	259,4	24,7	
	VII-6	47,7	47,2	47,5	166,4	17,9	
	VII-7	54,8	55,0	54,2	269,8	23,9	
	VII-8	54,9	55,1	54,9	262	20,5	
	VII-9	55,2	55,2	54,6	256,6	24,6	
	VII-10	55,0	54,6	55,0	269,8	25,8	
	VII-11	54,7	55,2	55,2	259,8	28,3	
	VII-13	54,9	55,0	54,9	263,9	19,1	
	VII-14	54,7	54,3	54,6	257,1	21,3	
	Průměr		54,2	54,2	54,2	253,5	24,2

Tab. 63 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 5

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{v,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,v,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,v}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,v,u}$ [N/mm ²]	
Typ 5	VII-1	1631	8,4	7,4	5,5
	VII-3	1568	9,6	8,5	6,3
	VII-4	1550	10,2	9,0	6,7
	VII-5	1565	8,2	7,2	5,4
	VII-6	1556	7,9	6,7	5,0
	VII-7	1652	7,9	7,0	5,2
	VII-8	1577	6,8	6,0	4,5
	VII-9	1544	8,1	7,1	5,3
	VII-10	1634	8,6	7,6	5,7
	VII-11	1558	9,4	8,2	6,2
	VII-13	1593	6,3	5,6	4,2
	VII-14	1586	7,2	6,3	4,7
	Průměr	1584	8,2	7,2	5,4

Tab. 64 Charakteristiky cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 6

Vzorek	Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{v,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]	
Typ 6	XI-1	55,0	55,0	54,8	253,2	29,5
	XI-2	55,1	54,9	54,8	268,7	27,4
	XI-3	54,6	55,5	55,1	268,8	32,1
	XI-5	53,7	55,3	55,0	247,9	20,4
	XI-6	54,7	54,9	54,9	258,4	20,5
	XI-7	55,1	55,4	55,5	276,1	30
	XI-8	55,1	55,2	54,8	276,2	39,2
	XI-9	55,0	54,7	55,1	260,3	27,5
	XI-10	54,9	53,5	55,0	268	26,2
	XI-11	54,7	54,4	54,9	266	30
	XI-12	54,9	54,8	54,6	276,9	29,8
	XI-13	53,6	55,3	55,5	255,2	33,4
	XI-14	54,9	55,2	55,4	258,5	17,8
	XI-15	55,1	55,1	54,9	269,6	29,5
	XII-2	54,9	54,7	55,5	280,6	69
	XII-3	53,6	53,5	53,8	246,5	51,4
	XII-4	54,9	55,1	55,1	249,1	24,7
	XII-5	56,8	55,9	55,7	290,7	27,9

XII-6	47,2	47,3	47,3	184	69,1
XII-7	54,8	54,4	54,8	252,2	20,5
XV-2	54,7	54,5	54,6	248,4	18,5
XV-3	54,8	54,7	55,3	262,8	24,1
XV-4	54,7	54,6	54,9	264,5	21,2
XV-5	54,2	54,8	54,4	253,1	31,6
XV-6	54,8	55,0	54,8	258,5	16,8
XV-7	54,8	54,8	55,2	259,1	37,5
XV-8	54,8	54,7	54,6	289	80,8
XV-9	54,8	54,2	54,8	246,2	26,4
XV-10	54,8	54,5	55,1	258,6	29,4
XV-11	55,0	54,8	55,2	250,5	25,2
XVIII-1	54,7	54,3	55,0	265,1	26,2
XVIII-3	54,5	54,8	54,6	253,5	30,3
XVIII-4	54,8	54,6	55,1	256,5	27,3
XVIII-5	54,7	54,8	54,4	252,5	26,5
XVIII-6	54,9	55,1	54,9	274,6	29,4
XVIII-7	54,7	54,6	54,4	258	24,6
XVIII-8	55,0	54,9	54,3	264,4	34,5
XVIII-9	54,6	55,0	55,1	274,6	32
Průměr	54,6	54,6	54,7	260,4	31,5

Tab. 65 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 6

Vzorek	Objemová hmotnost $\rho_{v,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,v,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,v}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,v,u}$ [N/mm ²]	
Typ 6	XI-1	1527	9,8	8,6	6,4
	XI-2	1622	9,1	8,0	6,0
	XI-3	1611	10,6	9,3	7,0
	XI-5	1519	6,9	6,1	4,5
	XI-6	1567	6,8	6,0	4,5
	XI-7	1632	9,8	8,7	6,5
	XI-8	1655	12,9	11,3	8,5
	XI-9	1573	9,2	8,1	6,0
	XI-10	1658	8,9	7,8	5,9
	XI-11	1627	10,1	8,9	6,7
	XI-12	1684	9,9	8,7	6,5
	XI-13	1553	11,3	9,9	7,4
	XI-14	1542	5,9	5,2	3,9
	XI-15	1618	9,7	8,6	6,4
	XII-2	1686	23,0	20,2	15,2

XII-3	1596	17,9	15,8	11,8
XII-4	1496	8,2	7,2	5,4
XII-5	1640	8,8	7,7	5,8
XII-6	1744	31,0	26,0	19,5
XII-7	1543	6,9	6,0	4,5
XV-2	1526	6,2	5,5	4,1
XV-3	1584	8,0	7,1	5,3
XV-4	1614	7,1	6,3	4,7
XV-5	1566	10,6	9,4	7,0
XV-6	1564	5,6	4,9	3,7
XV-7	1563	12,5	11,0	8,2
XV-8	1767	27,0	23,7	17,8
XV-9	1513	8,9	7,8	5,9
XV-10	1571	9,8	8,7	6,5
XV-11	1505	8,4	7,4	5,5
XVIII-1	1622	8,8	7,8	5,8
XVIII-3	1554	10,1	8,9	6,7
XVIII-4	1558	9,1	8,0	6,0
XVIII-5	1548	8,8	7,8	5,8
XVIII-6	1655	9,7	8,6	6,4
XVIII-7	1591	8,2	7,3	5,4
XVIII-8	1614	11,4	10,1	7,5
XVIII-9	1660	10,7	9,4	7,0
Průměr	1597	10,7	9,4	7,1

Tab. 66 Charakteristiky cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 7

Vzorek		Šířka w_p [mm]	Délka l_p [mm]	Výška h_p [mm]	Hmotnost $m_{v,p}$ [g]	Síla v tlaku F_c [kN]
Typ 7	XIII-2	54,7	55,8	54,2	271,2	33
	XIII-3	55,2	55,1	54,7	256,5	40,5
Průměr		55,0	55,5	54,4	263,9	36,8

Tab. 67 Objemová hmotnost a pevnost v tlaku cihel ve stavu přirozeně vlhkém – Typ 7

Vzorek		Objemová hmotnost $\rho_{v,p}$ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku $f_{b,v,p}$ [N/mm ²]	Normalizovaná pevnost $f_{b,v}$ [N/mm ²]	Přepočet na celou cihlu $f_{b,v,u}$ [N/mm ²]
Typ 7	XIII-2	1639	10,8	9,5	7,1
	XIII-3	1541	13,3	11,7	8,8
Průměr		1590	12,1	10,6	8,0

Ukazatel změknutí a nasákavost:

Tab. 68 Hodnoty ukazatele změknutí – Typ 1

Vzorek		Pevnost v tlaku f_b [Mpa]	Pevnost v tlaku $f_{b,n}$ [Mpa]	Ukazatel změknutí KZ_c	
		Vysušené	Nasyčené	Jednotlivý	Průměr
Typ 1	I-1	12,5	4,1	0,33	0,47
	I-3	7,5	4,5	0,60	

Tab. 69 Nasákavost vzorků cihel – Typ 1

Vzorek		Hmotnost nasycený [g]	Hmotnost vysušený [g]	Nasákavost [%]
Typ 1	I-1	304,8	269,2	13,2
	I-3	300,9	254,5	18,2
Průměr				15,7

Tab. 70 Hodnoty ukazatele změknutí – Typ 2

Vzorek		Pevnost v tlaku f_b [Mpa]	Pevnost v tlaku $f_{b,n}$ [Mpa]	Ukazatel změknutí KZ_c	
		Vysušené	Nasyčené	Jednotlivý	Průměr
Typ 2	II-1	11,9	4,8	0,40	0,70
	II-2	10,0	5,0	0,50	
	II-3	12,8	6,1	0,48	
	II-5	4,3	6,9	1,59	
	II-6	5,7	1,3	0,23	
	II-7	7,4	3,5	0,47	
	VI-3	15,2	10,6	0,70	
	VI-4	13,0	6,3	0,48	
	VI-5	17,6	10,9	0,62	
	XVI-2	12,0	17,6	1,47	
	XVI-3	13,2	10,4	0,79	

Tab. 71 Průměrná nasákavost vzorků cihel – Typ 2

Vzorek		Hmotnost nasycený [g]	Hmotnost vysušený [g]	Nasákavost [%]
Typ 2	II-1	327,5	282,2	16,1
	II-2	296,3	249,7	18,7
	II-3	304,1	252,9	20,2
	II-5	324,4	267,7	21,2
	II-6	306,2	255,9	19,7
	II-7	298,2	239,1	24,7
	VI-3	311,7	261	19,4
	VI-4	311,6	262,4	18,8
	VI-5	299,4	253,4	18,2
	XVI-2	395,6	254	55,7
	XVI-3	305,1	257,6	18,4
Průměr				22,8

Tab. 72 Hodnoty ukazatele změknutí – Typ 3

Vzorek		Pevnost v tlaku f_b [Mpa]	Pevnost v tlaku $f_{b,n}$ [Mpa]	Ukazatel změknutí KZ_c	
		Vysušené	Nasycené	Jednotlivý	Průměr
Typ 3	III-1	11,2	5,7	0,51	0,48
	III-5	25,5	21,7	0,85	
	III-6	12,2	3,5	0,29	
	III-7	10,1	3,3	0,32	
	III-8	12,1	5,3	0,44	

Tab. 73 Průměrná nasákavost vzorků cihel – Typ 3

Vzorek		Hmotnost nasycený [g]	Hmotnost vysušený [g]	Nasákavost [%]
Typ 3	III-1	304,7	252,8	20,5
	III-5	303,7	253,8	19,7
	III-6	298,5	267	11,8
	III-7	307,5	263,5	16,7
	III-8	312,8	266,6	17,3
Průměr				17,2

Tab. 74 Hodnoty ukazatele změknutí – Typ 4

Vzorek		Pevnost v tlaku f_b [Mpa]	Pevnost v tlaku $f_{b,n}$ [Mpa]	Ukazatel změknutí KZ_c	
		Vysušené	Nasyčené	Jednotlivý	Průměr
Typ 4	IV-2	8,7	4,8	0,55	0,79
	IV-3	8,1	8,1	1,00	
	IV-5	8,7	3,5	0,41	
	IV-6	14,3	17,4	1,21	

Tab. 75 Průměrná nasákavost vzorků cihel – Typ 4

Vzorek		Hmotnost nasyčený [g]	Hmotnost vysušený [g]	Nasákavost [%]
Typ 4	IV-2	310,4	268,2	15,7
	IV-3	308,7	254,1	21,5
	IV-5	306,1	263,9	16,0
	IV-6	298,2	259,8	14,8
Průměr				17,0

Tab. 76 Hodnoty ukazatele změknutí – Typ 5

Vzorek		Pevnost v tlaku f_b [Mpa]	Pevnost v tlaku $f_{b,n}$ [Mpa]	Ukazatel změknutí KZ_c	
		Vysušené	Nasyčené	Jednotlivý	Průměr
Typ 5	VII-1	9,6	6,2	0,64	0,72
	VII-3	9,5	7,1	0,75	
	VII-4	11,6	9,5	0,82	
	VII-5	8,2	6,3	0,76	
	VII-6	19,3	6,5	0,34	
	VII-7	11,6	5,4	0,46	
	VII-8	9,2	6,4	0,70	
	VII-9	8,5	9,4	1,10	
	VII-10	6,1	7,9	1,28	
	VII-11	7,5	5,6	0,76	
	VII-13	5,9	5,5	0,94	
	VII-14	8,9	0,5	0,06	

Tab. 77 Průměrná nasákavost vzorků cihel – Typ 5

Vzorek	Hmotnost nasycený [g]	Hmotnost vysušený [g]	Nasákavost [%]	
Typ 5	VII-1	311	265,6	17,1
	VII-3	308,9	258,1	19,7
	VII-4	302,8	247	22,6
	VII-5	310,9	261,2	19,0
	VII-6	304,1	185	64,4
	VII-7	310,6	266,6	16,5
	VII-8	311	261	19,2
	VII-9	212,1	257,6	17,7
	VII-10	320,4	267,1	20,0
	VII-11	305,4	249,1	22,6
	VII-13	306,2	257,1	19,1
	VII-14	302,6	251,9	20,1
	Průměr			23,2

Tab. 78 Hodnoty ukazatele změknutí – Typ 6

Vzorek	Pevnost v tlaku f_b [Mpa]	Pevnost v tlaku $f_{b,n}$ [Mpa]	Ukazatel změknutí KZ_c		
	Vysušené	Nasycené	Jednotlivý	Průměr	
Typ 6	XI-1	7,5	8,1	1,07	0,89
	XI-2	12,3	9,7	0,79	
	XI-3	8,0	5,9	0,74	
	XI-5	7,3	7,4	1,01	
	XI-6	8,1	7,2	0,89	
	XI-7	8,3	5,7	0,69	
	XI-8	10,2	8,1	0,80	
	XI-9	9,6	6,4	0,66	
	XI-10	10,5	7,4	0,70	
	XI-11	11,5	9,0	0,78	
	XI-12	10,3	8,5	0,82	
	XI-13	8,7	7,5	0,87	
	XI-14	7,4	6,7	0,91	
	XI-15	13,7	7,2	0,52	
	XII-2	13,4	15,3	1,14	
	XII-3	8,8	11,5	1,30	
	XII-4	8,9	5,0	0,57	

XII-5	9,5	8,8	0,93
XII-6	7,3	16,4	2,24
XII-7	4,7	4,2	0,89
XV-2	7,3	7,0	0,96
XV-3	8,4	6,9	0,82
XV-4	9,7	6,7	0,69
XV-5	5,4	10,7	1,99
XV-6	7,3	8,8	1,21
XV-7	8,2	8,1	0,99
XV-8	15,9	14,0	0,88
XV-9	8,0	5,8	0,72
XV-10	10,7	5,8	0,54
XV-11	9,6	9,0	0,93
XVIII-1	5,9	5,5	0,93
XVIII-3	8,0	6,4	0,80
XVIII-4	9,2	7,3	0,79
XVIII-5	8,0	5,2	0,65
XVIII-6	9,2	5,9	0,64
XVIII-7	11,8	11,1	0,95
XVIII-8	12,9	7,4	0,57
XVIII-9	11,4	5,8	0,51

Tab. 79 Průměrná nasákavost vzorků cihel – Typ 6

Vzorek		Hmotnost nasycený [g]	Hmotnost vysušený [g]	Nasákavost [%]
Typ 6	XI-1	322	247,3	30,2
	XI-2	309,7	264,7	17,0
	XI-3	309,8	258,9	19,7
	XI-5	307	256,3	19,8
	XI-6	304,1	257,6	18,1
	XI-7	319,6	267,7	19,4
	XI-8	315,4	274,8	14,8
	XI-9	309,4	265	16,8
	XI-10	306,1	269,3	13,7
	XI-11	314,1	266,2	18,0
	XI-12	307,1	279,8	9,8
	XI-13	313,8	261,6	20,0
	XI-14	298,9	249,1	20,0
	XI-15	310,3	262,8	18,1
	XII-2	318	265,8	19,6

XII-3	293,1	248,5	17,9
XII-4	305,6	251	21,8
XII-5	335,7	294,9	13,8
XII-6	324,8	259,1	25,4
XII-7	305,2	250,7	21,7
XV-2	299,2	251,9	18,8
XV-3	306,4	258,6	18,5
XV-4	305,7	255,8	19,5
XV-5	307,3	256,3	19,9
XV-6	317,5	256,9	23,6
XV-7	306,8	255,3	20,2
XV-8	200,4	181,1	10,7
XV-9	307	253,3	21,2
XV-10	300	251,6	19,2
XV-11	299,6	248,9	20,4
XVIII-1	310,4	259,6	19,6
XVIII-3	301,6	254,6	18,5
XVIII-4	299,2	251	19,2
XVIII-5	303,1	253,6	19,5
XVIII-6	310,8	273,4	13,7
XVIII-7	306,3	257,7	18,9
XVIII-8	312,5	269,5	16,0
XVIII-9	312,4	269,3	16,0
Průměr			18,6

Tab. 80 Hodnoty ukazatele změknutí – Typ 7

Vzorek	Pevnost v tlaku f_b [Mpa]	Pevnost v tlaku $f_{b,n}$ [Mpa]	Ukazatel změknutí KZ_c		
			Vysušené	Nasyčené	
Typ 7	XIII-2	11,2	10,9	0,98	1,03
	XIII-3	9,2	9,9	1,08	

Tab. 81 Průměrná nasákavost vzorků cihel – Typ 7

Vzorek	Hmotnost nasyčený [g]	Hmotnost vysušený [g]	Nasákavost [%]	
Typ 7	XIII-2	316,5	281,2	12,6
	XIII-3	299,6	248,9	20,4
Průměr			16,5	

Příloha 4

Stanovení pevnosti cihel v tlaku pomocí Schmidt LB

Tab. 82 Pevnost v tlaku na základě upřesněných tvrdoměrných zkoušek – Typ 1

Vzorek		Hodnoty odrazu										Upravený průměr R	Součinitel upřesnění α	Pevnost v tlaku upřesněná $f_{be,u}$ [Mpa]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Typ 1	I-1	19	19	26	24	24	26	23	20	20	27	22,8	0,98	16,0
	I-3	16	21	19	17	21	17	17	18	16	19	18,1		11,6
Průměr m_x													13,8	
Směrodatná odchylka s_x													2,20	

Tab. 83 Pevnost v tlaku na základě upřesněných tvrdoměrných zkoušek – Typ 2

Vzorek		Hodnoty odrazu										Upravený průměr R	Součinitel upřesnění α	Pevnost v tlaku upřesněná $f_{be,u}$ [Mpa]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Typ 2	II-1	23	25	24	22	21	21	20	22	26	20	22,4	0,98	15,7
	II-2	23	17	16	19	23	16	20	20	19	22	19,5		12,9
	II-3	21	25	24	22	24	22	24	21	20	20	22,3		15,6
	II-5	20	24	21	25	22	20	27	22	26	22	22,9		16,1
	II-6	25	21	23	20	20	18	22	23	25	20	21,7		15,0
	II-7	22	22	20	18	19	20	21	21	20	18	20,1		13,5
	VI-3	26	26	22	22	20	20	23	24	22	23	22,8		16,0
	VI-4	22	24	22	20	24	21	24	19	20	20	21,6		14,9
	VI-5	22	20	23	26	24	23	28	24	20	26	23,6		16,8
	XVI-2	34	31	32	31	30	28	28	26	25	27	29,2		22,0
	XVI-3	24	21	20	28	23	23	23	29	23	28	24,2		17,3
Průměr m_x													16,0	
Směrodatná odchylka s_x													2,27	

Tab. 84 Pevnost v tlaku na základě upřesněných tvrdoměrných zkoušek – Typ 3

Vzorek	Hodnoty odrazu										Upravený průměr R	Součinitel upřesnění α	Pevnost v tlaku upřesněná $f_{be,u}$ [Mpa]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Typ 3	III-1	20	23	21	24	25	25	24	20	23	25	23	0,98	16,2
	III-5	28	24	23	21	26	30	26	31	28	24	26,1		19,1
	III-6	18	19	23	19	21	23	21	22	23	22	21,1		14,4
	III-7	24	21	22	22	22	17	20	18	23	21	21		14,3
	III-8	20	23	19	21	24	23	22	23	22	20	21,7		15,0
Průměr m_x													15,8	
Směrodatná odchylka s_x													1,78	

Tab. 85 Pevnost v tlaku na základě upřesněných tvrdoměrných zkoušek – Typ 4

Vzorek	Hodnoty odrazu										Upravený průměr R	Součinitel upřesnění α	Pevnost v tlaku upřesněná $f_{be,u}$ [Mpa]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Typ 4	IV-2	20	20	22	19	20	18	20	19	20	21	19,9	0,98	13,3
	IV-3	28	26	27	23	25	21	23	26	26	28	25,3		18,4
	IV-5	19	18	19	19	16	19	17	19	16	17	17,9		11,4
	IV-6	32	40	31	30	27	21	30	33	27	26	29,5		22,3
Průměr m_x													16,4	
Směrodatná odchylka s_x													1,78	

Tab. 86 Pevnost v tlaku na základě upřesněných tvrdoměrných zkoušek – Typ 5

Vzorek	Hodnoty odrazu										Upravený průměr R	Součinitel upřesnění α	Pevnost v tlaku upřesněná $f_{be,u}$ [Mpa]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Typ 5	VII-1	21	26	20	24	18	21	22	22	21	22	21,7	0,52	8,0
	VII-3	24	23	26	21	23	20	24	22	20	20	22,3		8,3
	VII-4	24	28	22	26	24	26	23	25	30	22	25		9,6
	VII-5	20	20	27	22	27	20	22	28	28	27	24,1		9,1
	VII-6	18	24	20	21	21	22	24	25	21	18	21,4		7,8
	VII-7	24	22	23	18	26	26	21	22	24	19	22,5		8,4
	VII-8	28	21	24	23	27	24	24	26	23	25	24,5		9,3
	VII-9	21	22	21	18	23	18	23	16	18	16	19,6		6,9
	VII-10	24	26	24	26	27	28	24	29	25	31	26,4		10,3
	VII-11	20	23	26	23	29	27	25	24	23	25	24,5		9,3
	VII-13	30	30	24	25	23	21	27	24	20	30	25,4		9,8
	VII-14	22	21	20	23	23	24	22	24	21	25	22,5		8,4
	Průměr m_x													8,8
Směrodatná odchylka s_x													0,94	

Tab. 87 Pevnost v tlaku na základě upřesněných tvrdoměrných zkoušek – Typ 6

Vzorek	Hodnoty odrazu										Upravený průměr R	Součinitel upřesnění α	Pevnost v tlaku upřesněná $f_{be,u}$ [Mpa]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Typ 6	XI-1	27	23	23	24	28	24	27	28	25	29	25,8	0,52	10,0
	XI-2	21	28	22	27	26	20	24	24	22	26	24		9,1
	XI-3	27	23	25	25	23	24	26	26	30	23	25,2		9,7
	XI-5	22	22	20	22	20	27	19	26	27	25	23		8,6
	XI-6	22	24	22	22	22	21	23	22	24	21	22,3		8,3
	XI-7	24	22	23	24	23	24	20	22	22	23	22,7		8,5
	XI-8	28	32	31	35	30	30	32	29	30	31	30,8		12,5
	XI-9	24	28	22	24	26	29	21	26	26	28	25,4		9,8
	XI-10	26	26	31	32	28	30	33	32	28	34	30		12,1
	XI-11	22	19	26	22	25	21	26	21	24	22	22,8		8,5

XI-12	32	26	34	24	24	27	31	28	24	25	27,5	0,52	10,8
XI-13	22	26	29	26	26	25	24	24	22	23	24,7		9,4
XI-14	23	25	24	19	21	23	24	21	21	20	22,1		8,2
XI-15	30	26	28	28	30	26	27	29	26	27	27,7		10,9
XII-2	30	32	29	37	38	30	28	31	33	29	31,7		12,9
XII-3	26	27	24	23	26	30	30	25	22	22	25,5		9,8
XII-4	20	21	26	24	23	22	23	22	18	23	22,2		8,2
XII-5	28	29	30	27	32	25	33	28	30	28	29		11,6
XII-6	37	24	32	24	30	28	34	38	27	26	30		12,1
XII-7	32	26	24	22	27	28	27	27	26	28	26,7		10,4
XV-2	21	24	27	25	23	21	21	22	21	24	22,9		8,6
XV-3	28	32	29	23	30	31	29	26	23	29	28		11,1
XV-4	27	26	18	23	19	19	26	20	23	24	22,5		8,4
XV-5	28	25	23	26	32	30	29	25	30	24	27,2		10,7
XV-6	25	30	23	25	28	29	31	21	26	24	26,2		10,2
XV-7	25	24	20	21	17	17	20	23	19	24	21		7,6
XV-8	41	33	40	30	31	26	23	25	28	39	28,3		11,2
XV-9	23	30	23	28	22	23	27	26	27	28	25,7		9,9
XV-10	24	28	24	20	24	29	20	24	24	26	24,3		9,2
XV-11	19	20	24	27	23	21	23	24	22	24	22,7		8,5
XVIII-1	18	21	21	19	22	23	23	21	20	21	20,9		7,6
XVIII-3	22	22	28	22	24	34	30	28	26	27	26,3		10,2
XVIII-4	23	25	23	24	22	20	21	25	24	22	22,9		8,6
XVIII-5	24	23	26	21	24	25	24	23	24	25	23,9		9,1
XVIII-6	29	27	20	22	28	20	28	20	24	27	24,5	9,3	
XVIII-7	27	29	32	36	35	25	28	34	30	29	30,5	12,3	
XVIII-8	24	26	26	25	22	26	26	28	24	28	25,5	9,8	
XVIII-9	25	23	26	30	27	25	28	30	29	28	27,1	10,6	
Průměr m_x													9,9
Směrodatná odchylka s_x													1,42

Tab. 88 Pevnost v tlaku na základě upřesněných tvrdoměrných zkoušek – Typ 7

Vzorek		Hodnoty odrazu										Upravený průměr R	Součinitel upřesnění α	Pevnost v tlaku upřesněná $f_{bc,u}$ [Mpa]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Typ 7	XIII-2	36	33	50	30	42	32	26	33	30	29	31,9	0,52	13,0
	XIII-3	19	23	21	24	21	23	22	18	22	26	26,4		10,3
Průměr m_x													11,7	
Směrodatná odchylka s_x													1,37	