

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ**

Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Porovnání metod měření materiálové vlhkosti
ve stavebnictví**

**Comparison of methods for moisture
measuring of building materials**

Lukáš Hora

2018

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Linda Veselá, Ph.D

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne _____

Lukáš Hora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Lindě Veselé, Ph.D za odborné vedení při vypracování bakalářské práce a za zapůjčení měřících přístrojů ze společnosti METROSTAV a.s.

Také bych chtěl poděkovat katedře materiálového inženýrství a chemie za poskytnutí prostorů a zařízení v laboratoři pro provádění praktického měření.

Děkuji Ing. Danielu Toulvi za umožnění provedení měření vlhkosti přímo na stavbě.

Děkuji I. Kamenické stavební a obchodní firmě s.r.o. za poskytnutí některých cihel pro experimentální měření vlhkosti.

Děkuji mé rodině, že mě při zpracovávání této práce podporovali.

ZADÁNÍ

ANOTACE

Porovnání metod měření materiálové vlhkosti ve stavebnictví

Ve stavebnictví se setkáváme s řadou problémů, které může způsobit zvýšená materiálová vlhkost, pokud se zabuduje do provedeného díla. Autor této práce zmiňuje požadavky maximální vlhkosti a způsoby jejího posouzení včetně zahraničních metod, které nejsou v České republice rozšířené. Cílem této práce je posoudit spolehlivost nejpoužívanějších způsobů kontroly vlhkosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

Porovnání vlhkoměrů, měření vlhkosti, odporový vlhkoměr, kapacitní vlhkoměr, vlhkost

ABSTRACT

Comparison of methods for moisture measuring of building materials

We encounter several problems in the building industry which can cause increased material moisture when incorporated into the construction. The author of this thesis mentions the requirements of maximum humidity and methods of its assessment including foreign methods which are not extended in the Czech Republic. The aim of this work is to evaluate the reliability of the most used methods of moisture control.

KEYWORDS

Comparison of moisture meters, measuring of humidity, resistive moisture sensor, capacitive moisture sensor

OBSAH

1.	Kontrola vlhkosti	10
1.1.	Požadavky na měření vlhkosti na stavbě	11
1.1.1.	Vlhkost v silikátovém podkladu pro hydroizolaci z asfaltových pásů	11
1.1.2.	Vlhkost v podkladu pro provádění omítek	11
1.1.3.	Vlhkost podkladu před prováděním systému ETICS	12
1.1.4.	Vlhkost v podkladu pro provádění nášlapných vrstev	13
1.1.5.	Vlhkost dřevěných konstrukcí	14
1.1.6.	Vlhkost dalších materiálů	14
1.2.	Pohled na problematiku vlhkosti z pohledu provádění staveb	15
1.3.	Způsoby stanovení vlhkosti materiálů – destruktivní metody	15
1.3.1.	Gravimetrická metoda	15
1.3.2.	Karbidová metoda	17
1.3.3.	Shrnutí destruktivních metod	18
1.4.	Způsoby stanovení vlhkosti materiálů – nedestruktivní metody	18
1.4.1.	Odporová metoda	18
1.4.2.	Kapacitní metoda	20
1.4.3.	Mikrovlnná metoda	21
1.4.4.	Kalcium chloridová metoda	22
1.4.5.	Měření vzdušné vlhkosti	23
1.4.6.	Fóliová metoda	25
1.4.7.	Termografická metoda	26
1.4.8.	Radiometrická metoda	26
2.	Praktická část – kontrolní měření vlhkosti na stavbě	28
2.1.	Popis stavby	28
2.2.	Postup měření	28

2.3.	Protokol o gravimetrické zkoušce vlhkosti.....	30
2.3.1.	Identifikace výrobku.....	30
2.3.2.	Postup zkoušky	30
2.3.3.	Výsledky	30
2.4.	Porovnání naměřených výsledků	31
3.	Praktická část porovnání měření vlhkosti.....	32
3.1.	Popis měřených vzorků	32
3.2.	Měření vlhkosti pórobetonu	32
3.3.	Měření vlhkosti pálených cihel	37
3.4.	Měření vlhkosti vápenopískových tvárnic.....	45
3.5.	Měření vlhkosti betonu	46
3.6.	Měření vlhkosti anhydritu	52
	Seznam tabulek	55
	Seznam grafů.....	56
	Seznam obrázků	57
	Seznam literatury	59

ÚVOD

Při studiu pracuji jako pomocník technického dozoru stavebníka. Při této činnosti jsem se setkal s problematikou měření vlhkosti, její maximální množství je důležité řádně kontrolovat, aby nedošlo k předčasné degradaci stavebního díla. Při nesplnění požadavků na maximální vlhkost mohou vznikat puchýře a boule na povrchových vrstvách, propojení jednotlivých vrstev nedosahuje deklarované pevnosti, v konstrukci se mohou vyskytnout houby, plísně a hmyz.

Problém dnešního stavebnictví spatřuji ve velkém tlaku na termíny, kdy není dostatek času na vysychání konstrukcí a také v nedostatečném množství kvalifikovaných dělníků, kteří nezakrývají stavbu proti srážkové vlhkosti. Tyto skutečnosti ještě komplikuje problematika měření vlhkosti. Málokdo na stavbě stanovuje vlhkost podkladních konstrukcí pomocí normových metod například dle požadavků ČSN 74 4505, spíše se v České republice nejčastěji používají nedestruktivní odporové a kapacitní vlhkoměry, to potvrzují i výsledky ankety na internetu (1). Nicméně tyto přístroje jsou často označovány za nepřesné. Pokud jsou tyto přístroje nepřesné, je důležité znát jejich odchylky, aby při práci s nimi bylo možné objektivně vyhodnotit jimi naměřené údaje.

V této bakalářské práci zmiňuji požadavky jednotlivých norem a výrobců stavebních materiálů pro maximální vlhkost v konstrukcích a dále popisují přístroje pro stanovení vlhkosti ve stavebních materiálech. Ve druhé části této práce porovnávám konkrétní naměřené hodnoty vybranými kapacitními a odporovými přístroji s gravimetrickou metodou, která je zakotvena v normě ČSN ISO 12570 a lze u ní očekávat vysokou přesnost. Porovnávací měření provedu na běžných stavebních materiálech jako jsou pálené cihly, pórobeton, vápenopískové cihly, beton a anhydrit.

1. KONTROLA VLHKOSTI

Vlhkost je při kontrole kvality staveb jedním z důležitých kontrolovaných parametrů, který má nezanedbatelný vliv na kvalitu provedeného díla. Nadlimitní množství vlhkosti může způsobit ve stavebním díle řadu problémů a vést k předčasné degradaci. Vlivem zvýšené vlhkosti v podlahách může dojít k vlhkostní roztažnosti nášlapné vrstvy na bázi dřeva a jejímu vyboulení, pod nášlapnými vrstvami může dojít ke tvorbě plísní, u nátěrů na betonovém podkladu se mohou vytvořit bublinky, nebo nátěr může popraskat, může dojít k odlupování dlažeb, zejména u anhydritových potěrů, které ztrácí svou pevnost vlivem zvýšené vlhkosti. V případě aplikace omítky na vlhké zdivo může docházet k tvorbě výkvětů a trhlin, také lze očekávat horší tepelně izolační vlastnosti zdiva. V případě používání řeziva s vysokou vlhkostí, roste riziko napadení dřevokazným hmyzem a houbami. Pokud se chceme vyhnout problémům ve spojitosti se zvýšenou vlhkostí stavebních materiálů je nutné vlhkost důsledně kontrolovat.



Obrázek 1 Vyboulení dřevěné podlahy na vlhkém podkladu (vlevo) [Zdroj: <http://www.videopodlahy.cz/userfiles/image/P3012581.jpg>] Porušení ochranného nátěru na podlaze (vpravo) [Zdroj: <http://www.videopodlahy.cz/userfiles/image/P5042612.JPG>]



Obrázek 2 Poškození podlahy vlivem vysoké vlhkosti podkladu [Zdroj: <http://www.videopodlahy.cz/co-vy-na-to-pane-soudni-znalec-na-podlahy>] (vlevo) Zvlnění nášlapné vrstvy vlivem vysoké vlhkosti podkladu [Zdroj: <http://www.videopodlahy.cz/userfiles/image/Moje/PVC005.jpg>] (vpravo)

1.1. Požadavky na měření vlhkosti na stavbě

Ve stavebnictví se setkáváme s řadou mokrých procesů, které do stavby vnesou velké množství vody. Dále se vlhkost do konstrukce může dostat ve formě dešťových srážek při nevhodném skladování stavebních materiálů a při nedůsledném zakrývání stavby po dokončení prací. Abychom předešli problémům s vlhkostí, je nutné znát požadavky na maximální vlhkost jednotlivých podkladních vrstev. Vlhkost ve stavebních konstrukcích se posuzuje podle naměřené hodnoty hmotnostní vlhkosti, případně někteří výrobci udávají požadavek dle hodnot naměřených CM přístrojem. ČSN 74 4505 obsahuje tabulku, podle které je možné přepočítat vlhkost betonových konstrukcí naměřenou CM přístrojem na hmotnostní vlhkost.

1.1.1. Vlhkost v silikátovém podkladu pro hydroizolaci z asfaltových pásů

Prvním zdrojem vlhkosti na stavbě, který vyžaduje kontrolu jsou obvykle základové konstrukce, dle požadavků výrobců vlhkost při aplikaci asfaltových hydroizolací nemá přesáhnout 6 % (2). Pokud by vlhkost podkladu byla vyšší při aplikaci asfaltových pásů, bylo by pravděpodobné, že by asfaltový pás nedosáhl požadované přídržnosti k betonovému podkladu.

1.1.2. Vlhkost v podkladu pro provádění omítek

Podle ČSN EN 13914-2 se před prováděním omítek musí vzít v úvahu dostatečný čas pro kontrolu a vysychání podkladu. Výrobci cihelného zdiva

stanovují maximální vlhkost před omítáním v letním období do 6 % a v zimním období do 4 %. (3), někteří výrobci omítkových systémů doporučují maximální vlhkost zdiva 3 % (4). Pokud nedojde k navlhnutí zdiva při technologické nekázni, mělo by být obvykle zdivo prakticky suché, protože se vysuší při vypalování, kde teplota v peci dosahuje až 700°C.

Pro omítání betonových konstrukcí má být povrch vyžralý minimálně 3 měsíce s vlhkostí do 3 % (4), tento požadavek je zmíněn i v ČSN EN 13914–2, která doporučuje maximální vlhkost betonové konstrukce 3 % při aplikaci sádrových omítek, měření se má provádět v hloubce 30 mm (5).

Jiný výrobce omítkových systémů požaduje maximální přípustnou vlhkost podkladu, dle již neplatné ČSN 73 2310, 4 % pro pálené cihly, 3,5 % pro vápenopískové zdivo, 4 % pro betonové tvárnice, 6 % pro lehké betonové tvárnice, 8 % pro zdivo z pórobetonu. Určení vlhkosti doporučuje pomocí odporových vlhkoměrů, nebo také gravimetrickou metodou. (6) V letních měsících je možné pórobeton omítat s obsahem hmotnostní vlhkosti do 10 %. Vzhledem k tomu, že se pórobeton expeduje s vlhkostí až 30 %, dosáhne požadované vlhkosti až 0,5 roku od expedice, aby bylo zajištěno vysychání, musí se pórobetonové zdivo řádně chránit před vlhkostí (7)

Pálené cihly	Vápenopískové cihly	Beton	Lehké betonové tvárnice	Pórobeton
3–6 %	4 %	3–4 %	6 %	8-10 %

Tabulka 1 Požadavky maximální vlhkosti podkladů před omítáním.

1.1.3. Vlhkost podkladu před prováděním systému ETICS

Dle ČSN 73 2901 podklad nesmí vykazovat „výrazně zvýšenou vlhkost“ a měření je možné provést pomocí orientační nedestruktivní metody například kapacitně, nebo přesně gravimetrickou metodou (8). Nicméně norma neudává maximální přípustné hodnoty vlhkosti podkladních materiálů, pouze se v tomto ohledu odvolává na ČSN 73 0540-3. Tato norma v tabulce A.1 uvádí charakteristické vlastnosti vybraných stavebních materiálů. Beton a železobeton mají charakteristickou hmotnostní vlhkost 1,5 %, lehké betony v závislosti na druhu 0,2 – 10 %, pórobeton 4,5 – 5,5 %, omítky 1,8 – 6 %,

dřevo 13 %, dřevotřískové desky 7-10 %, dřevovláknité desky 10-12 %. Nicméně v této tabulce není uvedena maximální hodnota vlhkosti pro zdivo (9). Vzhledem k tomu, že norma pro provádění systémů ETICS požaduje, aby podklad nevykazoval výrazně „zvýšenou vlhkost“, doporučuji posuzovat vlhkost zdiva dle ČSN P 73 0610, kde v tabulce A.1 je definovaná zvýšená vlhkost zdiva v rozsahu 5 – 7,5 %, aby podklad cihelného zdiva pro provádění systému ETICS nevykazoval výrazně zvýšenou vlhkost, měla by být její maximální hodnota přibližně 5 % (10).

Pálené cihly*	Beton	Lehký beton	Omítky	Pórobeton	Dřevo	Výrobky na bázi dřeva
5 %	1,5 %	0,2–10 %	1,8–6 %	4,5–5,5 %	13 %	7–12 %
*Tato hodnota necharakterizuje ustálenou vlhkost materiálu dle ČSN 73 0540-3, ale spodní hranici zvýšené vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610						

Tabulka 2 Ustálené hmotnostní vlhkosti materiálů dle ČSN 73 0540-3

Hodnoty převzaté z ČSN 73 0540-3 udávají ustálenou hmotnostní vlhkost materiálů, ale ČSN 73 2901 požaduje, aby podklad nevykazoval „výrazně zvýšenou vlhkost“, z toho lze usoudit, že maximální vlhkost podkladu před prováděním ETICS může být vyšší. To potvrzuje i Sborník technických pravidel cechu pro zateplování budov:

„Pojem ‚výrazně zvýšená ustálená vlhkost‘ obvykle znamená vlhkost nepřevyšující o více než třetinu až polovinu běžnou ustálenou hmotnostní vlhkost materiálů podkladu, kterou udává např. ČSN 73 0540-3“ (11)

1.1.4. Vlhkost v podkladu pro provádění nášlapných vrstev

Maximální vlhkost před pokládkou nášlapných vrstev na monolitické vrstvy stanovuje ČSN 74 4505, vlhkost se stanovuje gravimetrickou metodou, lze použít i jinou metodu, pokud se prokáže, že se s ní dojde ke stejným výsledkům, jako alternativní metodu tato norma doporučuje použití metody na bázi karbidu vápenatého, v závislosti na typu nášlapné vrstvy a typu vytápění se maximální vlhkosti pohybují v rozsahu 2–5 % pro cementové potěry, 0,3 – 1 % pro potěry na bázi síranu vápenatého. Má se provádět minimálně jedno měření na 100 m², ale na plochách do 200 m² se provádí minimálně tři měření (12).

Požadavky této normy může zpřísnit ještě výrobce materiálu. Například před prováděním dlažeb na cementový potěr bez podlahového vytápění by měla být maximální vlhkost podkladu 5 %, nicméně pokud bude pod dlažbu aplikovaná tekutá hydroizolace, musíme se také řídit technickým listem, někteří výrobci tekutých izolací předepisují maximální vlhkost cementového potěru 2 % CM, to dle převodní tabulky v ČSN 74 4505 odpovídá 3,5 % hmotnostní vlhkosti (13).

1.1.5. Vlhkost dřevěných konstrukcí

Pro dřevěné konstrukce je dle ČSN 73 2824-1 referenční hodnota vlhkosti 20 %, měří se odporovým vlhkoměrem dle ČSN EN 13183-2, ve vzdálenosti nejméně 30 cm od čela prvku, měřeno v 30 % tloušťky, případně šířky do hloubky nejvýše 40 mm (14).

Pro zabudování prvků v konstrukcích doporučuje odborná literatura nižší hodnoty maximální vlhkosti. Ideální vlhkost v zabudovaných konstrukcích ve styku s tepelnou izolací je 12–15 %, neměla by překročit 17 %. Pro truhlářské výrobky doporučují vlhkost 8–10 % (15).

1.1.6. Vlhkost dalších materiálů

Výše jsem uvedl příklady častých příkladů, kdy by se měla vlhkost při provádění stavebního díla kontrolovat, nicméně tento výčet zcela nepokrývá všechny případy podléhající kontrole vlhkosti, protože to není účelem této práce. Přesto je důležité dbát na řádné ověření vlhkosti materiálů i stavebního díla v dalších případech. Doporučuji v případě podezření na nesplnění vlhkostních požadavků ověřovat vlhkostní parametry například u nasákavých tepelných izolací, nebo u nasákavých desek suché výstavby atd., protože se jejich vlhkost může zvýšit při nevhodném transportu, nebo skladování, důslednou kontrolou lze částečně předejít případným škodám v souvislosti s vlhkostí.

1.2. Pohled na problematiku vlhkosti z pohledu provádění staveb

Při provádění vnitřních omítek a podlahových vrstev se do stavby dostane velké množství vody (přibližně 10 l/m² podlahové plochy). Proto k vysušení stavebních materiálů je potřebný dostatek času, zejména v konstrukcích, které jsou částečně uzavřené uprostřed budovy stěnami (například koupelny v bytových domech), tím je omezen přísun čerstvého vzduchu a čas potřebný pro vysušení může trvat několik týdnů až měsíců. Tato problematika naráží na rozpor s požadavky dnešních investorů, kteří chtějí užívat stavbu v co nejkratším možném čase a nutí dodavatele napsat do smlouvy co možná nejbližší datum předání stavby. Částečně může zhotovitel urychlit procesy vysycháním například účinným větráním interiéru, nebo spuštěním podlahového topení, nebo použitím vysoušečů. Musí však dodržet požadavky na minimální dobu tvrdnutí stanovenou výrobcí, aby nedošlo k popraskání monolitických vrstev, nebo snížení jejich pevnosti.

Dále je důležité najít vhodné metody, které by přinesly rychlé a spolehlivé měření vlhkosti v co nejkratším čase, aby bylo možné i při tlaku na rychlou výstavbu provést kvalitní stavbu.

1.3. Způsoby stanovení vlhkosti materiálů – destruktivní metody

1.3.1. Gravimetrická metoda

Gravimetrická neboli vážková metoda je definovaná normou ČSN ISO 12570. Jde o destruktivní metodu, při které se odeberou vzorky zkoušeného materiálu, nedoporučuje se odebírat vzorky řezáním, nebo vrtáním, protože teplo z těchto technologií by způsobilo odpaření vlhkosti a zkreslení výsledků zkoušky. Ručně odebrané vzorky se mohou zvážít na místě s přesností na desetiny gramu. Pokud má dojít k vážení v laboratoři, je nutné vzorky parotěsně uzavřít, aby se z nich nemohla odpařit žádná voda, poté se vážení v laboratoři provede i s obalem.

Pak následuje proces sušení, při kterém se suší vzorek i s otevřeným obalem, pokud byl vzorek parotěsně zabalen. Teplota pece se stanoví dle

druhu materiálu, tak, aby nedošlo k jeho napětí, nebo uvolnění vázané hmoty, minerální materiály, které nemění svou strukturu se suší při 105 °C a dřevo se suší při teplotě 105 ± 2 °C, materiály, které při teplotě 65–105 °C mohou změnit strukturu např. plasty se suší při teplotě 65 ± 2 °C (16). Materiály, kde se může uvolnit krystalizační voda, například sádra se suší při teplotě 40 ± 2 °C. Při volbě teploty je nutné zohlednit teplotu sušení, aby se nepoškodil vysoušený obal, z tohoto důvodu je pro přesun silikátových materiálů vhodnější používat kovové nebo skleněné obaly, které jsou odolné vůči vyšším teplotám. Relativní vlhkost vzduchu v peci má být nižší než 10 %.

Zkouška se může vyhodnotit, pokud ve třech po sobě jdoucích měření neklesne hmotnost vzorku o více než 0,1 % celkové hmotnosti. Měření se provádí v časovém odstupu nejméně 24 h.

Hmotnostní vlhkost se na konci měření vypočítá podle vzorce:

$$u = \frac{m - m_0}{m_0}$$

u = hmotnostní vlhkost

m = hmotnost zkušebního vzorku před vysušením

m_0 = hmotnost zkušebního vzorku po vysušení (17)

Zakoupení sušárny a váhy vyjde na cenu nejméně 50 000 Kč.

1.3.1.1. Klady a zápory gravimetrické metody

- + Vysoká přesnost až 3 %
- + Specifikovaná v normách, lze jí používat například jako důkaz u soudních sporů
- Destruktivní metoda, po odebrání vzorku se musí místo ve stavební konstrukci vyspravit, čímž se do ní vnáší další vlhkost
- Touto metodou nelze měřit opakovaně, pokud zkouška nevyhoví, musí se destruktivně odebrat další vzorky
- Časově náročná zkouška, pokud by vzorek zcela vyschl za 24 hodin zkouška musí trvat minimálně 72 hodin, po této době už může být měřený materiál suchý

1.3.3. Shrnutí destruktivních metod

Destruktivní metody jsou definované normou jako spolehlivé, proto by se měli v praxi používat. Nicméně používáním těchto metod se poškozují posuzované konstrukce a dlouhé čekání na výsledky u gravimetrické metody zpomalují dodavatele stavby. Proto je nezbytné, aby se na stavbách vlhkost měřila orientačně i jinými metodami, aby dodavatel orientačně znal vlhkost materiálu a mohl předpokládat, že destruktivní zkouška vyhoví.

1.4. Způsoby stanovení vlhkosti materiálů – nedestruktivní metody

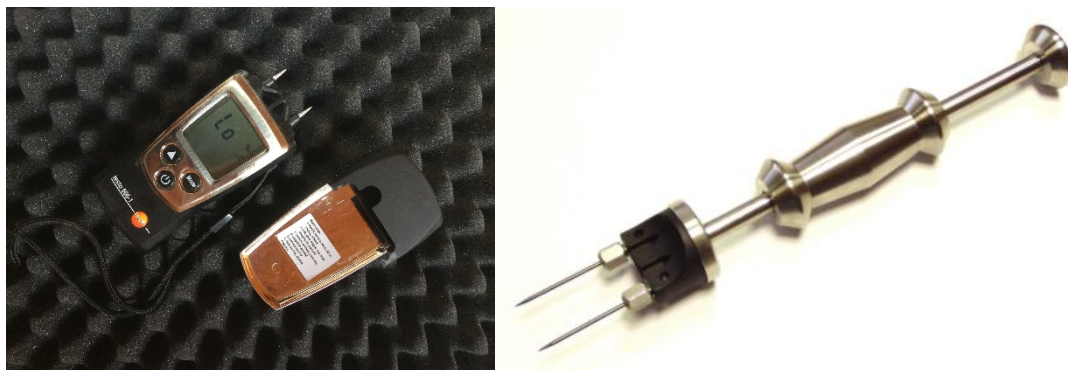
1.4.1. Odporová metoda

Vlhkost v materiálu mění jeho fyzikální parametry, tohoto jevu využívá i odporová metoda stanovení vlhkosti. Se vzrůstající vlhkostí materiálu se snižuje jeho elektrický odpor, který je měřen přístrojem. Vlhké materiály mohou mít elektrický odpor v řádu stovek k Ω a suché dosahují odporu v řádu několika set M Ω (18). Naměřenou hodnotu elektrického odporu přepočítává přístroj dle nastavených charakteristických křivek pro dané materiály, takže každý přístroj je omezen pouze pro měření materiálů, na které je výrobce nastavil. Odchytky naměřených hodnot těchto přístrojů může ovlivnit mnoho faktorů, například vyšší zasolení zvyšuje vodivost daného materiálu, a také žádný výrobce nemůže nastavit charakteristiku pro každý materiál, proto vlhkoměry udávají hodnotu pro nějaký výrobcem nastavený materiál. Levné vlhkoměry poskytují pouze jednu charakteristickou křivku pro měření odlišných materiálů například pro omítku, beton a maltu, ale jednotlivé charakteristické křivky těchto materiálů se liší v řádech procent a nemohou vést k objektivním výsledkům, nicméně naměřené hodnoty na zdánlivě podobných materiálech se mohou lišit o několik procent až o několik desítek procent, například naměřené hodnoty vlhkosti betonu ovlivní i množství cementu.

1.4.1.1. *Odporové vlhkoměry s hrotovými sondami*

Tyto vlhkoměry mají dva hroty, které se zapichují do materiálu. Jejich nevýhodou je vysoká tvrdost stavebních materiálů, kvůli tomu nejde přístroje zapíchnout do stavebního materiálu více než 1-3 mm, tím je podstatně snížena

kontaktní plocha přístroje a materiálu oproti použití pro měření dřeva. Řešení lze nalézt v použití sondy se zarážecími hroty, které je možné zatlouci do tvrdých materiálů do hloubky 1-2 cm, tím se zvětší kontaktní plocha přístroje s materiálem a měření probíhá ve větší hloubce, kde lze očekávat vyšší vlhkost materiálu. Nejlevnější zapichovací přístroje je možné pořídit od 1000 Kč, přístroj se zatloukacími hroty vyjde přibližně na 10 000 Kč.



Obrázek 4 Vlhkoměr se zapichovacími hroty Testo 606-1 (vlevo), vlhkostní sonda se zarážecím kladivem Greisinger GHE 91 (vpravo) [zdroj: <https://www.epristroje.cz/media/images/766598988.jpg>]

1.4.1.2. **Odporové vlhkoměry s kartáčkovými sondami**

Do konstrukce se vyvrtají dva otvory o průměru 6 mm pro zasunutí kartáčkových sond. Uvolněné teplo při vrtání způsobuje snížení vlhkosti, proto je nutné používat ostré vrtáky a před samotným měřením vyčkat, než se vlhkost přesune z okolní konstrukce zpět k vyvrtaným otvorům, dle pokynů výrobců tato přestávka vyžaduje minimálně 30 minut. Pro zajištění lepšího kontaktu se kartáčky mažou vodivou pastou. Tato metoda zajistí kvalitní propojení přístroje s měřeným materiálem, také je možné měřit materiály do velkých hloubek, v závislosti na použité sondě 10 – 30 cm, nicméně měření bude stále ovlivněno rozdílem vlastností měřeného materiálu a zvoleného materiálu v přístroji. Cena za přístroj včetně kartáčkových sond se pohybuje okolo 10 000 Kč.



Obrázek 5 Odporový vlhkoměr s kartáčkovými sondami Greisinger GMH 3800

1.4.1.3. Klady a zápory odporové metody

- + Rychlé stanovení výsledků
- + Žádné nebo minimální poškození konstrukce
- + Nízké náklady v porovnání s gravimetrickou metodou
- Výše zmíněné faktory negativně ovlivňující výsledek měření

1.4.2. Kapacitní metoda

Tento přístroj měří permitivitu materiálu, využívá toho, že permitivita vody $\epsilon=80$ je řádově mnohem vyšší než permitivita stavebních materiálů, která se pohybuje v rozmezí $\epsilon=2 - 10$. Tento přístroj se k měřenému povrchu pouze přikládá, takže nedojde ani k minimálnímu poškození měřeného povrchu jako u odporové metody. Vzhledem k tomu, že permitivita vzduchu $\epsilon=1$ je menší, než permitivita stavebních materiálů, může dojít ke zkreslení naměřené hodnoty vlivem nerovného povrchu, kde může vzniknout mezera mezi přístrojem a testovaným materiálem v řádu několika milimetrů. Dle manuálu nelze s některými přístroji měřit ani relativně rovný povrch strukturované omítky viz obrázek č. 4.



Obrázek 6 Nevhodný podklad pro měření kapacitním vlhkoměrem [Zdroj: Návod k obsluze pro měřič materiálové vlhkosti Greisinger GMK 100]

Podobně jako u odporové metody tento

přístroj přepočítává naměřenou permitivitu dle charakteristických křivek zadaných výrobcem a měření je omezeno jen na zadané materiály pro konkrétní přístroj. Hloubka měření je ovlivněna hustotou měřeného materiálu, u lehkých materiálů měření probíhá do hloubky až 12 cm, u těžkých materiálů jako je beton lze měřit do hloubky maximálně 3 cm. (19) Některé přístroje nabízejí možnost přepínání hloubek měření pro stanovení zda je zvýšená vlhkost na povrchu, nebo uvnitř konstrukce. Touto metodou nelze měřit vlhkost

stavebních materiálů s obsahem kovu například drátkobeton. Cena těchto přístrojů se pohybuje v rozmezí 1000 Kč – 10 000 Kč.

1.4.2.1. Klady a zápory kapacitní metody

- + Rychlé stanovení výsledků
- + Žádné poškození konstrukce
- + Nízké náklady v porovnání s gravimetrickou metodou
- Různé materiály vyžadují různé charakteristické křivky
- Nerovnosti materiálu mohou způsobit chybu v měření



Obrázek 7 Vlhkoměr testo 635-2 s kapacitní vlhkostní sondou (vlevo) [Zdroj: <http://www.merici-pristroje.eu/image/cache/data/product-474/6352b-vlhkomer-teplomer-500x500.jpg>] Kapacitní vlhkoměr GANN Hydromette BL Compact B 2 (vpravo) [Zdroj: http://www.gann.de/Portals/0/Pictures/big/12032_3.jpg]

1.4.3. Mikrovlnná metoda

Tento přístroj vysílá do materiálu radiové vlny na mikrovlnném kmitočtu, ty se odrazí od molekul vody, podle množství odražených vln přepočítá přístroj vlhkost materiálu. Výhodou této metody, je její přímá závislost na množství vody a není ovlivněna jinými fyzikálními vlastnostmi materiálu jako odporová, nebo kapacitní metoda (20). Také lze touto metodou měřit materiálovou vlhkost v různých hloubkách v závislosti na použité sondě v rozsahu 3 – 80 cm. Přístroj způsobuje nepřesnosti měření při obsahu vlhkosti do 3%,

také rozdílné velikosti a množství kameniva mohou způsobit odchylky naměřených hodnot (21). Cena tohoto přístroje se pohybuje v rozmezí 140 000 – 220 000 Kč, nicméně v ČR existují firmy, které tento přístroj vlastní a je možné u nich objednat měření, firmy zabývající se sanacemi vlhkého zdiva dokonce nabízí měření zdarma.

1.4.3.1. Klady a zápory mikrovlnné metody

- + Rychlé stanovení výsledků
- + Měření v různých hloubkách
- + Přímá závislost měřených parametrů na vodě
- Vysoká pořizovací cena přístroje



Obrázek 8 Mikrovlnný vlhkoměr MOIST 250 B [Zdroj: <http://www.hf-sensor.de/download/moist250beng.pdf>]

1.4.4. Kalcium chloridová metoda

Jde o metodu vycházející z americké normy ASTM F 1869. Při měření se umístí na podlahu miska s určitým množstvím chloridu vápenatého, ta se uzavře krabicí o půdorysném rozměru přibližně 50×50 cm, aby se k němu nemohl dostat okolní vzduch. Po 72 h se provede vyhodnocení zkoušky, po uplynutí této doby se chlorid vápenatý zváží, pokud se hmotnost vlivem nasáknutí vzdušné vlhkosti nezvýší nad stanovenou mez, považuje se podlaha za dostatečně vyschlou před pokládkou nášlapné vrstvy. (22).

Provádí se tři měření na každých 100 m², na každých dalších 100 m² se přidává jeden test. Během zkoušky má být v místnosti teplota a relativní vlhkost vzduchu stejná, jako má být při užívání stavby. Při manipulaci s chloridem vápenatým se musí postupovat opatrně, aby se látka nerozsypala, jinak by nebylo možné stanovit změnu hmotnosti způsobenou vlhkostí a zkouška by se musela opakovat. Výsledek této zkoušky závisí na PH betonového potěru čím vyšší je PH tím, vyšší je i výsledek. Tuto metodu lze použít pouze do hodnoty PH 9 u betonových potěrů. Nelze ji použít pro lehké betony a anhydrit (23). Cena za jednorázovou testovací sadu se pohybuje okolo 350 Kč.

- + nízká cena pro jednorázová měření
- výsledek zkoušky lze určit až po třech dnech
- lze použít jen na vodorovné konstrukce
- lze použít jen na beton s PH do 9
- riziko rozsypání chloridu vápenatého a znehodnocení výsledků
- v ČR se neprodává, poštovné z USA zvyšuje cenu produktu



Obrázek 9 Sada pro měření chloridem vápenatým [Zdroj: <http://www.vaprecision.com/wp-content/uploads/2016/07/cc-kit-on-floor.jpg>]

1.4.5. Měření vzdušné vlhkosti

Tato metoda vychází z Britských norem. Hodnoty relativní vlhkosti podlahových desek by před pokládkou nášlapných vrstev neměli překročit hodnoty stanovené normou, nebo výrobcem podlahové krytiny. Maximální uváděné hodnoty relativní vlhkosti jsou v rozmezí 60 – 90 % v závislosti

na typu nášlapné vrstvy (24), jiné zdroje uvádí maximální hodnotu relativní vlhkosti 70% (25). Návod k obsluze přístroje TRAMEX CMEXPRT II zmiňuje, že britská norma BS 8203 považuje podklad za vyschlý, pokud je relativní vlhkost nižší než 75% (26). Pro stanovení relativní vlhkosti existují dvě metody: 1) Na podlahu se přilepí plastová krabice s měřičem relativní vlhkosti uvnitř. Po 72h se může odečíst hodnota relativní vlhkosti uvnitř krabice. 2) Do podlahy se vyvrtá otvor, nejméně do 40% její tloušťky. Do vyvrtaného otvoru se vloží vlhkosní čidlo a otvor se uzavře zátkou, po 72h je možné otvor otevřít, propojit čidlo s přístrojem a změřit relativní vlhkost. Existují přístroje, které přepočítávají naměřenou relativní vlhkost na hmotnostní vlhkost dle zadaných sorpčních parametrů pro různé materiály, nicméně tento přepočet může být ovlivněn rozdílnou velikostí pórů u různých materiálů. Pořízení přístroje vyjde přibližně na 5000 Kč – 30 000 Kč

1.4.5.1. Klady a zápory měření vzdušné vlhkosti

- + metoda osvědčená v zahraničí
- + přístroj se prodává v ČR
- výsledek lze určit až po třech dnech
- měřicí krabice může být při měření poškozena pracovníky stavby



Obrázek 10 Měření relativní vlhkosti RH sondou TRAMEX CMEX II [Zdroj: https://www.testersandtools.com/assets/images/media/catalog/product/c/m/cmex2_concrete_hygro_i_i_n_situ.jpg] (vlevo) Měřicí krabice Hygrohood TRAMEX pro stanovení relativní vlhkosti [Zdroj: <https://www.tramexmeters.eu/image/cache/data/HYGROHOOD%20NEW%20DCAL-700x700.jpg>] (vpravo)

1.4.6. Fóliová metoda

Jedná se o nejjednodušší metodu pro stanovení vlhkosti. Tato metoda je založena na podobném principu jako předchozí dvě metody, které posuzují relativní vlhkost vzduchu odpařeného z podkladu. K této zkoušce je potřeba fólie o rozměru 460 x 460 mm a lepicí páska. Okraj fólie se přilepí k podlahové konstrukci pomocí lepicí pásky. Po 16 hodinách je možné fólii odlepit a povrch pod ní zkontrolovat. Pokud je povrch pod fólií vlhký lze předpokládat, že betonová vrstva ještě nevyschla, nicméně pokud je povrch pod fólií suchý, nemusí to znamenat, že je betonová vrstva dostatečně vyschlá pro pokládku nášlapné vrstvy. Suchý povrch pod fólií mohl být ovlivněn například nízkou teplotou, kdy se voda z betonu nemohla odpařovat. Tento test se podle americké normy ASTM D4263 provádí na každých 500 m². Kvůli nízké vypovídající hodnotě této zkoušky, je tato metoda doporučována spíše pro použití mezi laiky na menších stavbách, kde není možné z důvodu finanční úspory použít sofistikovanější metody.

1.4.6.1. *Výhody a nevýhody fóliové metody*

- + Nízká cena
- + Jednoduché na provedení
- Výsledky nemusí být objektivní



Obrázek 11 Fóliová metoda stanovení vlhkosti podkladu [Zdroj: <http://www.astmd4263.com/wp-content/uploads/2015/08/astmd4263-concrete-moisture-test.jpg>]

1.4.7. Termografická metoda

Ke stanovení vlhkosti slouží termokamera, která snímá teplotu povrchů, díky tomu dokáže přístroj určit vlhkostní mapy v konstrukci. Měřením je možné rychle získat vlhkostní mapy rozsáhlých ploch. Nicméně naměřené údaje jsou orientační a nelze z nich interpretovat konkrétní hodnotu vlhkosti materiálu. Tato metoda najde uplatnění zejména v odhalování poruch, při hledání vhodného nastavení vysoušečů v místnostech a při výběru vlhkých míst před měřením jinými metodami. Některé termokamery jsou navíc vybaveny pro měření odporovou hrotovou a kapacitní sondou. (1) (27) Cena za přístroj se pohybuje okolo 30 000 Kč

1.4.7.1. Výhody a nevýhody termografické metody

- + přístrojem lze rychle diagnostikovat vlhkost na velkých plochách
- z výsledků nelze spolehlivě určit konkrétní hodnotu vlhkosti



Obrázek 12 Termografický měřič vlhkosti Flir MR 176 [Zdroj: <http://www.flir.eu/uploadedImages/Instruments/Products/Test-and-Measurement/MR176/MR176-Front-Back.png>]

1.4.8. Radiometrická metoda

Tento přístroj funguje na základě fyzikálního jevu, kdy se pomocí zářiče americia a beryllia vysílají do konstrukce rychlé neutrony, ty zpomalují srážky s vodíkovými jádry. Dále se pomocí detektorů pomalých elektronů vyhodnotí vlhkost v konstrukci. Čím je vyšší vlhkost materiálu, tím je vyšší odezva detektoru. Měření vlhkosti může být nepřesné u materiálů, které obsahují vázanou vodu například anhydrit. Přístroj je poměrně velký a je primárně určen pro měření na vodorovných konstrukcích, ale lze jej upravit i pro měření

svislých konstrukcí. Pomocí přístroje lze zjistit i další vlastnosti materiálů například objemová hmotnost a objemová hmotnost v suchém stavu. (28)

1.4.8.1. *Výhody a nevýhody radiometrické metody*

- + Lze s ní měřit více veličin
- + Předpokládá se, že má dobrou přesnost
- Zařízení je velké to způsobuje horší manipulaci s přístrojem
- Pro měření na stěnách se musí provést speciální úprava



Obrázek 13 Měření vlhkosti radiometrickou soupravou [Zdroj: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-03-175-178.pdf>]

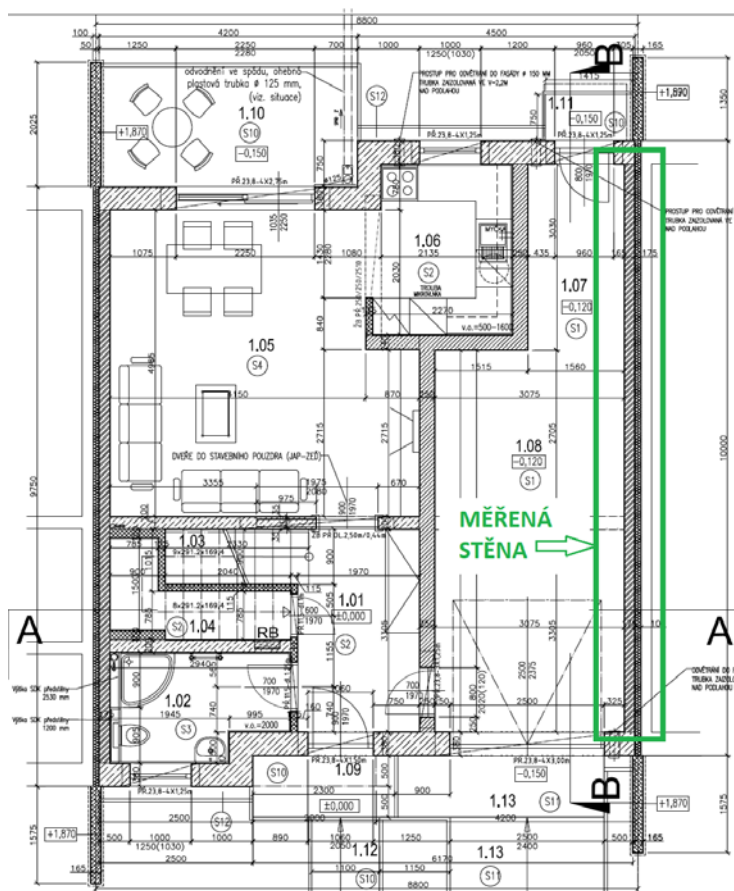
2. PRAKTICKÁ ČÁST – KONTROLNÍ MĚŘENÍ VLHKOSTI NA STAVBĚ

2.1. Popis stavby

Jedná se o dvoupodlažní řadový rodinný dům s plochou střechou. Stěny jsou zhotoveny ze systémového zdiva HELUZ, domy jsou odděleny akusticko-tepelnou izolací z minerální vaty v tloušťce 100 mm.

Během výstavby došlo k technologické nekázni, kdy zhotovitel nezakrýval stavbu v souladu s příručkou pro provádění od firmy HELUZ. Dešťová voda zatekla do sendvičové konstrukce ve zdivu, která se skládá ze zdiva HELUZ AKU 175 a minerální vaty v tloušťce 100 mm. Několik měsíců po zastřešení objektu se mělo přistoupit k provádění omítek.

Kvůli důvodnému podezření na zvýšenou vlhkost v konstrukci jsem provedl kontrolní měření.



Obrázek 14 Půdorys s vyznačením vlhké stěny

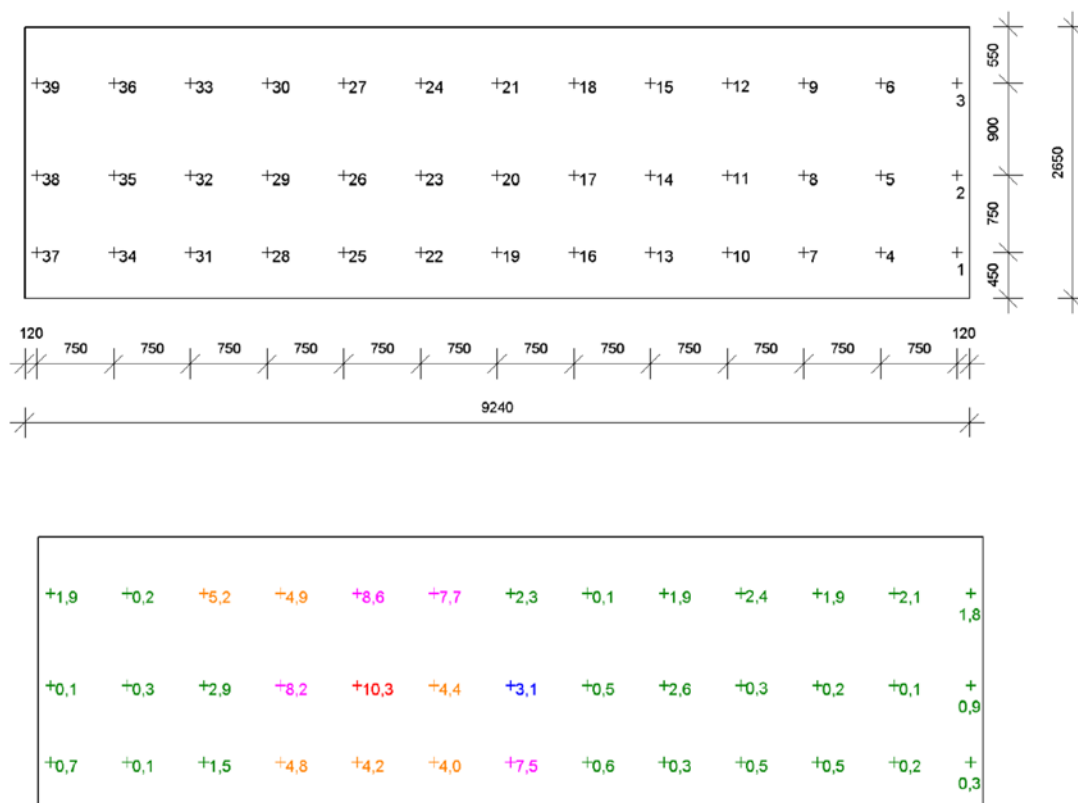
2.2. Postup měření

Na vlhké stěně jsem vyznačil 39 bodů pro vytvoření vlhkostní mapy a určení místa s nejvyšší vlhkostí. Pomocí odporového měřicího přístroje se zapichovacími hroty Testo 606-1 jsem změřil vlhkost v určených bodech

a hodnoty jsem zaznamenal do vlhkostní mapy. Po měření vlhkosti byla zvolena charakteristika pro materiál číslo 7 – Keramické cihly.

Touto metodou jsem určil místo s nejvyšší vlhkostí v bodě č. 26 pro ověření výsledků jsem v nejvlhčím místě provedl měření pomocí odporového vlhkoměru Greisinger GMH 3831 s kartáčkovými sondami GBSK 91. Vyvrtané otvory pro kartáčkové sondy byly o průměru 6 mm ve vzdálenosti 9 cm. Přístroj byl nastaven na charakteristiku b.4 – pálené cihly. Dle kalibračního listu má přístroj odchylku od materiálové charakteristiky $\pm 0,2\%$ hmotnostní vlhkosti. Měření jsem provedl 30 minut po vyvrtání otvorů, aby se vlhkost odpařená vlivem tepla od vrtání dostala zpět. Pro porovnání výsledků jsem ještě provedl měření v místě suchého zdiva v bodě č. 5.

V okolí bodu č. 26 jsem odebral tři vzorky pro porovnání měření s gravimetrickou metodou. Kvůli minimálnímu možnému poškození konstrukce jsem z dalších míst vzorky nemohl odebírat.



Obrázek 15 Vlhkostní mapa

2.3. Protokol o gravimetrické zkoušce vlhkosti

Dle ČSN EN ISO 12570

2.3.1. Identifikace výrobku

Název: HELUZ AKU 17,5 MK

Druh: cihla pálená

Výrobní číslo: nezjištěno

Stav, v jakém byl výrobek dodán do laboratoře: odseknutá část transportovaná pomocí skleněných váženek se zabroušeným víčkem

Hloubka odebraného vzorku: 30 mm, vzorek byl rozdrcen kladivem

2.3.2. Postup zkoušky

Datum začátku zkoušky: 13. 3. 2018

Datum konce zkoušky: 21. 3. 2018

Počet zkušebních vzorků: 3 - reprezentativní vzorky

Způsob sušení: v horkovzdušné sušárně Stericell

Teplota sušení: 105°C ± 2°C

Datum a čas započetí sušení: 13. 3. 2018 11:45

Datum a čas ukončení sušení: 21. 3. 2018 9:45

Celková doba sušení: 190 h

2.3.3. Výsledky

Číslo vzorku	Hmotnost odebraného vzorku [g]	Hmotnost vysušeného vzorku [g]	Hmotnostní vlhkost [%]
1	35,924	32,806	9,5
2	42,200	37,987	11,1
3	42,480	38,051	11,6
	Průměrná vlhkost:		10,7

Tabulka 3 Stanovení vlhkosti zdíva gravimetrickou metodou

2.4. Porovnání naměřených výsledků

Označení místa	Testo 606-1	Greisinger GMH 3831	Gravimetrická metoda
26	10,3 %	34,1 %	10,7 %
5	0,1 %	2,1 %	neměřeno

Tabulka 4 Porovnání výsledků měření vlhkosti stěny

Z výše uvedeného měření vyplývá, že měření pouze jednou metodou vůbec nemusí být nijak vypovídající. Dražší přístroj s kartáčkovými elektrodami, kde by někdo předpokládal vyšší přesnost, kvůli lepšímu propojení s materiálem naměřil více než 3× vyšší hodnoty než normová gravimetrická metoda. Nicméně přístroj Testo 606-1 v tomto případě naměřil hodnotu, která se shoduje s výsledkem z gravimetrické metody.



Obrázek 16 Měření vlhkosti zapichovacím vlhkoměrem

3. PRAKTICKÁ ČÁST POROVNÁNÍ MĚŘENÍ VLHKOSTI

Vzhledem k tomu, že při předchozím měření měřil kalibrovaný přístroj vlhkost s rozdílem oproti gravimetrické metodě větším než 20%, rozhodl jsem se provést další měření na různých materiálech a porovnat jejich výsledky.

K měření jsem znovu použil již zmíněné přístroje Greisinger GMH 3831 a Testo 606-1, také jsem využil kapacitní přístroje Greisinger GMK 100, který měří ze skupiny testovaných materiálů pouze anhydrit a beton, a kalibrovaný přístroj Testo 616. Přístroje jsem nastavil dle charakteristik pro měřené materiály.

3.1. Popis měřených vzorků

K měření vlhkosti jsem použil pórobetonové cihly Porfix P2, Hebel P2, Ytong P2, pálené cihly značky Porotherm, Heluz a cihlu plnou pálenou s neznámým výrobcem, betonový potěr Weber B20 a anhydritový potěr Cemix 20 MPa zkušební vzorky betonu a anhydritu měli rozměr 200 × 100 × 50 mm.

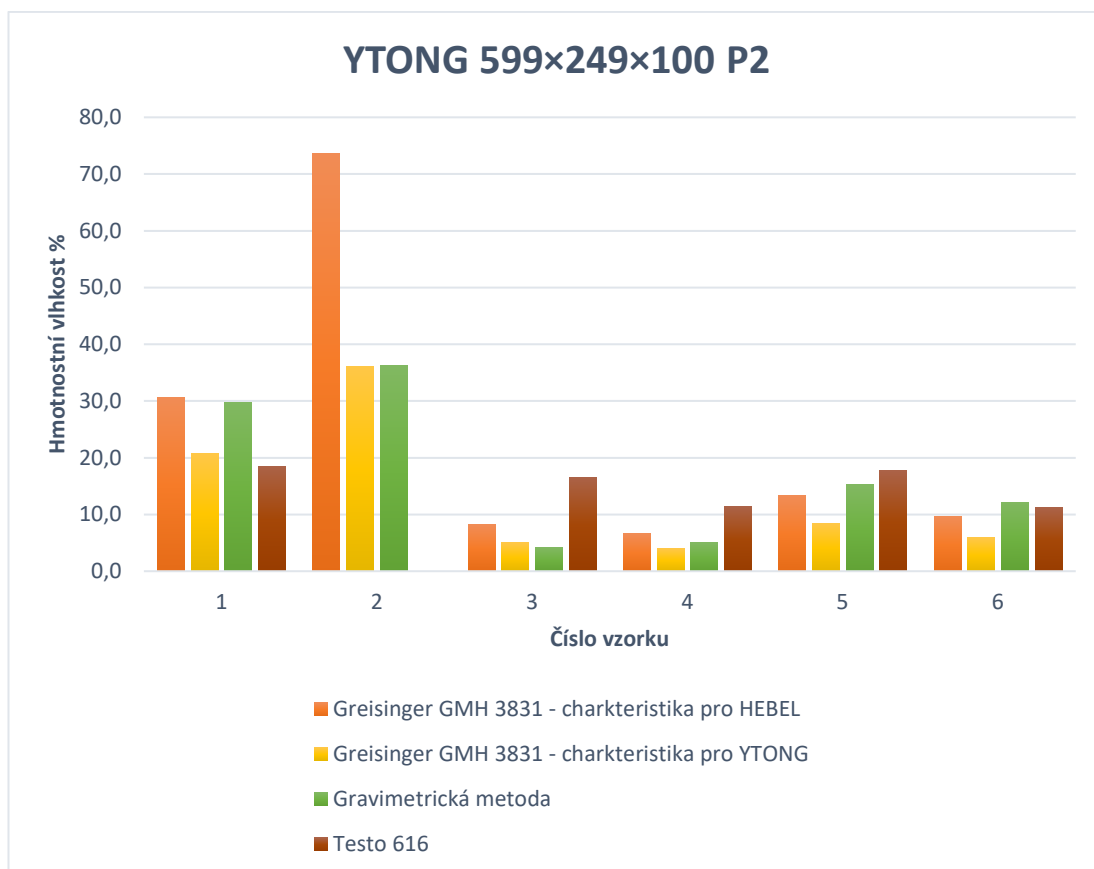
3.2. Měření vlhkosti pórobetonu

K měření jsem použil kalibrovaný přístroj testo 616 se zvolenou charakteristikou pro pórobeton a přístroj Greisinger GMH 3831, tento přístroj má dvě charakteristiky pro měření pórobetonu, jedna charakteristika je určena pro Hebel a druhá pro Ytong při měření jsem použil obě charakteristiky, takže ke každému materiálu uvádím dvě naměřené hodnoty. Ostatní přístroje nedisponují měřením vlhkosti pórobetonů.

Ze znázorněných hodnot na následujícím grafu vyplývá, že výrobci přístrojů mohou nastavit velmi odlišně charakteristiky pro daný materiál. Při porovnání naměřených hodnot se zadanou charakteristickou hodnotou pro Ytong a pro Hebel se naměřené hodnoty liší téměř o dvojnásobek to může způsobit obrovské chyby v měření, pokud je přístroj kalibrován pro zdánlivě podobný materiál s jinými fyzikálními parametry. Při porovnání dat s gravimetrickou metodou se k reálnému výsledku přibližuje spíše

charakteristika pro Ytong u všech měřených materiálů. Přístroj testo 616 má mnohem menší měřitelný rozsah, proto přístrojem nebylo možné změřit vlhkost nejvíce vlhkých vzorků. Tento nižší rozsah by neměl běžného uživatele na stavbě omezit, přestože se pórobetonové cihly dodávají s vlhkostí kolem 30%. Vzhledem k tomu, že požadavek na maximální vlhkost pórobetonu je 8-10 %, lze s jistotou určit, že zdivo nelze omítat, pokud bude překročena maximální měřitelná hodnota přístrojem. Nicméně při nízkých hodnotách vlhkosti kapacitní přístroj významně navýšil vlhkost materiálu o více než dvojnásobnou hodnotu, takto vysoká naměřená hodnota může zbytečně zdržovat dodavatele stavby při postupu prací, i když by dle gravimetrické metody bylo možné považovat materiál za dostatečně suchý pro omítání.

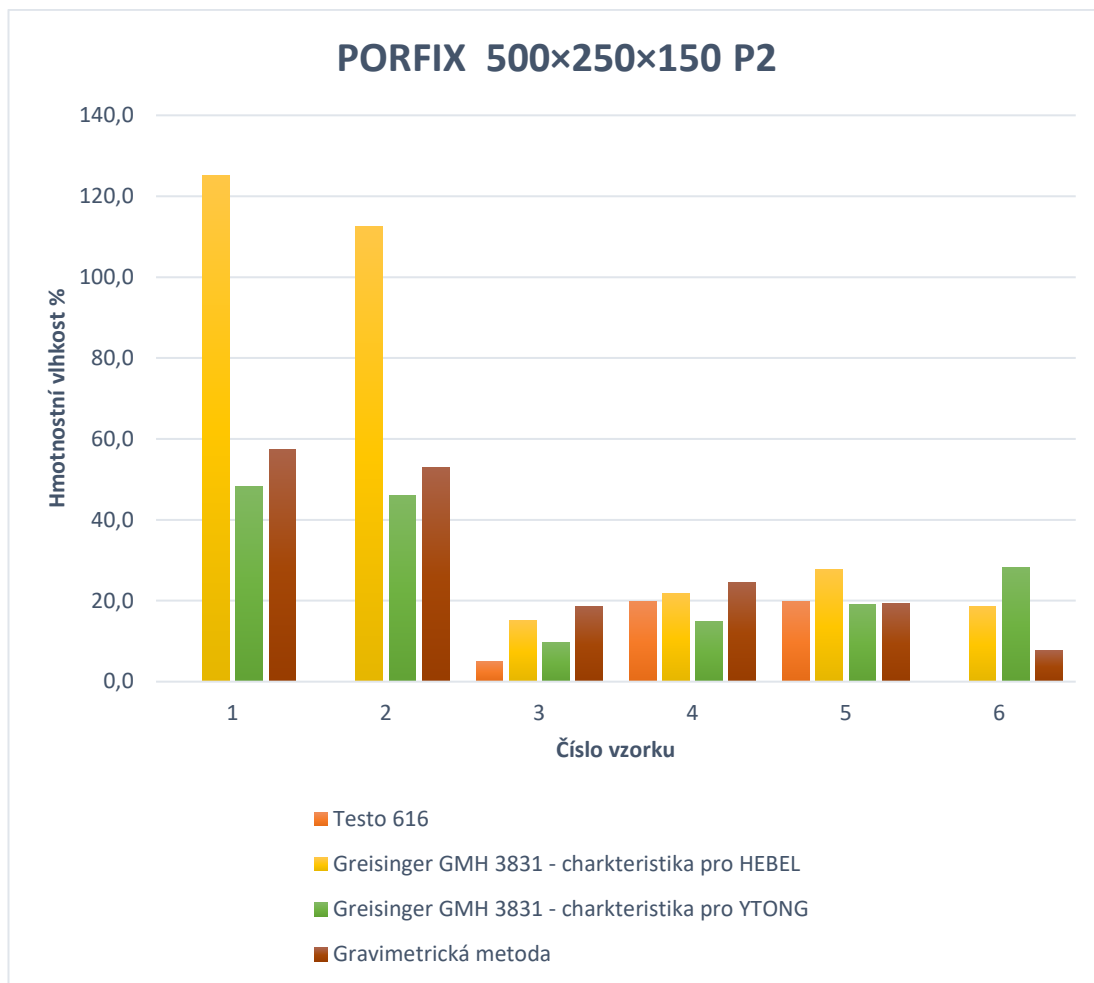
Vzhledem k velmi odlišným výsledkům při měření pórobetonového zdiva doporučuji ke stanovení vlhkosti použít více přístrojů, aby bylo možné jejich výsledky vzájemně porovnat, a v případě pochybností o relevantnosti výsledku doporučuji stanovit vlhkost gravimetricky. Myslím si, že i tato relativně pomalá zkouška může v určitých případech urychlit výstavbu, zejména když přístroje na zdivu s nízkou vlhkostí ukazují vysoké hodnoty.



Graf 1 Porovnání naměřených hodnot YTONG

Číslo vzorku	Testo 616	Greisinger GMH 3831 - charakteristika pro HEBEL	Greisinger GMH 3831 - charakteristika pro YTONG	Gravimetrická metoda
1	18,5	30,7	20,7	29,8
2	*	73,7	36,0	36,2
3	16,6	8,2	5,0	4,2
4	11,4	6,6	4,0	5,0
5	17,7	13,3	8,4	15,2
6	11,2	9,6	5,9	12,2
* překročena maximální měřitelná hodnota				

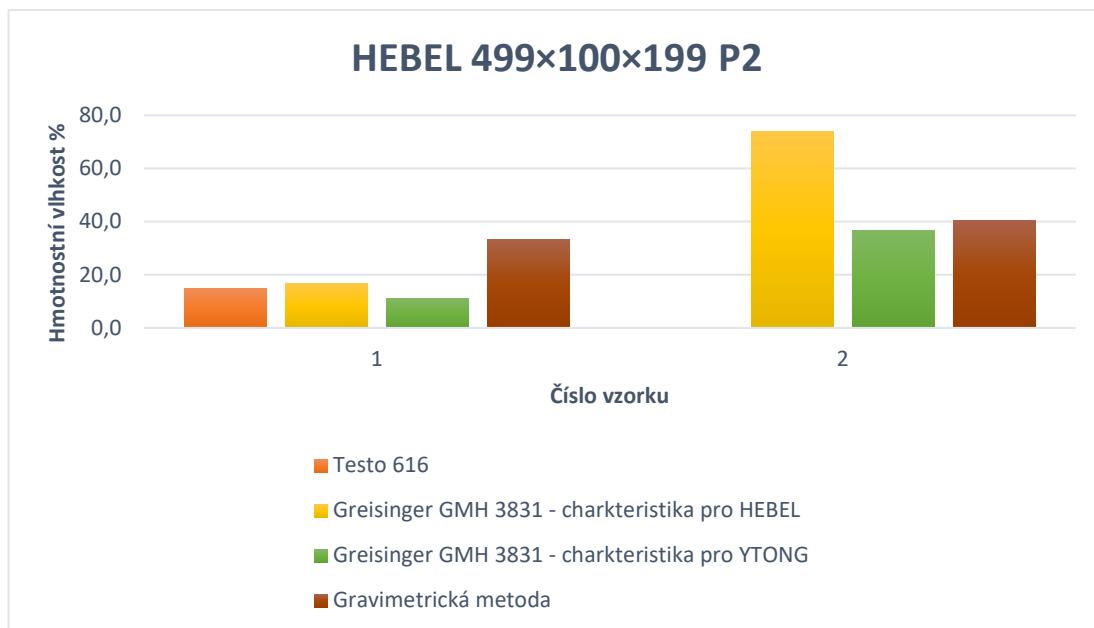
Tabulka 5 Porovnání naměřených hodnot YTONG



Graf 2 Porovnání naměřených hodnot PORFIX

Číslo vzorku	Testo 616	Greisinger GMH 3831 - charakteristika pro HEBEL	Greisinger GMH 3831 - charakteristika pro YTONG	Gravimetrická metoda
1	*	125,2	48,3	57,3
2	*	112,5	46,1	52,9
3	5,1	15,1	9,6	18,7
4	19,9	21,7	14,8	24,6
5	19,7	27,7	19,1	19,2
6	*	18,6	28,3	7,7
* překročena maximální měřitelná hodnota				

Tabulka 6 Porovnání naměřených hodnot PORFIX



Graf 3 Porovnání naměřených hodnot HEBEL

Číslo vzorku	Testo 616	Greisinger GMH 3831 - charakteristika pro HEBEL	Greisinger GMH 3831 - charakteristika pro YTONG	Gravimetrická metoda
1	14,8	16,9	11,1	33,2
2	*	74,0	36,8	40,4
* překročena maximální měřitelná hodnota				

Tabulka 7 Porovnání naměřených hodnot HEBEL



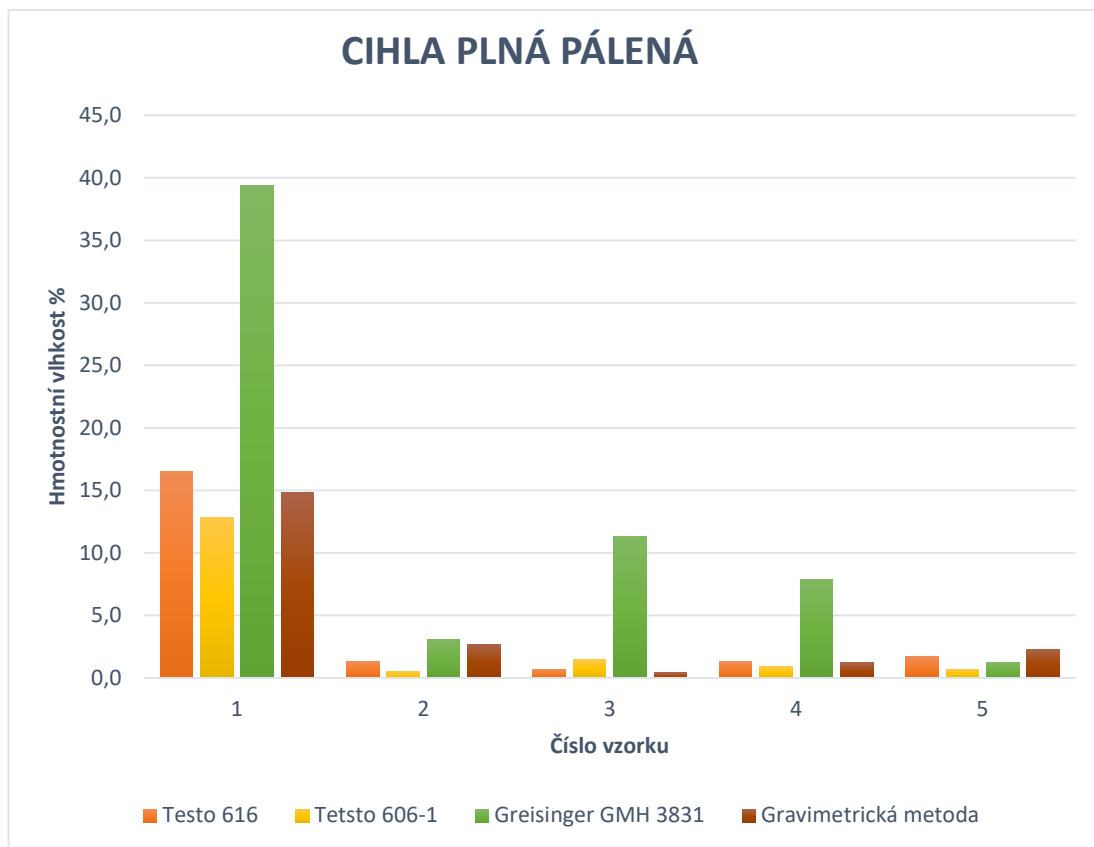
Obrázek 17 Měření vlhkosti pórobetonu kapacitním přístrojem Testo 606

3.3. Měření vlhkosti pálených cihel

K měření jsem použil kapacitní přístroj Testo 616 s nastavenou charakteristikou pro plné cihly a pro pálené cihly se svislými dutinami v závislosti na posuzované cihle. Také jsem použil odporové měřící přístroje Testo 606-1 s hrotovými elektrodami a Greisinger GMH 3831 s kartáčkovými elektrodami, u obou přístrojů jsem nastavil charakteristiku pro měření pálených cihel.

Z naměřených hodnot vyplývá, že výsledky kartáčkového vlhkoměru jsou v případě měření zdiva s vysokou vlhkostí mnohem vyšší, než prokázala gravimetrická zkouška. Při měření vlhkosti zdiva s vlhkostí nízkou se kartáčkový vlhkoměr přibližoval výsledkům gravimetrické metody, nicméně můžeme si všimnout, že v několika případech přístroj naměřil extrémně vysoké hodnoty v porovnání s ostatními metodami.

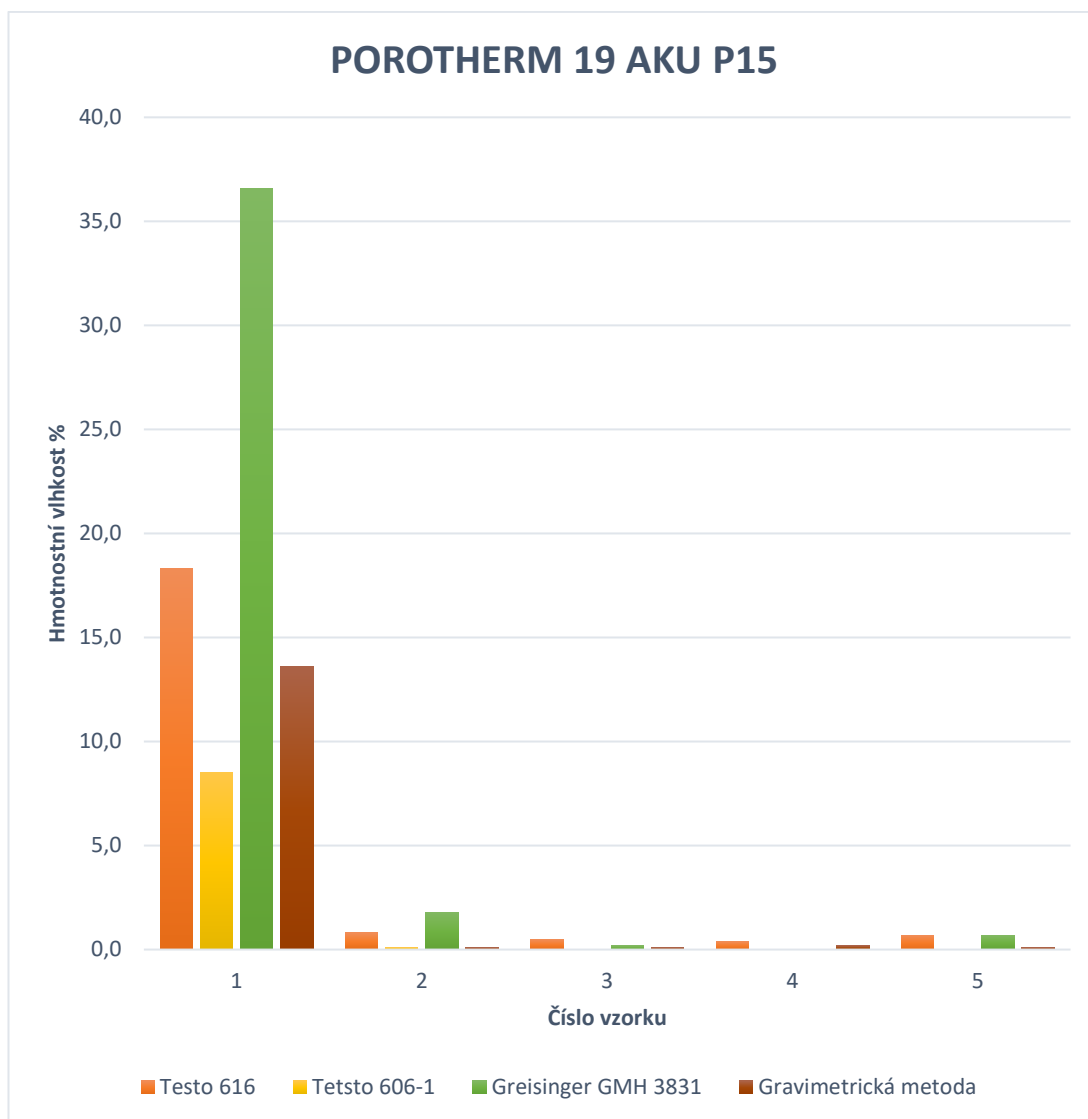
Z provedeného měření usuzuji, že se k reálným výsledkům při měření vlhkosti zdiva nejvíce přibližuje kapacitní vlhkoměr Testo a odporový vlhkoměr se zapichovacími hroty, nicméně, ani jejich odchylky nejsou zanedbatelné, nicméně pokud bych měl posoudit vlhkost na stavbě před omítáním pomocí těchto dvou přístrojů, považoval bych jejich výsledek společný výsledek za vypovídající, pokud byla změřená vlhkost blízko hraniční hodnotě, doporučuji ještě kontrolu gravimetrickou metodou



Graf 4 Porovnání naměřených hodnot cihla plná pálená

Číslo vzorku	Testo 616	Tetsto 606-1	Greisinger GMH 3831	Gravimetrická metoda
1	16,5	12,8	39,4	14,8
2	1,3	0,5	3,1	2,7
3	0,7	1,5	11,3	0,4
4	1,3	0,9	7,9	1,2
5	1,7	0,7	1,2	2,3

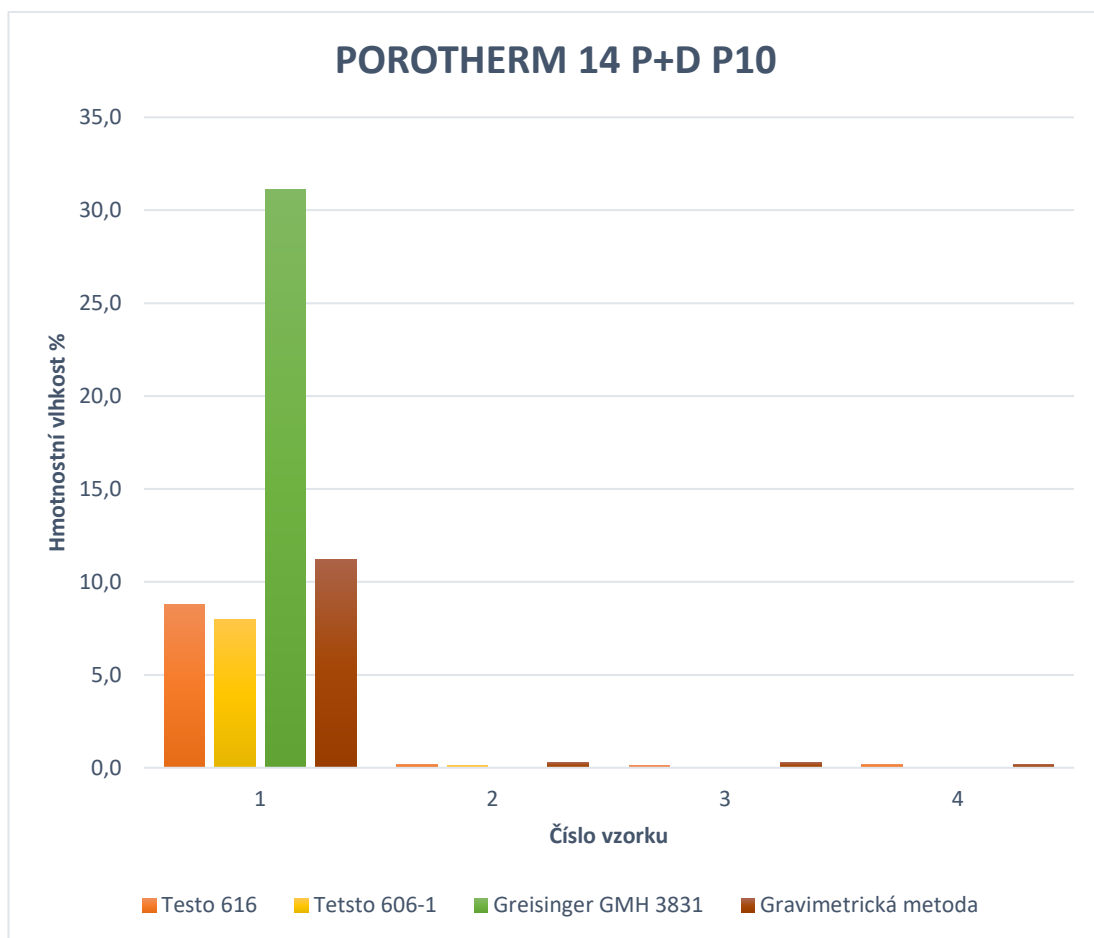
Tabulka 8 Porovnání naměřených hodnot cihla plná pálená



Graf 5 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 19 AKU

Číslo vzorku	Testo 616	Tetsto 606-1	Greisinger GMH 3831	Gravimetrická metoda
1	18,3	8,5	36,6	13,6
2	0,8	0,1	1,8	0,1
3	0,5	0,0	0,2	0,1
4	0,4	0,0	0,0	0,2
5	0,7	0,0	0,7	0,1

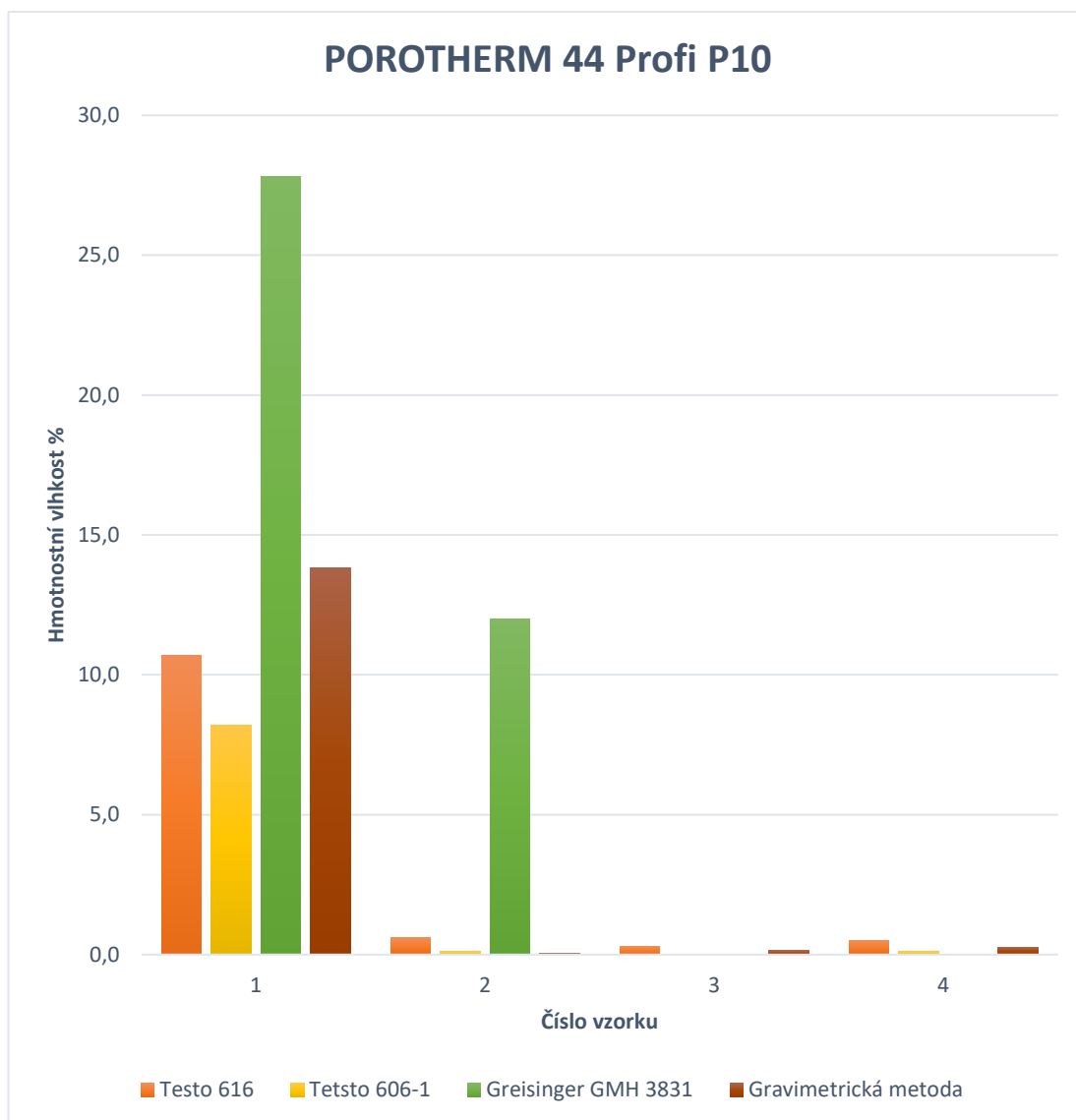
Tabulka 9 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 19 AKU



Graf 6 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 14

Číslo vzorku	Testo 616	Tetsto 606-1	Greisinger GMH 3831	Gravimetrická metoda
2	8,8	8,0	31,1	11,2
1	0,2	0,1	0,0	0,3
3	0,1	0,0	0,0	0,3
4	0,2	0,0	0,0	0,2

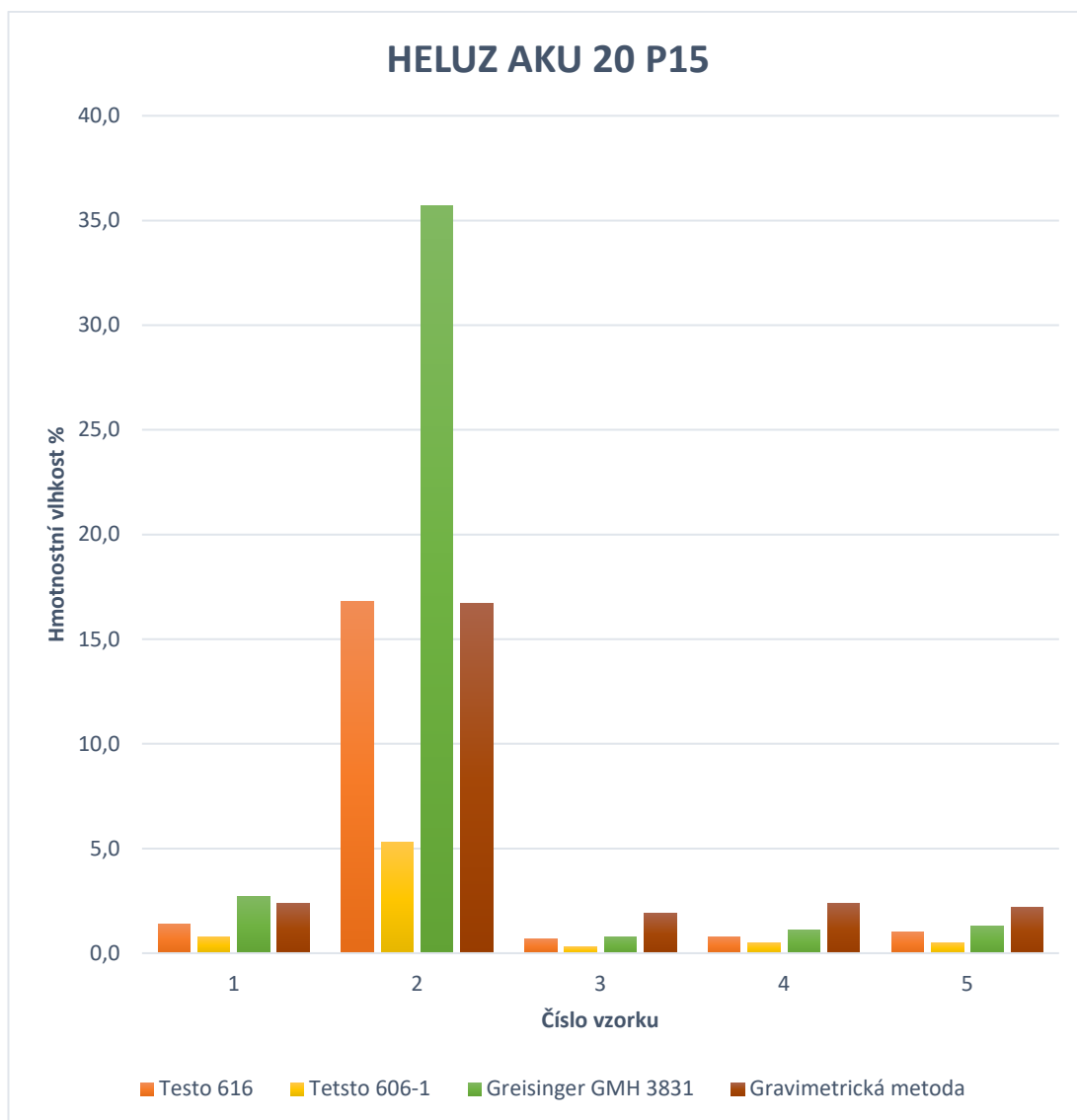
Tabulka 10 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 14



Graf 7 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 44 Profi

Číslo vzorku	Testo 616	Tetsto 606-1	Greisinger GMH 3831	Gravimetrická metoda
1	10,7	8,2	27,8	13,8
2	0,6	0,1	12,0	0,0
3	0,3	0,0	0,0	0,1
4	0,5	0,1	0,0	0,3

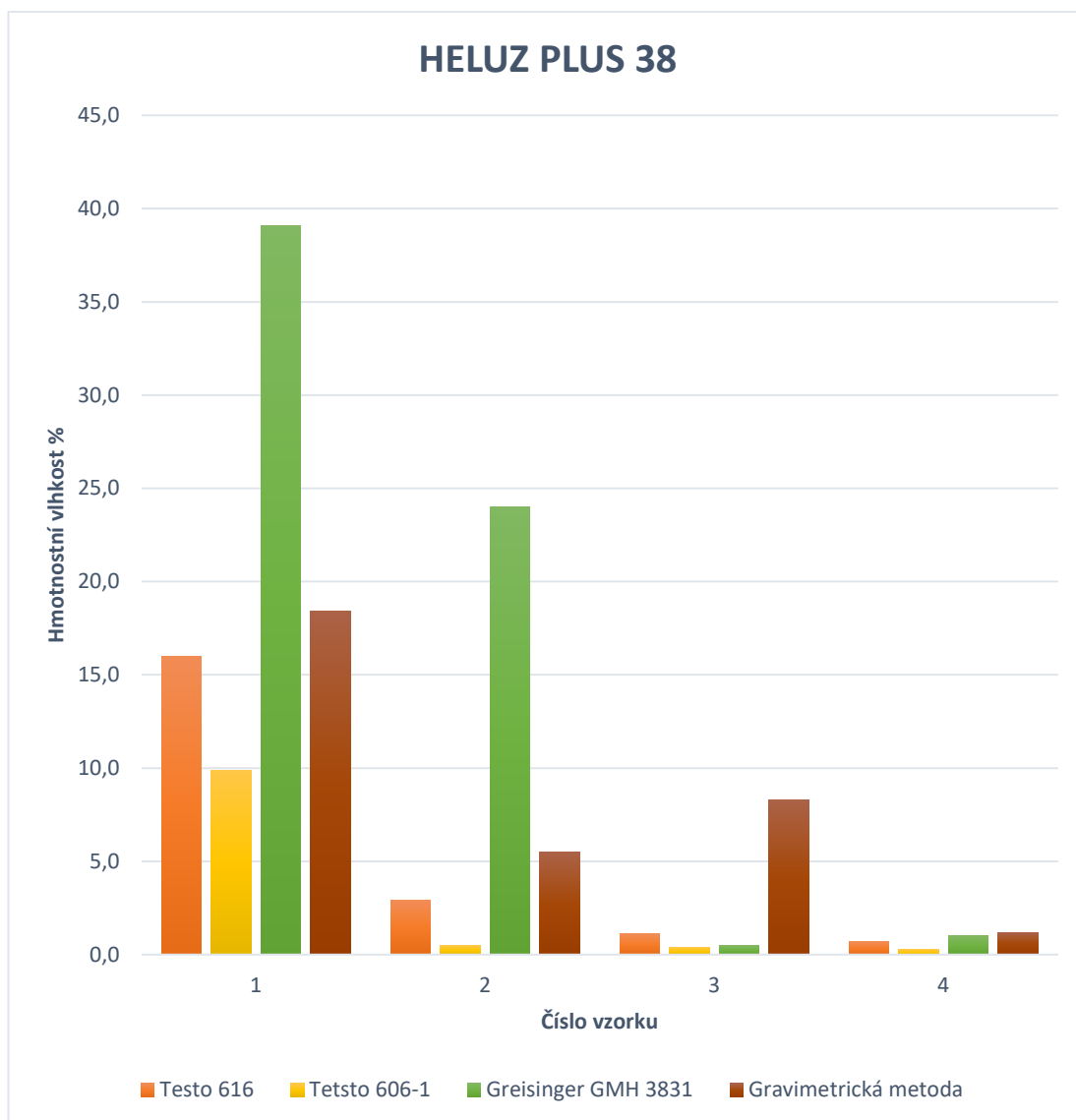
Tabulka 11 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 44 Profi



Graf 8 Porovnání naměřených hodnot HELUZ AKU 20

Číslo vzorku	Testo 616	Tetsto 606-1	Greisinger GMH 3831	Gravimetrická metoda
1	1,4	0,8	2,7	2,4
2	16,8	5,3	35,7	16,7
3	0,7	0,3	0,8	1,9
4	0,8	0,5	1,1	2,4
5	1,0	0,5	1,3	2,2

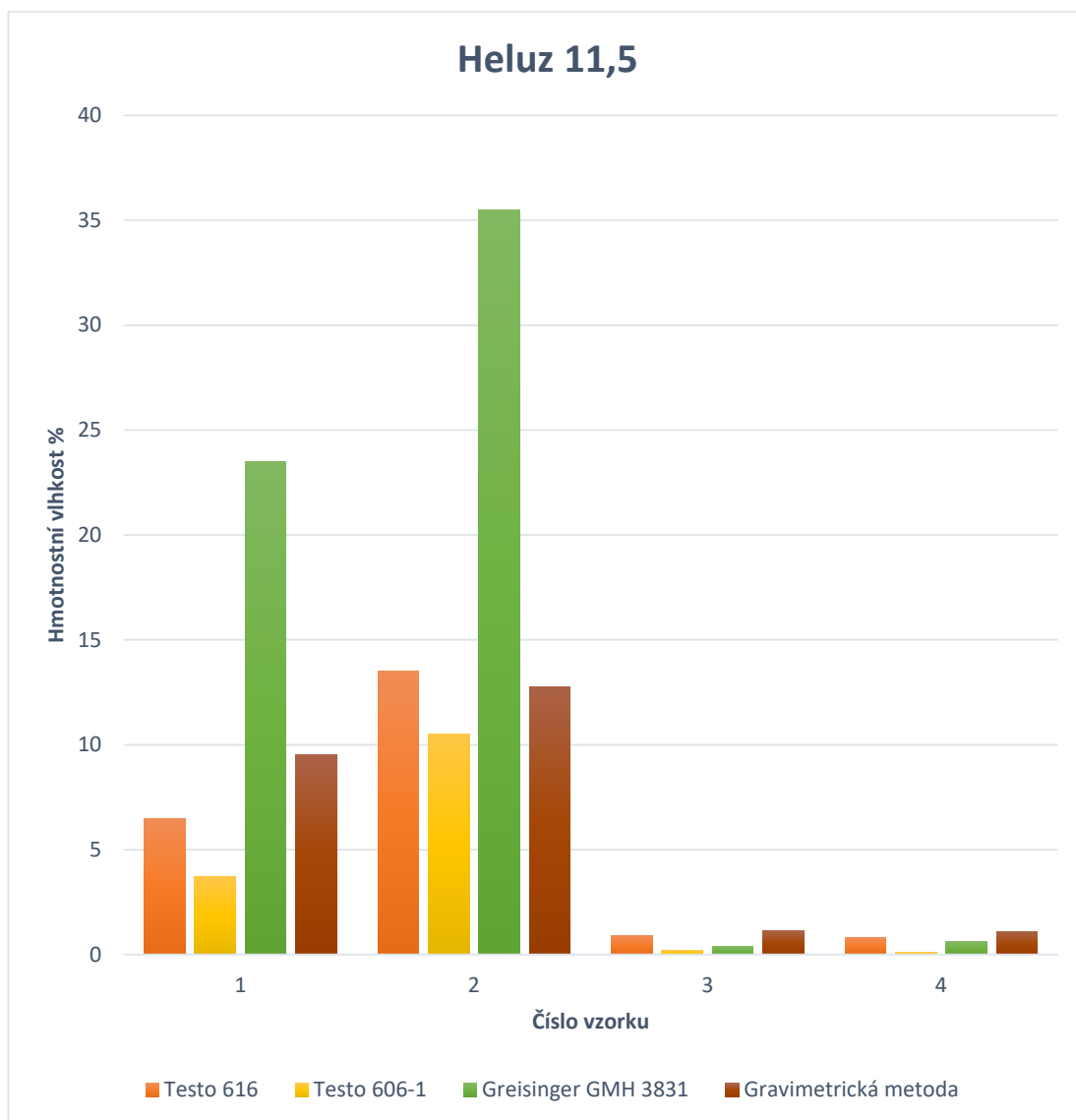
Tabulka 12 Porovnání naměřených hodnot HELUZ AKU 20



Graf 9 Porovnání naměřených hodnot HELUZ PLUS 37

Číslo vzorku	Testo 616	Tetsto 606-1	Greisinger GMH 3831	Gravimetrická metoda
1	16,0	9,9	39,1	18,4
2	2,9	0,5	24,0	5,5
3	1,1	0,4	0,5	8,3
4	0,7	0,3	1,0	1,2

Tabulka 13 Porovnání naměřených hodnot HELUZ PLUS 37



Graf 10 Porovnání naměřených hodnot HELUZ 11,5

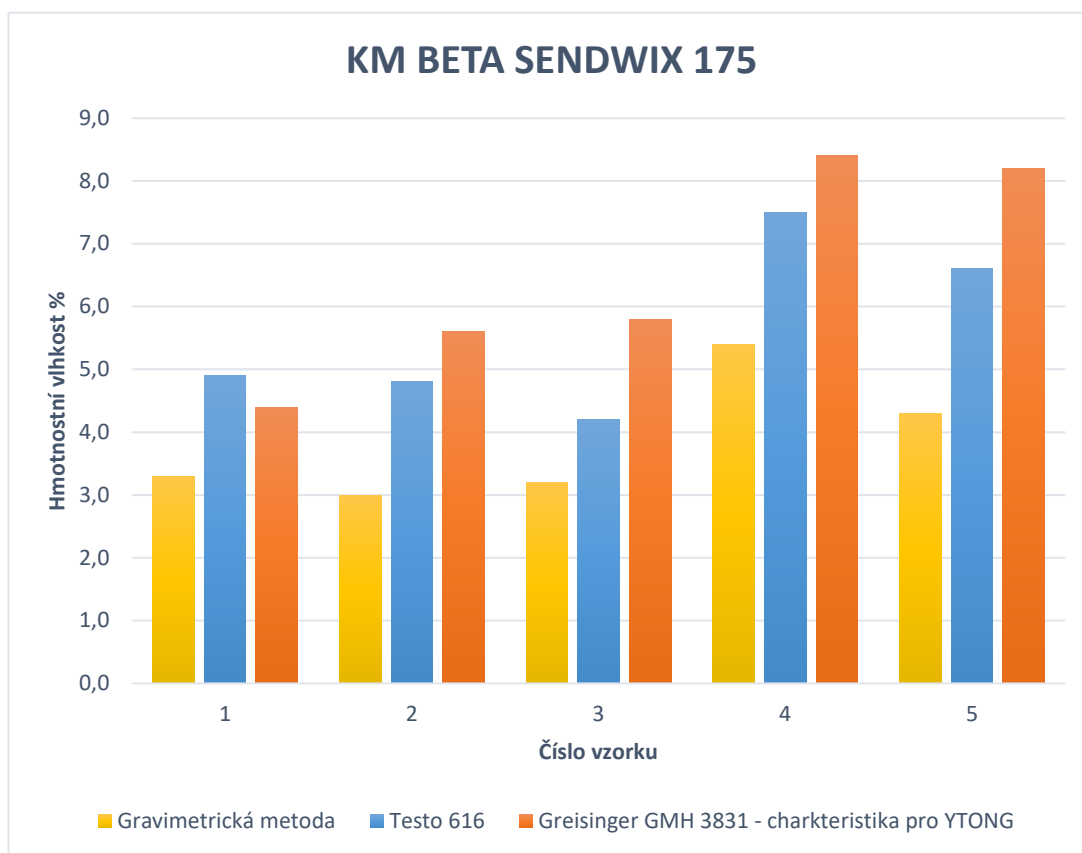
Číslo vzorku	Testo 616	Tetsto 606-1	Greisinger GMH 3831	Gravimetrická metoda
1	6,5	3,7	23,5	9,5
2	13,5	10,5	35,5	12,8
3	0,9	0,2	0,4	1,1
4	0,8	0,1	0,6	1,1

Tabulka 14 Porovnání naměřených hodnot HELUZ 11,5

3.4. Měření vlhkosti vápenopískových tvárníc

K měření vlhkosti vápenopískových cihel jsem použil přístroje Testo 616 a Greisinger GMH 3831, u obou přístrojů jsem nastavil materiálovou charakteristiku na vápenopískové cihly, přístroj Greisinger má u této charakteristiky definovanou třídu objemové hmotnosti 1,9; měřená cihla má nižší třídu objemové hmotnosti 1,4.

Z níže uvedených dat si můžeme všimnout, že oba přístroje naměřili vyšší hodnoty oproti gravimetrické zkoušce. U odporového měřiče jsem neposuzoval konkrétní typ tvárnice, pro který byla materiálová charakteristika dle manuálu navržena, ale měření jsem prováděl na tvarovkách s nižší objemovou hmotností. Je možné, že tvarovky s nižší objemovou hmotností mají nižší elektrický odpor než tvarovky s vyšší objemovou hmotností, a proto přístroj naměřil vyšší hodnoty, nicméně pro další srovnávací měření jsem nesehnal tvarovky s odpovídající hmotností, posouzení objektivitu tohoto měření bude vyžadovat ještě další srovnávací měření.



Graf 11 Porovnání naměřených hodnot vápenopískových tvárníc

Číslo vzorku	Testo 616	Greisinger GMH 3831 - charakteristika pro YTONG	Gravimetrická metoda
1	4,9	4,4	3,3
2	4,8	5,6	3,0
3	4,2	5,8	3,2
4	7,5	8,4	5,4
6	6,6	8,2	4,3

Tabulka 15 Porovnání naměřených hodnot vápenopískových tvárníc

3.5. Měření vlhkosti betonu

K měření betonu jsem použil kalibrovaný kapacitní vlhkoměr Testo 616 s nastavenou charakteristikou pro měření vlhkosti betonu. Kapacitní vlhkoměr Greisinger GMK 100 s nastavenou charakteristikou pro beton, přístroj umožňuje měření vlhkosti ve dvou hloubkách cca 10 mm a cca 25 mm, proto uvádím dvě naměřené hodnoty. Vzhledem k tomu, že výrobce klade důraz na rovinnost měřené plochy, tak jsem vzorky č. 3–9 měřil z hladké strany, která byla v kontaktu s bedněním a z hrubé strany, která byla ručně uhlazena zednickou lžící, abych mohl pozorovat, jak se budou lišit výsledky na různých plochách. Tento přístroj má povolenou odchylku dle kalibračního listu ± 2 jednotky. Dále jsem k měření použil odporový hrotový přístroj Testo 606-1. A odporový přístroj s kartáčkovými sondami, pro porovnání výsledků jsem vzorky č. 3–5 měřil podle charakteristik pro různé typy betonů b5 – 200kg cementu na m³ betonu, B15, b6 – 350kg cementu na m³ betonu, B25, b7 – 500kg cementu na m³ betonu, B35.

Měření jsem prováděl na vzorcích o rozměru 20×10×5 cm, které jsem odlil do dřevotřískového bednění s povrchovou úpravou z CPL laminátu, tím jsem získal kvádry s pěti hladkými stěnami a horní plocha byla hrubší, protože byla zhlazena zednickou lžící.

V tomto případě považuji za nejméně přesné hodnoty naměřené přístrojem testo 606-1, hodnoty jsou o více než polovinu nižší oproti gravimetrické metodě. Takto nízké naměřené hodnoty mohou vést k podcenění vlhkostního stavu a k aplikaci následných vrstev a ke způsobení vady na prováděném díle. Nicméně z konstrukce tohoto typu přístroje bylo možné usoudit, že výsledky při měření betonu budou nízké, beton je tvrdý

materiál a nelze do něj zapíchnout měřící hroty, tím se zvýší odpor mezi přístrojem a materiálem, vzhledem k tomu, že s klesající vlhkostí roste elektrický odpor materiálu, lze předpokládat i nižší naměřené hodnoty.

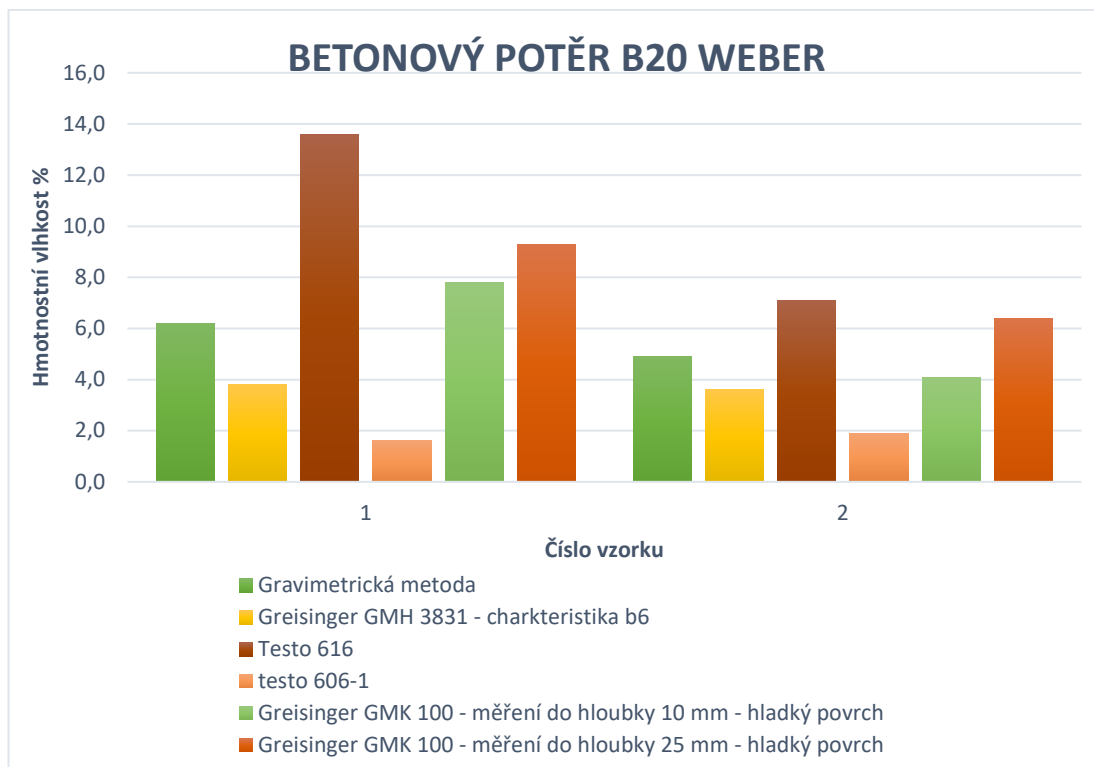
Přístroj Greisinger GMK 100 při měření na hladkém povrchu naměřil vyšší hodnoty vlhkosti, než na stejném vzorku z hrubší strany, která nebyla ve styku s bedněním. V porovnání s gravimetrickou metodou se zdá nejpřesnější způsob měření na mírně hrubém povrchu při nastavené hloubce 25 mm, výsledky tohoto měření splňují limit deklarovaný v kalibračním listu ± 2 jednotky.

Přístroj s kartáčkovými elektrodami naměřil na betonových vzorcích nižší hodnoty přibližně o 1% při měření všech třech charakteristických betonů. Můžeme si všimnout, že rozdíly mezi charakteristikami pro jednotlivé druhy betonů se liší přibližně o 0,5% pokud tedy pro měření vlhkosti betonu budeme mít levnější přístroj vybavený pouze jednou charakteristickou křivkou pro beton, lze očekávat, že se jeho kvalita nemusí příliš lišit od drahého přístroje se třemi velmi podobnými charakteristikami.

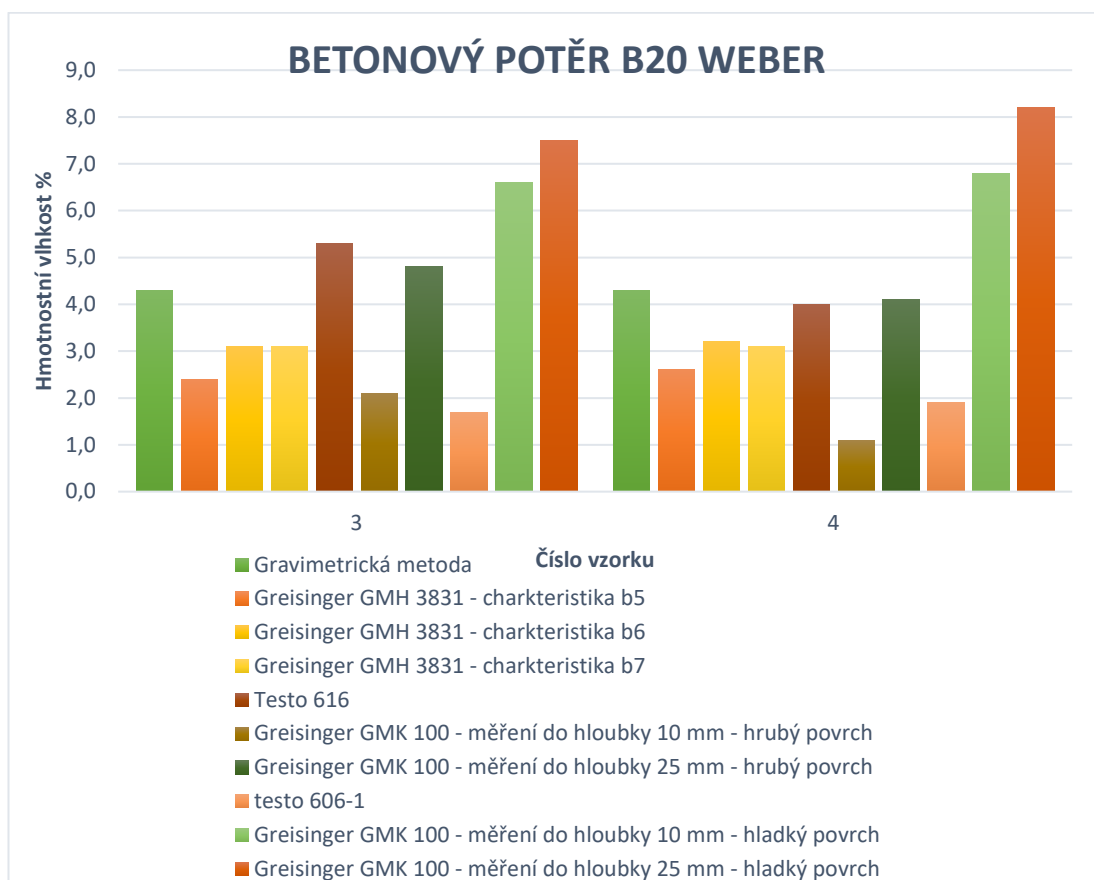
Výsledky přístroje Testo 616 považuji na měřených vzorcích betonu za nejpřesnější ze zkoušených přístrojů, občas tento přístroj mírně navyšuje naměřenou hodnotu oproti skutečnosti, nicméně z druhé strany měření zajistí určitou rezervu, aby po zakrytí konstrukce nenastal problém spojený s vlhkostí podkladu.



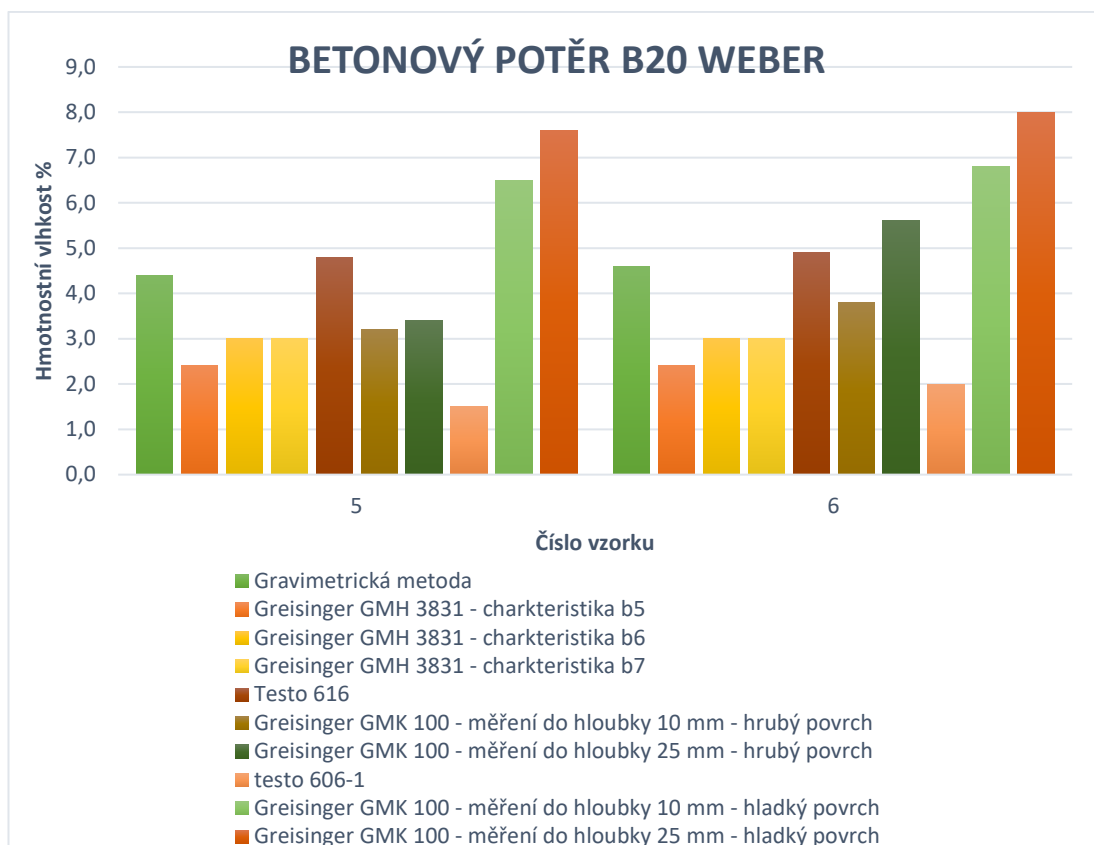
Obrázek 18 Měření vlhkosti betonu odporovým vlhkoměrem s kartáčkovými sondami



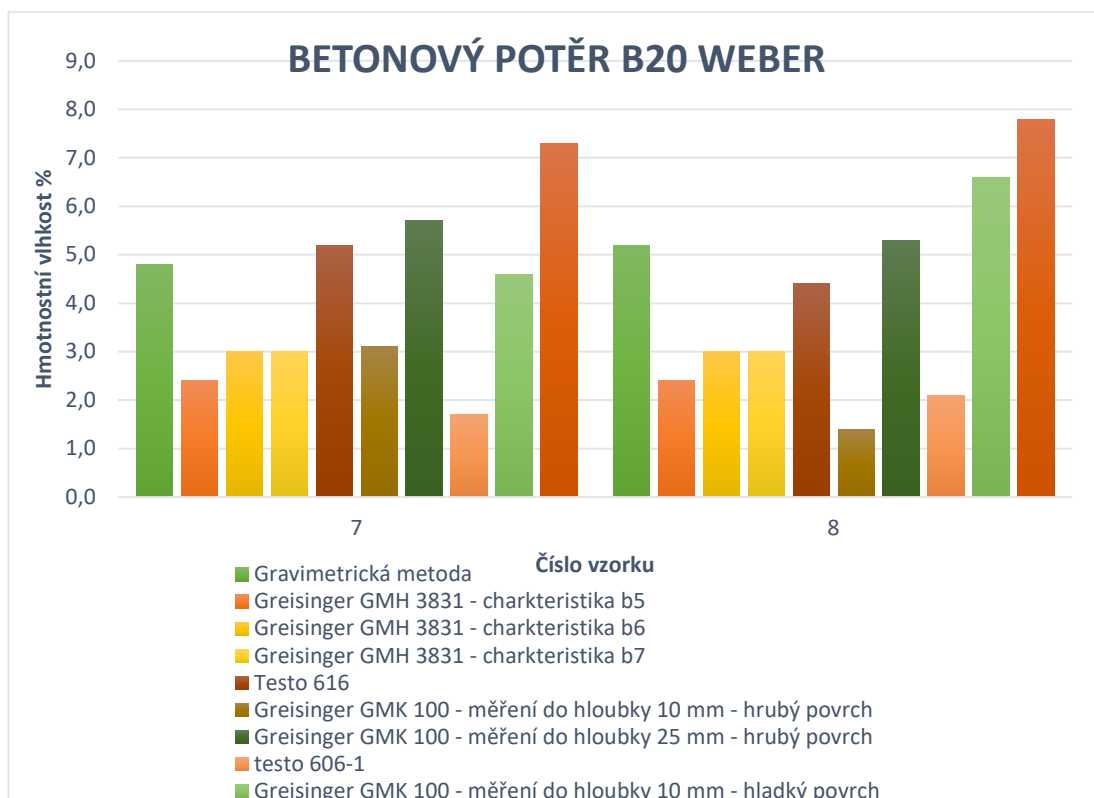
Graf 12 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER



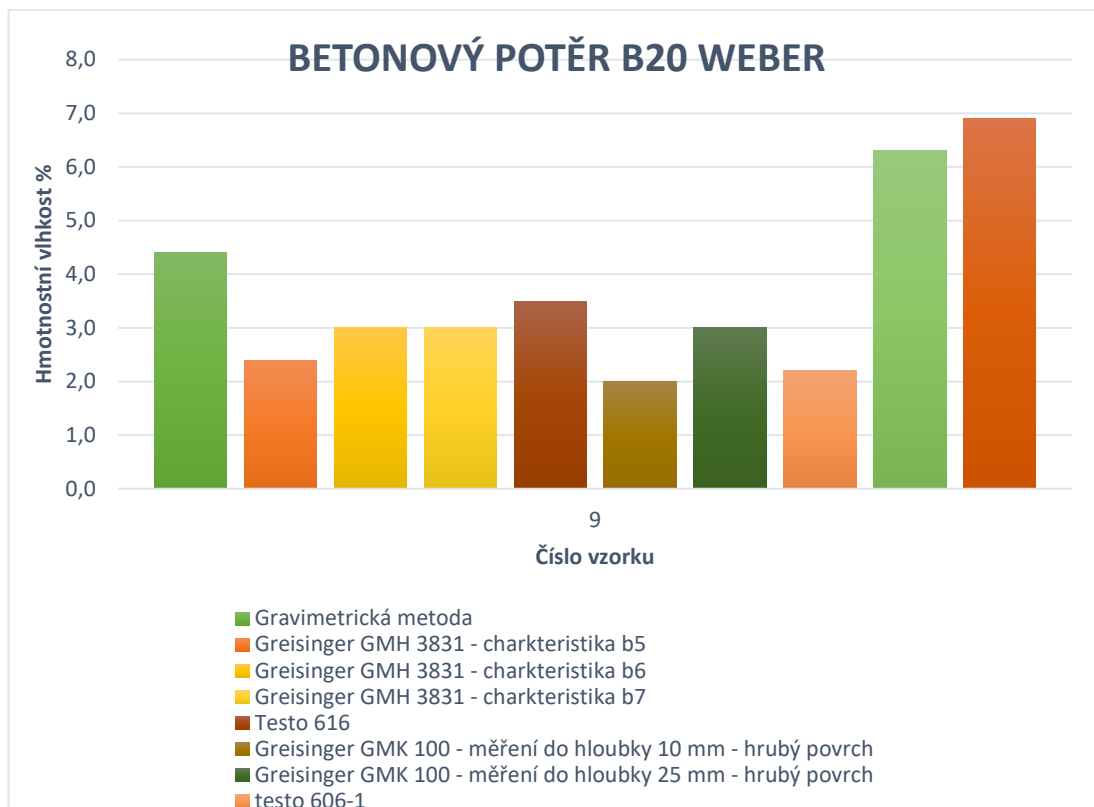
Graf 13 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER



Graf 14 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER



Graf 15 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER



Graf 16 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER



Obrázek 19 Měření vlhkosti kapacitním vlhkoměrem Greisinger GMK 100

Číslo vzorku	Testo 616	Greisinger GMK 100				testo 606-1	Greisinger GMH 3831			Gravimetrická metoda
		Hloubka měření 10 mm		Hloubka měření 25 mm			Zvolená charakteristika			
		Hrubý povrch	Hladký povrch	Hrubý povrch	Hladký povrch		b5	b6	b7	
1	13,6		7,8		9,3	1,6		3,8		6,2
2	7,1		4,1		6,4	1,9		3,6		4,9
3	5,3	2,1	6,6	4,8	7,5	1,7	2,4	3,1	3,1	4,3
4	4,0	1,1	6,8	4,1	8,2	1,9	2,6	3,2	3,1	4,3
5	4,8	3,2	6,5	3,4	7,6	1,5	2,4	3,0	3,0	4,4
6	4,9	3,8	6,8	5,6	8,0	2,0	2,4	3,0	3,0	4,6
7	5,2	3,1	4,6	5,7	7,3	1,7	2,4	3,0	3,0	4,8
8	4,4	1,4	6,6	5,3	7,8	2,1	2,4	3,0	3,0	5,2
9	3,5	2,0	6,3	3,0	6,9	2,2	2,4	3,0	3,0	4,4

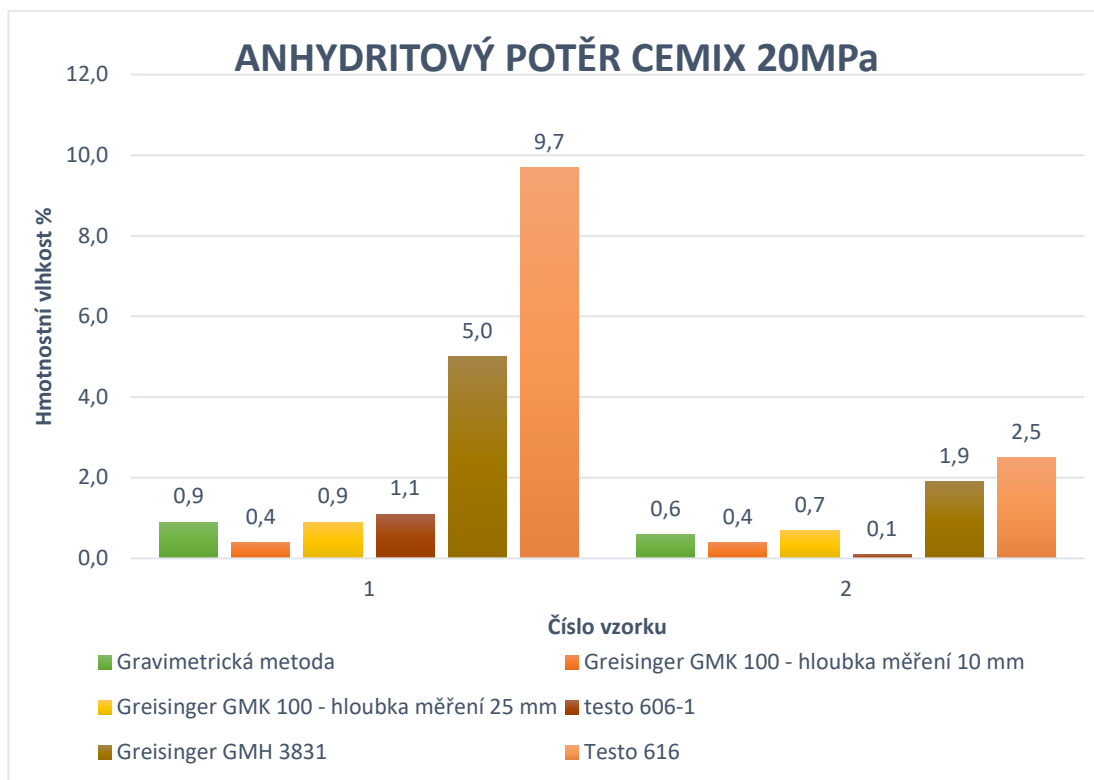
Tabulka 16 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER

3.6. Měření vlhkosti anhydritu

Měření jsem prováděl na kvádrech z anhydritového potěru o rozměru 20×10×5 cm. K měření jsem používal přístroje Greisinger GMK 100, Greisinger GMH 3831, Testo 616 a Testo 606-1, všechny přístroje jsem nastavil na měření anhydritového potěru.

Dle naměřených dat nejvyšší odchylku vykazuje přístroj Testo 616 a Greisinger GMH 3831 neobjektivně změřené hodnoty pomocí těchto přístrojů mohou vést ke zbytečnému zpoždění stavby, protože by toto měření mohlo vést k čekání na „vyschnutí“ anhydritového potěru, který by jinak už mohl být vyschlý. Tím by se také mohli zvýšit náklady na případné vysoušení.

Přesnější hodnoty vykazují přístroje Testo 606-1 a Greisinger GMK 100. Nicméně ani v tomto případě nedoporučuji spoléhat se pouze na nedestruktivní přístroje, jelikož norma stanovuje požadavky na maximální vlhkost anhydritových podlah velmi přesně v řádu několika desetin procent. Zde doporučuji použít kombinaci s dalšími metodami, nejlépe osvědčenou karbidovou metodu pro anhydritové potěry.



Graf 17 Porovnání naměřených hodnot anhydritový potěr Cemix 20MPa

Číslo vzorku	Testo 616	Greisinger GMK 100		testo 606-1	Greisinger GMH 3831	Gravimetric ká metoda
		Hloubka měření 10 mm	Hloubka měření 25 mm			
1	9,7	0,4	0,9	1,1	5,0	0,9
9	2,5	0,4	0,7	0,1	1,9	0,6

Tabulka 17 Porovnání naměřených hodnot anhydritový potěr Cemix 20MPa



Obrázek 20 Sušení odebraných vzorků

ZÁVĚR

V této závěrečné práci jsem popsal deset metod pro určování vlhkosti ve stavebních konstrukcích. Velká část z nich se u nás ve stavební praxi nepoužívá, ačkoliv jsou rozšířené a dlouhodobě osvědčené v zahraničí. Myslím si, že metoda měření relativní vlhkosti podkladu před pokládkou podlahy by mohla zajistit přesnější stanovení vlhkosti v podkladu, protože se při této zkoušce měří množství odváděné vodní páry do následujících vrstev. Problém je v tom, že na rozdíl od Ameriky a Spojeného království nemáme tento postup nijak zakotven v normě. Tím mohou vznikat spory mezi investorem a zhotovitelem stavby, protože v českých normách není definován postup těchto zkoušek. Doporučuji, aby se do českých norem zavedl systém určování vlhkosti podkladu pomocí relativní vlhkosti, který se už několik desítek let používá v zahraničí.

V první části jsem zmínil doporučení výrobců omítkových směsí, aby se vlhkost podkladu před omítáním zkoušela odporovou nebo gravimetrickou metodou, také norma pro provádění ETICS doporučuje ke stanovení vlhkosti v podkladu používat kapacitní přístroj. Nicméně tento požadavek je velice problematický. Z porovnání měření odporové a gravimetrické metody, které jsem uvedl ve druhé části této bakalářské práce vyplývá, že odporové i kapacitní přístroje pro stanovení vlhkosti se mezi sebou a s gravimetrickou metodou mohou lišit až o desítky procent, takové výsledky mohou vést k chybným závěrům při vyhodnocování vlhkostního stavu konstrukce.

Na základě velkých rozdílů mezi výsledky jednotlivých přístrojů, doporučuji, aby se při kontrole vlhkosti nespolehalo pouze na jeden přístroj, ale doporučuji používat více přístrojů pro porovnání jednotlivých měření, aby bylo možné lépe vyloučit jejich chybu. Dále doporučuji, aby si každý svůj přístroj porovnal s gravimetrickou metodou, aby se seznámil s odchylkami svého přístroje a nespolehal se na kalibrační listy k vlhkoměrům, které deklarují například u vlhkoměru s kartáčkovou sondou maximální odchylku od materiálové charakteristiky $\pm 0,2\%$, ale ve skutečnosti byl rozdíl mezi hodnotou naměřenou přístrojem a gravimetrickou metodou v desítkách procent.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Požadavky maximální vlhkosti podkladů před omítáním.....	12
Tabulka 2 Ustálené hmotnostní vlhkosti materiálů dle ČSN 73 0540-3	13
Tabulka 3 Stanovení vlhkosti zdiva gravimetrickou metodou.....	30
Tabulka 4 Porovnání výsledků měření vlhkosti stěny	31
Tabulka 5 Porovnání naměřených hodnot YTONG.....	34
Tabulka 6 Porovnání naměřených hodnot PORFIX.....	35
Tabulka 7 Porovnání naměřených hodnot HEBEL.....	36
Tabulka 8 Porovnání naměřených hodnot cihla plná pálená	38
Tabulka 9 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 19 AKU.....	39
Tabulka 10 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 14	40
Tabulka 11 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 44 Profi.....	41
Tabulka 12 Porovnání naměřených hodnot HELUZ AKU 20	42
Tabulka 13 Porovnání naměřených hodnot HELUZ PLUS 37	43
Tabulka 14 Porovnání naměřených hodnot HELUZ 11,5.....	44
Tabulka 15 Porovnání naměřených hodnot vápenopískových tvárnic	46
Tabulka 16 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER	51
Tabulka 17 Porovnání naměřených hodnot anhydritový potěr Cemix 20MPa	53

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Porovnání naměřených hodnot YTONG	34
Graf 2 Porovnání naměřených hodnot PORFIX.....	35
Graf 3 Porovnání naměřených hodnot HEBEL	36
Graf 4 Porovnání naměřených hodnot cihla plná pálená	38
Graf 5 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 19 AKU	39
Graf 6 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 14.....	40
Graf 7 Porovnání naměřených hodnot POROTHERM 44 Profi	41
Graf 8 Porovnání naměřených hodnot HELUZ AKU 20	42
Graf 9 Porovnání naměřených hodnot HELUZ PLUS 37	43
Graf 10 Porovnání naměřených hodnot HELUZ 11,5	44
Graf 11 Porovnání naměřených hodnot vápenopískových tvárnic.....	45
Graf 12 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER.....	48
Graf 13 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER.....	48
Graf 14 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER.....	49
Graf 15 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER.....	49
Graf 16 Porovnání naměřených hodnot betonový potěr B20 WEBER.....	50
Graf 17 Porovnání naměřených hodnot anhydritový potěr Cemix 20MPa	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Vyboulení dřevěné podlahy na vlhkém podkladu (vlevo) [Zdroj: http://www.videopodlahy.cz/userfiles/image/P3012581.jpg Porušení ochranného nátěru na podlaze (vpravo) [Zdroj: http://www.videopodlahy.cz/userfiles/image/P5042612.JPG]	10
Obrázek 2	Poškození podlahy vlivem vysoké vlhkosti podkladu [Zdroj: http://www.videopodlahy.cz/co-vy-na-to-pane-soudni-znalec-na-podlahy] (vlevo) Zvlňnění nášlapné vrstvy vlivem vysoké vlhkosti podkladu [Zdroj: http://www.videopodlahy.cz/userfiles/image/Moje/PVC005.jpg]	11
Obrázek 3	CM přístroj GANN [zdroj: https://www.gann.de/Portals/0/Pictures/big/2900.jpg]	17
Obrázek 4	Vlhkoměr se zapichovacími hroty Testo 606-1 (vlevo), vlhkostní sonda se zarážecím kladivem Greisinger GHE 91 (vpravo) [zdroj: https://www.epristroje.cz/media/images/766598988.jpg]	19
Obrázek 5	Odporový vlhkoměr s kartáčkovými sondami Greisinger GMH 3800	19
Obrázek 6	Nevhodný podklad pro měření kapacitním vlhkoměrem [Zdroj: Návod k obsluze pro měřič materiálové vlhkosti Greisinger GMK 100]	20
Obrázek 7	Vlhkoměr testo 635-2 s kapacitní vlhkostní sondou (vlevo) [Zdroj: http://www.merici-pristroje.eu/image/cache/data/product-474/6352b-vlhkometer-teplomer-500x500.jpg] Kapacitní vlhkoměr GANN Hydromette BL Compact B 2 (vpravo) [Zdroj: http://www.gann.de/Portals/0/Pictures/big/12032_3.jpg]	21
Obrázek 8	Mikrovlnný vlhkoměr MOIST 250 B [Zdroj: http://www.hf-sensor.de/download/moist250beng.pdf]	22

Obrázek 9 Sada pro měření chloridem vápenatým [Zdroj: http://www.vaprecision.com/wp-content/uploads/2016/07/cc-kit-on-floor.jpg]	23
Obrázek 10 Měření relativní vlhkosti RH sondou TRAMEX CMEX II [Zdroj: https://www.testersandtools.com/assets/images/media/catalog/product/c/m/cmex2_concrete_hygro_i_in_situ.jpg] (vlevo) Měřicí krabice Hygrohood TRAMEX pro stanovení relativní vlhkosti [Zdroj: https://www.tramexmeters.eu/image/cache/data/HYGROHOOD%20NEW%20DCAL-700x700.jpg] (vpravo)	24
Obrázek 11 Fóliová metoda stanovení vlhkosti podkladu [Zdroj: http://www.astmd4263.com/wp-content/uploads/2015/08/astmd4263-concrete-moisture-test.jpg]	25
Obrázek 12 Termografický měřič vlhkosti Flir MR 176 [Zdroj: http://www.flir.eu/uploadedImages/Instruments/Products/Test-and-Measurement/MR176/MR176-Front-Back.png]	26
Obrázek 13 Měření vlhkosti radiometrickou soupravou [Zdroj: http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-03-175-178.pdf]	27
Obrázek 14 Půdorys s vyznačením vlhké stěny	28
Obrázek 15 Vlhkostní mapa	29
Obrázek 16 Měření vlhkosti zapichovacím vlhkoměrem	31
Obrázek 17 Měření vlhkosti pórobetonu kapacitním přístrojem Testo 606	36
Obrázek 18 Měření vlhkosti betonu odporovým vlhkoměrem s kartáчковými sondami	47
Obrázek 19 Měření vlhkosti kapacitním vlhkoměrem Greisinger GMK 100	50
Obrázek 20 Sušení odebraných vzorků	53

SEZNAM LITERATURY

1. Ing. Petra Pochmanová, Ing. Ivan Misar, Ph.D. Kontrolní metody pro stanovení vlhkosti podkladních vrstev podlah. *tzbinfo*. [Online] 21. listopad 2011. <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy/8050-kontrolni-metody-pro-stanoveni-vlhkosti-podkladnich-vrstev-podlah>.
2. kolektiv pracovníků ATELIÉRU DEK. STAVEBNINY DEK ASFALTOVÉ PÁSY, Montážní návod. [Online] leden 2016. [Citace: 11. březen 2018.] https://www.dek.cz/get_dokument.php?id=1116374309.
3. HELUZ cihlářský průmysl v.o.s. Prováděcí příručka HELUZ. [Online] červen 2017. [Citace: 11. březen 2018.] <http://www.heluz.cz/files/Prirucka-pro-provadeni>.
4. Knauf Praha, spol. s r. o. MVS 1 Strojní omítka. [Online] únor 2015. [Citace: 11. březen 2018.] <http://www.knauf.cz/file/1728-mvs-1.pdf>.
5. ČSN EN 13914-2. *Navrhování, příprava a provádění vnějších a vnitřních omítek Část 2 Vnitřní omítky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
6. LB Cemix s.r.o. Pracovní postup Cemix: Aplikace výrobků v zimním období. [Online] 1. březen 2017. https://www.cemix.cz/data/files/aplikace_vrobk_v_zimnim_obdobi.pdf.
7. LB Cemix s.r.o. Pracovní postup Cemix: Omítání pórobetonového zdiva. [Online] 2017. https://www.cemix.cz/data/files/pp_omitani_porobetonoveho_zdiva.pdf.
8. ČSN 73 2901. *Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS)*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
9. ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha : ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005.
10. ČSN P 73 0610. *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Praha : ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2000.

11. **Ing. Jiří Šála, CSc.** *Sborník technických pravidel TP CZB 2007 pro vnější tepelně izolační kontaktní systémy (ETICS)*. Praha : Cech pro zateplování budov ČR, 2007. str. 7.

12. **ČSN 74 4505.** *Podlahy - společná ustanovení*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

13. **SCHOMBURG Čechy a Morava s.r.o.** SANIFLEX Izolační fólie pod obklady a dlažby, tekutá. [Online] [Citace: 11. březen 2018.] <https://www.schomburg.com/cz/cs/slozky/saniflex-7b75beeb-f925-4982-99a9-beffc1334074/TL%20Saniflex.pdf>.

14. **ČSN 73 2824-1.** *Třídění dřeva podle pevnosti - Část 1: Jehličnaté řezivo*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

15. **Novák, Ing. Petr.** Sušení dřeva 1. díl – Jak moc dřevo sušit a co pak s ním? *Dřevostavitel*. [Online] 14. listopad 2012. [Citace: 11. březen 2018.] <https://www.drevostavitel.cz/clanek/suseni-dreva-1-dil-jak-moc-drevo-susit-a-co-pak-s-nim>.

16. **ČSN EN ISO 12570 ZMĚNA A1.** *Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení vlhkosti sušením při zvýšené teplotě*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

17. **ČSN EN ISO 12570.** *Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení vlhkosti sušením při zvýšené teplotě*. Praha : ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2001.

18. **M. Nady Saïd, Ph.D., P.Eng.** *Moisture Measurement Guide for Building Envelope Applications*. místo neznámé : Institute For Research in Construction, 2004. str. 3.

19. **GANN Mess- und Regeltechnik GmbH.** Zjišťování vlhkosti v potěrech a jiných stavebních hmotách - metody měření a měřící přístroje. [Online] http://www.videopodlahy.cz/userfiles/files/meranie%20vlhkosti%20gann_cz.pdf.

20. **TESTO s.r.o.** Mikrovlnné vlhkoměry MOIST – nedestruktivní a spolehlivé měření vlhkosti stavebních materiálů. *TZB-info*. [Online] Topinfo s.r.o., 2. únor 2015. [Citace: 12. duben 2018.] <https://stavba.tzb-info.cz/vlhkost-a-kondenzace-v-konstrukcich/12289-mikrovlne-vlhkomery-moist-nedestruktivni-a-spolehlive-mereni-vlhkosti-stavebnich-materialu>.

21. **Prof. Ing. Leonard Hobst, CSc., Ing. Lucie Vodová.** Srovnávací měření vlhkosti stavebních materiálů. *Beton*. Pozemní stavby, 2. únor 2012, 1/2012, str. 66.

22. **Ing. Petra Šrubařová, Ing. Ivan Misar, Ph.D.** Stanovení vlhkosti podkladních vrstev. *Stavitel*. 6. únor 2012, 02/2002, str. 20.

23. **TAYLOR TOOLS.** #625 MOISTURE TEST PROCEDURE. *taylortools.com*. [Online] 2015. <https://www.taylortools.com/moisture-test-method>.

24. **Moisture in Concrete and the Impact on Flooring Systems.** *jjfflooringgroup.com*. [Online] J+J FLOORING GROUP. https://www.jjfflooringgroup.com/wp-content/uploads/Moisture_in_Concrete_Floorsv6.pdf.

25. **CEMENT CONCRETE & AGGREGATES AUSTRALIA.** moisture in Concrete and Moisture-sensitive Finishes and Coatings. *thesolidwoodflooringcompany.com*. [Online] duben 2007. <https://www.thesolidwoodflooringcompany.com/media/wysiwyg/technical-library/Moisture%20in%20concrete%20screeds.pdf>.

26. **TRAMEX. CMEXPERT II** User guide. [Online] <https://www.radtke-messtechnik.com/wp-content/uploads/2015/09/Bedienungsanleitung-TRAMEX-CMEX.pdf>.

27. **ASB-portal.** Prvotřídní termografický vlhkoměr pro rychlou lokalizaci zavlhčených míst. *ASB-portal*. [Online] kont, 3. prosinec 2015. <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/prvotridni-termograficky-vlhkometer-pro-rychlou-lokalizaci-zavlhcenych-mist>.

28. **Anton, Ing. Ondřej.** Měření vlhkosti v praxi soudního inženýra. *Soudní inženýrství*. 2005, 3.