

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF BUILDING STRUCTURES

ANALÝZA ÚČINNOSTI MECHANICKÝCH SANAČNÍCH METOD SE ZAMĚŘENÍM NA PROBLEMATIKU SPOJŮ VKLÁDANÝCH MATERIÁLŮ

EFFICIENCY ANALYSIS OF MECHANICAL REDEVELOPMENT METHODS WITH A FOCUS TO
THE PROBLEMS OF JOINTS OF INSERTED MATERIALS

DISERTAČNÍ PRÁCE
DISSERTATION THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. LENKA MIZEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR BENEŠ, CSc.

BRNO 2013

Bibliografická citace

MIZEROVÁ, Lenka. *Analýza účinnosti mechanických sanačních metod se zaměřením na problematiku spojů vkládaných materiálů*. Brno, 2013. 102s., 30 s. příl., příl. CD. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce Ing. Petr Beneš, CSc.

Abstrakt v českém jazyce

Parametry charakterizující kvalitní vnitřní prostředí budov se dnes dostávají do popředí zájmu. Jedním z hlavních důvodů volby tématu disertační práce je zajištění kvality vnitřního prostředí a pohody při užívání objektů. Mezi jednu ze základních podmínek zdravého a kvalitního prostředí budov patří zabránění nadměrnému zavlhání zdiva.

Disertační práce ověřuje spolehlivost a porovnává účinnost vybraných hydroizolačních materiálů a jejich spojů. První část se věnuje vlivům, které jsou příčinou vlhnutí objektů, vyčlenění zájmové oblasti, seznámení s platnou legislativou zaměřenou právě na sanace staveb, posouzení a vyhodnocení stavebních konstrukcí z hlediska vlhkosti.

V další části disertační práce je stanovení hlavních a dílčích cílů a postupných kroků k jejich splnění. Následuje selekce vhodných sanačních postupů, materiálů a spojů vybraných materiálů pro realizaci experimentu. Jelikož je tato oblast poměrně široká, jsou vybrány mechanické sanační metody zasahující do zdiva a tři druhy nejběžněji používaných materiálů a jejich spojů u vybraných metod. V disertační práci jsou stanoveny tři základní kroky: sestavení metodiky a vlastní realizace experimentu, optimalizace měření a měření v laboratoři i na reálných objektech, porovnání a vyhodnocení naměřených hodnot.

Experimentální část disertační práce proběhla v období let 2008 - 2011. Realizace experimentu se skládá z pořízení materiálu, vybudování zkušebních vzorků a aplikace jednotlivých sanačních opatření. Dalším krokem je měření na jednotlivých vzorcích v pevně stanovených měřících bodech. Měření jsou vyhodnocena pomocí matematických statistických metod. Účinnosti jednotlivých materiálů jsou vzájemně porovnány a vyhodnoceny.

Abstract in English

Parameters that characterizes quality internal building environment come forth these days. One of the main reasons for the choice of the topic of this thesis is to ensure the quality of the internal environment and well-being during the usage of the buildings. Prevention of the excessive wall dampness is one of the basic conditions of a healthy and quality building environment.

The thesis verifies reliability and compares the efficiency of the selected damp-proof materials and its joints. The first part deals with the influences that are reasons for the dampness of the buildings, earmark of an interest area, introducing of the valid legislation focused on the building redevelopment, consideration and evaluation of the building constructions in light of the dampness.

The next part of the thesis sets main and partial targets and consecutive steps leading to fulfilment of the targets. Selection of the appropriate redevelopment procedures, materials and joints of the selected materials selected for the experiment realization follows. As this area is relatively large, we selected mechanical redevelopment methods reaching the walls and three most commonly used materials and its joints within the framework of the selected methods. There are three main steps set in the thesis: preparation of the methodology and experiment realization, measurement optimization and measurement within the laboratory and on the real buildings, comparison and evaluation of the measured values.

Experimental part of the thesis took place between the years 2008 - 2011. Experiment realization comprises of material acquisition, building of the test samples and application of the single redevelopment measures. The next step includes measurement on the individual samples on the fixed measuring points. Measurements are evaluated through the mathematical statistical methods. Efficiency of the particular materials are compared and evaluated.

Klíčová slova

Sanace, hydroizolace, vlhkost, odvlhčování, stavba, mechanické sanační metody.

Key words

Rescue, waterproofing, moisture, disiccation (dehumidification), building, mechanical cleanup methods.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji disertační práci na téma „Analýza účinnosti mechanických sanačních metod se zaměřením na problematiku spojů vkládaných materiálů“ zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje, ze kterých jsem čerpala.

V Brně, dne 16. 8. 2013

.....

Ing. Lenka Mizerová

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mne v mé práci celou dobu plně podporovali. Ing. Lence Široké, za pomoc v počátcích experimentu a zejména rodině a přáteli. Dále děkuji svému školiteli panu Ing. Petru Benešovi CSc. za odbornou a lidskou pomoc, za cenné rady, podnětné připomínky a náměty, které mi poskytl při zpracování disertační práce.

Děkuji!

V Brně, dne 16. 8. 2013

.....

Ing. Lenka Mizerová

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	ÚVOD DO PROBLEMATIKY	12
2.1	Termíny a definice.....	13
2.2	Vlhkost	13
2.3	Analýza vlhkosti.....	13
2.3.1	<i>Zdroje a příčiny vlhnutí zdiva.....</i>	<i>14</i>
2.3.2	<i>Způsob pronikání vlhkosti do zdiva.....</i>	<i>15</i>
2.3.3	<i>Vlhkost v konstrukci podle zdroje.....</i>	<i>16</i>
2.3.4	<i>Projevy zvýšené vlhkosti</i>	<i>17</i>
2.3.5	<i>Klasifikace vlhkosti zdiva</i>	<i>18</i>
2.3.6	<i>Klasifikace vlhkosti vzduchu.....</i>	<i>19</i>
2.3.7	<i>Soli</i>	<i>19</i>
2.4	Sanace.....	20
2.5	Průzkumy staveb pro sanace vlhkého zdiva.....	21
2.6	Metody měření vlhkosti zdiva.....	22
2.6.1	<i>Destruktivní metody.....</i>	<i>22</i>
2.6.2	<i>Nedestruktivní metody</i>	<i>23</i>
3	SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY	24
3.1	Opatření proti vzlínající vlhkosti.....	24
3.2	Mechanické metody	24
3.2.1	<i>Dodatečné vkládání vodorovné hydroizolace do proříznuté ložné spáry.....</i>	<i>25</i>
3.2.2	<i>Dodatečné vložení hydroizolace bez podřezání – zarážení nerezavějících plechů</i>	<i>27</i>
3.3	Používané materiály pro mechanické metody.....	28
3.3.1	<i>Izolační pásy asfaltové</i>	<i>28</i>
3.3.2	<i>Izolace z plastů</i>	<i>28</i>
3.3.3	<i>Desky z nerezavějící ušlechtilé oceli</i>	<i>29</i>
3.4	Spoje vybraných materiálů.....	30
4	CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE.....	33
5	METODY ZPRACOVÁNÍ.....	35
5.1	Analýza dosavadních poznatků	35
5.2	Vlhkost, její veličiny a vztahy	36
5.3	Kapilární vzlínavost	37
5.4	Základní statistické charakteristiky	42
6	VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY	44
6.1	Vybrané použité materiály a spoje	44
6.2	Vyzdění zkušebních vzorků	45
6.3	Provedení hydroizolací.....	47
6.3.1	<i>Vzorek č.1 – zkušební blok s nerezavějícími plechy – označen V1.....</i>	<i>48</i>

6.3.2	Vzorek č.2 – zkušební blok s fólií – označen V2	49
6.3.3	Vzorek č.3 – zkušební blok s asfaltovými pásy – označen V3.....	50
6.3.4	Vzorek č.4 – zkušební blok s asfaltovým pásem vcelku – označen V4.....	51
6.3.5	Vzorek č.5 – referenční blok č.1 – označen V5.....	52
6.3.6	Vzorek č.6 – referenční blok č.2 – označen V6.....	53
6.4	Otvory pro měření kartáčovými sondami.....	53
6.4.1	Označení jednotlivých poloh sond = měřící body 1,2,3	54
6.4.2	Vytvoření otvorů k měření	56
6.5	Měřicí technika.....	57
6.6	Měření vlhkosti.....	59
6.7	Zhodnocení vlhkosti vzduchu prostředí laboratoře	60
6.8	Experimentální měření v laboratoři.....	60
6.9	Matematická analýza vlhkosti jednotlivých bloků.....	61
6.9.1	Vzorek V1 – zkušební blok s nerezovými plechy.....	63
6.9.2	Vzorek V2 – zkušební blok s fólií.....	65
6.9.3	Vzorek V3 – zkušební blok s asfaltovými pásy.....	67
6.9.4	Vzorek V4 – zkušební blok s asfaltovým pásem vcelku.....	69
6.9.5	Vzorek V5 – referenční blok č.1	71
6.9.6	Vzorek V6 – referenční blok č.2	73
6.9.7	Porovnání hodnot vlhkostí v bodě 2 u vzorků V1 - V5	75
6.9.8	Porovnání hodnot vlhkostí u vzorků V1 - V4 v měřícím bodě 2 s referenčním blokem V6	77
6.9.9	Účinnost hydroizolačních clon u vzorků V1 - V5 mezi měřícími body 1 a 2....	78
6.9.10	Prověření spolehlivosti měřicí techniky	80
6.9.11	Porovnání vybraných druhů sanací vzhledem k dennímu výkonu.....	81
6.9.12	Experimentální měření in situ.....	83
7	ZÁVĚR, PŘÍNOS PRO PRAXI A DALŠÍ ROZVOJ VĚDY	94
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	96
8.1	Seznam autorem publikovaných prací	96
8.2	Seznam použitých podkladů.....	97
8.2.1	Použitá literatura, normy, podklady dostupné na internetu.....	97
8.2.2	Fotodokumentace a grafické podklady.....	99
9	SEZNAMY OBRÁZKŮ, TABULEK A POUŽITÉHO ZNAČENÍ	99
9.1	Seznam obrázků	99
9.2	Seznam tabulek.....	101
9.3	Seznam použitých zkratk a symbolů	102
10	PŘÍLOHY.....	103
10.1	Tabulky naměřených hodnot vlhkosti w	104
10.2	Grafy průběhu naměřených hodnot vlhkosti w	116
10.3	Hodnoty rozdílů mezi body 1 a 2 a účinnost.....	120
10.4	Technické listy	130

1 ÚVOD

Pro vznik a průběh celého lidského života je voda nejdůležitější látkou na Zemi. Tak je tomu i u stavebního díla, které by bez přítomnosti nebo s použitím vody nebylo možno zhotovit. Z hlediska užitnosti budovy je zdravé vnitřní prostředí jedním ze základních požadavků. Na stavu vnitřního prostředí se podílí mnoho složek, jako jsou materiály stavebních konstrukcí, vybavení a v neposlední řadě činnost člověka. Zlepšování prostředí je v centru zájmu mnoha oborů současného stavebnictví.

Přítomnost vlhkosti ve stavbách a stavebních materiálech je přirozeným jevem a určité množství vlhkosti kladně ovlivňuje některé vlastnosti materiálů. Ovšem na druhou stranu se voda (v jakékoli podobě) podílí na většině destrukčních procesů v budovách, a proto je nutné jejímu zvýšenému množství ve stavebních konstrukcích věnovat patřičnou pozornost. Důležité je udržení hodnoty vlhkosti v optimálním rozmezí, které je pro různé materiály odlišné.[20]

Vlhkost u zdiva má výrazný vliv na všechny fyzikálně - mechanické vlastnosti a je důležitým faktorem životnosti keramického zdiva. Se vzrůstající vlhkostí zdiva se zvyšuje objemová hmotnost, klesá pevnost zdiva a tím dochází ke snížení únosnosti a narušení statiky, zhoršují se tepelně - izolační vlastnosti zdiva, nastává vznik plísní a degradace povrchových vrstev zdiva. Je to tedy nejen stavební, ale i estetický a hygienický problém.

Zavlhlé zdivo je problémem u řady staveb. Někdy dochází pouze k porušení prvků u kterých se snadno provede oprava, jako je zatékání střešní konstrukcí nebo porušením svislých svodů, odpadovým potrubím i netěsným vodovodním potrubím. Složitější je řešit dlouhodobě úspěšně destruktivní účinky zemní vztlínající vlhkosti prostupující do zdiva z podloží, v důsledku chybějící nebo nefunkční hydroizolace spodní stavby.

Předkládaná práce je rozdělena do 7 základních celků.

V první části, *Úvod*, je stručně popsán úvod do problematiky a deskripce následujících částí.

Druhá část, *Úvod do problematiky*, obsahuje řešeršní část disertační práce. Obsahuje podkapitoly seznamující se základními pojmy vlhkost a sanace, příčiny a důsledky vlhkosti konstrukcí, metody měření vlhkosti zdiva a jejich vyhodnocení dle ČSN P 73 0610 [5].

V třetí části, *Současný stav problematiky*, objasňuje metody sanace, popisuje druhy prováděných sanací a obecné druhy vkládaných materiálů a jejich spojení.

Část čtvrtá, *Cíle disertační práce*, formuluje hlavní cíl disertační práce, dílčí cíle a prostředky k jejich splnění.

Pátá část, *Metody zpracování*, popisuje jednotlivé teoretické a experimentální metody zpracování disertační práce.

V části šesté, *Výsledky disertační práce a nové poznatky*, jsou popsány postupy vedoucí ke splnění cílů a výsledky jednotlivých dílčích kroků disertační práce.

Část sedmá, *Závěr, přínos pro praxi a další rozvoj vědy*, obsahuje závěrečná shrnutí, výsledky disertační práce a možnosti dalšího výzkumu v oblasti mechanických sanačních metod.

2 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Sanace vlhkého zdiva je soubor opatření, které odstraní příčiny zavlhání objektu, umožní vlhkému zdivu postupně vysychat a snížit tak vlhkost na požadovanou úroveň. Vždy je nutné odstranit příčinu, nikoli pouze důsledek způsobený vlhkostí. Sanace vlhkého zdiva se zpravidla provádí kombinací přímých a nepřímých hydroizolačních metod a doplňkových technických opatření.[5] Metody přímé, nepřímé a doplňkové jsou velmi podrobně členěny a popsány v normě ČSN P 73 0610 [5].

Nejčastěji používané materiály při výstavbě starších objektů bylo kamenné zdivo, keramické zdící materiály a smíšené zdivo. Keramické zdivo, které je zvoleno v této disertační práci, má pórovitou strukturu, která umožňuje transport molekul volné vody (kapilární vztlínatost, difúze vodní páry). U starších objektů se dříve nepoužívaly buď žádné izolace anebo takové, jejichž životnost vzhledem k životnosti objektu byla omezená. Například lepenková izolace s životností cca do 30 let.

Provedení nové hydroizolace stávající spodní stavby je technicky složité a volba správného řešení závisí na mnoha faktorech - tloušťce zdiva, materiálu konstrukce, stavebně - technickém stavu konstrukce, druhu vlhkosti, možnosti přístupu ke konstrukci a podobně. Základním předpokladem úspěšné sanace je provedení důkladného průzkumu stavby a změření vlhkosti. Špatně navržená nebo špatně provedená sanace vlhkosti nebo použití nevhodných metod či materiálů může způsobit ještě další zvýšení vlhkosti a stávající stav konstrukcí ještě zhoršit. Je nutno si uvědomit, že náklady vynaložené na zlepšení kvality vnitřního prostředí stávajících budov přinášejí efekt až po určité době. Někdy ovšem i některé sanované stavby mohou vykazovat řadu poruch. Často se tak stává jen kvůli nedbalosti, opomenutí základních fyzikálních principů, někdy díky šetření na nesprávném místě, nebo od počátku nepovedené koncepci řešení oprav. Příčinou neúspěchu bývá i nedodržení technologické kázně.[11]

Pokud není vlhkost zdiva vyšší než 15%, lze s úspěchem použít systém sanačních omítek. Pokud je vlhkost zdiva vyšší než 15 %, je nutno použít kombinovaný systém, který kromě sanačních omítek obsahuje i hydroizolační materiály vhodného druhu. Kromě toho se v případě vysokého zasolení odeberou vzorky omítek popřípadě i zdiva. Výsledky měření a laboratorní rozbor jsou rozhodující podklady ke zpracování návrhu řešení a stanovení technologie sanace zdiva.[16]

2.1 Termíny a definice

Níže vybrané pojmy, které úzce souvisí s tématem disertační práce, jsou čerpány z normy ČSN P 73 0600 – Hydroizolace staveb – základní ustanovení [4].

Voda se vyskytuje ve třech skupenstvích - v plynném, kapalném a pevném skupenství.

Namáhající voda je voda působící na stavbu, její část nebo na vnitřní prostředí obvykle nežádoucím účinkem.

Vlhkost materiálu je voda vázaná v pórovitém materiálu převážně kapilárními a sorpčními silami.

Hydroizolace je izolace chránící stavební konstrukci nebo její část, popřípadě vnitřní nebo vnější prostředí, před nežádoucím vnikáním vody.[4]

2.2 Vlhkost

Vlhkost je voda vyskytující se ve vazbě na póry a kapiláry stavebních hmot, zemin nebo jiných pórovitých médií, případně voda ve vzduchu. Nevytváří vodní hladinu ani spojitou fázi schopnou toku.[3]

Za ustálených teplotních a vlhkostních poměrů, kdy dochází k rovnováze mezi vlhkostí materiálu a vlhkostí vzduchu, který jej obklopuje nastává rovnovážná vlhkost. Například pro cihelné zdivo při 5°C a 85 % relativní vlhkosti vzduchu je rovnovážná vlhkost 2,0 %.[3]

Cihly mají 20 – 37 % pórovitost a 17 – 31,5 % hmotnostní nasákavost.[3]

2.3 Analýza vlhkosti

Analýza vlhkosti je důležitým prvním krokem při volbě druhu sanační metody a jejího správného užití. Pro analýzu je nutno zjistit následující:

- příčiny vlhkosti,
- zdroje vlhkosti,
- způsoby pronikání vlhkosti,
- projevy vlhkosti,
- klasifikace vlhkého zdiva,
- klasifikace vlhkosti vzduchu,

- stupeň zasolení,
- užívání staveb (historie x současnost),
- lokalita objektu, hydrogeologické podmínky.

Níže jsou jednotlivé body podrobně popsány.

2.3.1 Zdroje a příčiny vlhnutí zdiva

Vlhnutí stěn má velmi mnoho zdrojů a příčin. Je to z toho důvodu, že se voda dostává do stavební konstrukce hlavně jako kapalina, ale i ve skupenství plynném jako vodní pára. Z hlediska výskytu je třeba rozlišovat různé zdroje namáhající vody.

Atmosferická : jedná se o kapalně a tuhé srážky, námraza a zalednění částí staveb, odstříkující srážková voda a vlhkost vnějšího vzduchu.

Povrchová : stéká po povrchu terénu a odtéká v tocích, patří sem i voda v nádržích a rybnících.

Podpovrchová : patří sem prosakující, podzemní a puklinová voda a zemní vlhkost.

Provozní : vyskytuje se v různých skupenstvích na stavbě - například jako vlhkost vnitřního vzduchu nebo voda stékající po povrchu konstrukcí, voda tlaková v bazénech a tak podobně.

Technologická : je do konstrukce zabudována již při samotné realizaci stavby.[4]

Příčiny lze dělit na chemické, fyzikální a kapilární.

Chemické příčiny : jedná se o přirozenou vlhkost stavebních hmot, závislá na stupni vlhkosti okolí – například cihla s vlhkostí 0,5 % se považuje za suchou.

Fyzikální příčiny : jedná se o vlhkost, která se do zdiva dostává v důsledku působení fyzikálních zákonů. Patří mezi ně hydroskopická vlhkost a kondenzovaná (rosná) voda. V případě kondenzované vody se jedná o vlhkost vysráženou na materiálech, které mají nižší teplotu než je hodnota rosného bodu v daných podmínkách. Hydroskopická vlhkost ve stavebních materiálech je způsobena obsahem solí, které do svých molekul absorbují určité množství vody. V obou těchto případech lze do jisté míry ovlivnit vlhkost stavebních materiálů dostatečným a správným větráním objektu.

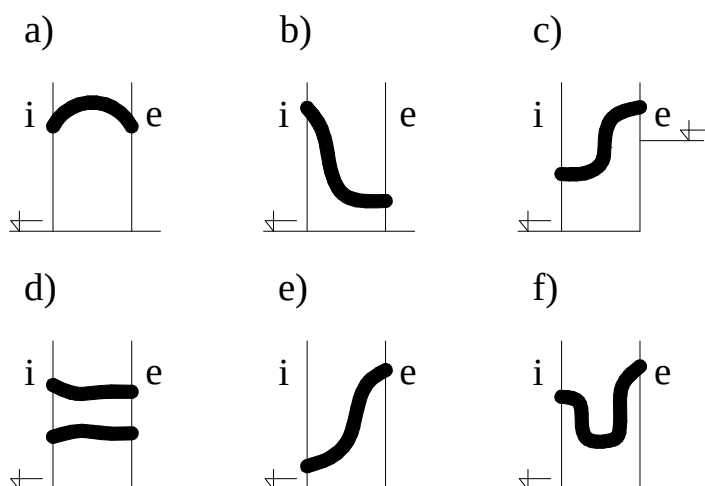
Kapilární příčiny : jedná se o vztlínající vlhkost, která je většinou způsobena chybějící nebo poškozenou hydroizolací. V průběhu let se izolace, a to jak vertikální, tak i horizontální, poruší vlivem klimatických podmínek a působením solí v zemině. Vztlínající zemní vlhkosti lze zabránit vytvořením nové hydroizolace zdiva. Tím se zvýší tepelně izolační vlastnosti objektu, ztratí se zápach z nadměrné vlhkosti a zamezí se tím tvorbě plísní. Zvýší se životnost objektu a dále dojde k úsporám na vytápění a současně se také zvýší komfort bydlení.

2.3.2 Způsob pronikání vlhkosti do zdiva

Způsoby pronikání vlhkosti do zdiva je možno rozdělit do následujících skupin:

- kapilární vztlínání vody,
- zatékání (prosakování) vody,
- kondenzace vodní páry,
- kapilární kondenzace,
- hydroskopický příjem vlhkosti.

U prvních dvou způsobů proniká voda do zdiva jako kapalina, v dalších případech je přijímána v plynné fázi.[2]



Obr. 1 : Průběh vlhkosti v konstrukci dle způsobu pronikání: a) vztlínající vlhkost; b) vlhkost kondenzovaná z vnitřní strany; c) vlhkost vztlínající a pronikající z boku; d) vlhkost kondenzovaná a hydroskopická; e) a f) vlhkost z pronikání dešťové vody.

Výše uvedený obrázek (Obr. 1) znázorňuje průběh vlhkosti v konstrukci dle jednotlivých způsobů namáhání konstrukce. Pro disertační práci je dále uvažován způsob namáhání zobrazený na obrázku Obr. 1 a).

Kapilární vzlínavost

Uvedený způsob vlhnutí je hlavním předmětem této disertační práce. Voda proniká do stavebních konstrukcí ze zeminy, která obklopuje konstrukci pod úrovní terénu, procesem kapilárního vzlínání. Je to vzestup vody v materiálu nad úroveň hladiny v okolí.

Mezi hlavní příčiny vzlínající vlhkosti patří :

- dosloužení původních izolačních materiálů,
- absence izolací všeobecně,
- zanesení drenážních systémů, zazdění větracích průduchů,
- dlouhodobá absence pravidelné údržby objektu,
- nevhodné dodatečné stavební úpravy (cementové omítky, sádrové vysprávký, neprodyšná podlahová krytina, keramické obklady kolem základů atd.),
- změna v užívání objektu, respektive jeho dlouhodobé neužívání a s tím související zejména nedostatečné větrání, vytápění, nebo alespoň temperování budovy,
- změna hydrogeologických podmínek (navýšení terénu, důsledky melioračních prací, poruchy vodovodních a kanalizačních instalací).

2.3.3 Vlhkost v konstrukci podle zdroje

Zdroje vlhkosti v konstrukci jsou rozděleny následovně:

Zemní vlhkost : do konstrukce může vniknout z okolní zeminy sorpčními a kapilárními silami. Jejímu vnikání se může resp. musí zabránit správnou izolací.

Atmosférická vlhkost : může vniknout do konstrukce při srážkách (déšť, sníh) střechou a obvodovými konstrukcemi přímo, případně nepřímo jako odstříkující voda od terénu nebo od jiné budovy.

Sorpční vlhkost : vniká do konstrukce v důsledku sorpčních vlastností látky, ze které je konstrukce postavená (hygroskopické – vodu pohlcující látky).

Stavební vlhkost (zabudovaná, technologická vlhkost) : při mokřích procesech klasických metod stavění přebytečná technologická (záměsová) voda

pronikne pevnými hmotami a provlhčí celou konstrukci. Zabudovaná stavební vlhkost se pomalu transportuje k povrchu a tam se vypařuje. Rychlost vysušování je závislá na druhu použitých stavebnin, tloušťce konstrukce, orientaci ke světovým stranám, chemickém složení vody, teplotě okolí, proudění vzduchu a podobně. Trvá i několik roků než se přebytečná vlhkost z konstrukcí vypaří.

2.3.4 Projevy zvýšené vlhkosti

Následující kapitola blíže popisuje jednotlivé možné zatížení konstrukce zvýšenou vlhkostí a jejich projev s následujícím souhrnem.

Vlhkost vytváří vhodné klima pro působení biotických činitelů například plísně, houby a řasy. Takové prostředí je závadné pro lidský organismus a vyvolává celou řadu onemocnění, například alergické příznaky, vleklá onemocnění dýchacích cest, plicní a mimoplicní tuberkulózy, chronická plísňová onemocnění.

Zvýšená vlhkost ovlivňuje řadu mechanických a fyzikálních vlastností stavebních materiálů a konstrukcí. Primárně dochází k objemovým změnám, změnám pevnosti, modul pružnosti, součinitele tepelné vodivosti a další, změnám mineralogickým a chemickým.

Dlouhodobě vysoká a proměnlivá vlhkost má za následek degradaci stavebních materiálů a konstrukcí, zejména v součinnosti s působením salinity a mrazových cyklů.

Vlhkost zhoršuje tepelně izolační funkci materiálů, především u plášťů budov, tím dochází k vyšším tepelným ztrátám a výdajům za vytápění. Vlhká zeď má ve srovnání se zcela suchou zdí zvýšený součinitel tepelné vodivosti zdiva. Aby se zamezilo zbytečným ztrátám tepla v místnostech, je důležité umožnit vysoušení zdi a následně je udržovat v suchém stavu.[6] Například u cihly s 10% vlhkostí je tepelný odpor cca o 50% nižší. Tento problém má za následek kondenzaci vodních par na povrchu i uvnitř zdiva.

Problematikou vlivu vlhkosti na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí se zabývá Doc. Ing. Jan Škramlík, Ph.D. a Doc. Ing. Ivan Moudrý CSc.

Při výskytu výše uvedených projevů vlhkosti v objektu se zvyšuje ekonomická náročnost údržby a provozu objektu.[20]

Shrnuto :

- vlhkost snižuje tepelně - izolační schopnosti stavebních konstrukcí (vlhké zdi jsou studené zdi),

- vlhkost škodí stavebním konstrukcím a zkracuje životnost staveb,
- vlhkost podporuje vznik karcinogenních plísní,
- vlhkost způsobuje škody na omítkách a fasádách,
- zvýšenou vlhkostí vzniká zatuchlina, ta snižuje kvalitu bydlení,
- vlhkost a vodorozpustné soli vzhlínají do zdiva.

2.3.5 Klasifikace vlhkosti zdiva

Vlhkost zděných konstrukcí, která je vyvolána účinky zemní vlhkosti, terénem prosakující a po povrchu terénu a chodníků stékající srážkové vody, vody kondenzující z vlhkého vzduchu na povrchu a ve struktuře zdiva, se ve vztahu k uvažovanému způsobu sanace zdiva nad i pod terénem klasifikuje podle tabulky Tab. 1.[5]

Přirozené stavební materiály vždy obsahují určité množství vody (volné či chemicky vázané). Termínem vlhkost stavebních materiálů rozumíme vodu fyzikálně rozptýlenou ve stavebním materiálu. Vyjadřuje se hmotnostním anebo objemovým poměrem vody k pevné hmotě.

$$w = m_v / m_s \cdot 100 [\%] \quad (2.3.5.1)$$

kde je

w míra vlhkosti [%],

m_v hmotnost vlhkého materiálu [kg],

m_s hmotnost suchého materiálu [kg].

Klasifikační tabulka uvedená v normě ČSN P 73 0610 [5] rozlišuje čtyři základní kvalifikační stupně vlhkosti w a týká se zásadně konstrukcí vyzděných z cihel s běžnou maltou. Určením hodnot hmotnostní vlhkosti je nejdůležitější moment v průběhu rozhodování o vhodném sanačním opatření.

Tab. 1 : Tabulka klasifikace zdiva dle ČSN P 73 0610 [5]

hodnocení vlhkosti	vlhkost zdiva [% hm.]
velmi nízká vlhkost	$w < 3$
nízká vlhkost	$3 < w < 5$
zvýšená vlhkost	$5 < w < 7,5$
vysoká vlhkost	$7,5 < w < 10,0$
velmi vysoká vlhkost (zamokření)	$w > 10,0$

V odborné literatuře se mohou limitní hodnoty vlhkosti zdiva odlišovat od uvedené tabulky. V disertační práci je uvažováno s hodnotami uváděnými českou normou.

2.3.6 Klasifikace vlhkosti vzduchu

Vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí budov se ve vztahu k možnostem jejich využívání hodnotí podle relativní vlhkosti vzduchu, příslušná klasifikace je uvedena v tabulce Tab. 2.[5]

Tab. 2 : Tabulka klasifikace vlhkosti vzduchu dle ČSN P 73 0610 [5]

vlhkostní klima vnitřního prostředí	relativní vlhkost vzduchu [%]
suché	< 50
normální	50 - 60
vlhké	60 - 75
mokré	> 75

Hmotnostní vlhkost materiálů je ovlivňována také relativní vlhkostí vzduchu. Souvislosti nejsou přímo úměrné. Opačný jev ovlivnění vlhkosti vzduchu prostoru vlhkostí zdiva nebyl doposud empiricky stanoven. Např. běžná vlhkost cihly při relativní vlhkosti vzduchu 60 % je 1,5 % hm., při 90 % je 1,9 % hm.[8]

2.3.7 Soli

Jen určitá část solí představuje ve stavebnictví reálné nebezpečí, především ty které jsou vodorozpustné. Nejběžnějšími solemi jsou sírany, chloridy a dusičnany, v menší míře se v objektech objevují uhličitany a dusitany.[8] Soli se dostávají do zdiva s pronikající vlhkostí z půdy nebo jsou obsaženy primárně ve stavebních materiálech. Dále mohou soli vzniknout chemickou korozí nebo pronikat do zdiva z biologických zdrojů. Vlhkostí jsou soli rozpouštěny a vystupují z materiálů na povrch. Soli jsou hygroskopické, což znamená, že přijímají vlhkost z okolního vzduchu. Transport solí ve zdivu je spojen s transportem vlhkosti v porézních materiálech. Na povrchu zdiva soli vlivem odpařování vody krystalizují a způsobují poškození omítek, nátěrů a vlastního zdiva.

Postupně krystalizující a sedimentující rozpuštěné soli na stěnách kapilár způsobují rýhování stěn a zmenšení průměru těchto kapilár. U jemných kapilár voda vystoupí výše než u kapilár hrubých.[8]



Obr. 2 : Výkvět solí ze stavebních materiálů

Problémem solí se disertační práce podrobněji nezabývá. V laboratorním experimentu jde pouze o výkvět solí, které vystoupily (vykrytalizovaly) z materiálu (cihel). Na fotografii - Obr. 2 je patrné, že i množství solí ve stavebních materiálech není zanedbatelné.

2.4 Sanace

Sanace vlhkého zdiva je soubor opatření, kterým se odstraní příčiny zavlhání a umožní se vlhkému zdivu postupně vysychat a snížit tak vlhkost na požadovanou úroveň. Sanace je řešení příčin i důsledků vlhkosti. V rámci disertační práce jde o proces odstranění nepřípustné vlhkosti v konstrukci pronikající z podzákladí.

Základní dělení sanací

Sanace dělíme na metody přímé, nepřímé a doplňkové. Velmi podrobné členění je uvedeno v normě ČSN P 73 0610 [5]. Rozdělení lze shrnout podle toho, zda metody zasahují do zdroje vlhkosti, do konstrukcí, nebo podle umístění hydroizolace.

Metody jež omezují zdroj vlhkosti (metody nepřímé) :

- úprava vnitřního prostředí budov,
- úprava vnějšího prostředí budov,
- odvedení spodní vody.

Metody zasahující do stavebních konstrukcí (metody přímé) :

- vzduchové systémy,
- vkládání nových hydroizolačních pásů,
- injektážní metody,
- metody využívající elektrokinetických jevů,
- povrchové úpravy.

Dle umístění dodatečné hydroizolace :

- svislé hydroizolace (vnější, vnitřní),
- vodorovné hydroizolace (ploch a stěnových konstrukcí),
- doplňující sanační opatření.

Kombinaci nejvhodnějších metod volíme tak, aby způsob sanace odpovídal příčinám a stupni zavlhčení, charakteru zdiva a případně statickému narušení. Důležité je i využití prostor, tj. zda jsou sanované místnosti určeny pro dlouhodobý pobyt osob nebo uskladnění předmětů citlivých na vlhkost. Voleno by mělo být také podle vzájemného poměru účinnosti a spolehlivosti k ceně metody.[2]

Disertační práce se zabývá metodou přímou s vkládáním nových vodorovných hydroizolačních pásů.

2.5 Průzkumy staveb pro sanace vlhkého zdiva

K základním stavebně technickým průzkumům patří vlhkostní průzkum staveb. Je vhodné, aby byl tento průzkum proveden již v úvodním stupni projektové dokumentace. Realizace sanačních zásahů může výrazně ovlivnit celkové stavební řešení u objektu. Na základě provedených průzkumů se následně určí vhodná technologie sanace. Vzhledem k výsledkům analýz by

měli být zvoleny nejvhodnější sanační metody, tak jako jsou příčiny zavlhání většinou kombinované, tak je vhodné kombinovat i návrhy dodatečných hydroizolačních opatření.

Obsah a způsoby průzkumu podrobně určuje ČSN P 73 0610 [5]:

- posouzení technického stavu konstrukcí objektu z hlediska mechanické odolnosti a stability celé stavby nebo těch jejích částí, na kterých se sanace vlhkého zdiva provádí,
- průzkum podzemního a nadzemního zdiva objektu na vlhkost a druhy solí tvořící výkvěty,
- chemickou analýzu případné podzemní vody, vyskytující se v kontaktu se základy stavby,
- posouzení inženýrsko - geologických a hydrogeologických poměrů objektu a jeho blízkého okolí a posouzení základových poměrů stavby ve vztahu k uvažovanému sanačnímu zásahu.[5]

Potřebným průzkumem, návrhem a problémy s tím spojenými se zabýval Ing. Milan Vlček ve svém článku *Chyby při provádění sanací vlhkosti* na konferenci WTA Sanace a rekonstrukce staveb 2008.

2.6 Metody měření vlhkosti zdiva

Jedná se o jeden z druhů průzkumu staveb pro sanace. Vlhkostní průzkum se provádí destruktivním nebo nedestruktivním způsobem.

2.6.1 Destruktivní metody

Při destruktivním průzkumu se ze zdiva v různých místech, v různých výškách a hloubkách a ze strany vnějších i vnitřních líců nadzemních a podzemních stěn odebírají vzorky stavebních materiálů, vzorky se z konstrukcí odebírají za použití elektrického vrtacího kladiva a sekáče.[5]

Mezi nejběžnější metody měření vlhkosti patří metoda gravimetrická a karbidu vápníku.

Metoda gravimetrická je základní a zároveň nejpoužívanější destruktivní metodou. Vlhkost v odebraných vzorcích materiálů se zjišťuje laboratorně hmotnostní metodou. Princip metody spočívá v tom, že se odebrané vzorky ještě ve vlhkém stavu zváží, potom se dají vysušit (při 105°C), po vysušení se

umístí do exsikátoru (uzavřená speciální nádoba), kde se vzorky ustálí teplotně i vlhkostně, pak se znovu zváží a vypočte se hmotnostní vlhkost v procentech (rozdíl hmotnosti vlhkého a suchého vzorku se dělí hmotností suchého vzorku a vynásobí 100).[7] Teplota při které se vzorky suší je pro různé materiály rozdílná, teplota 105°C je pro cihly plně pálené. Například pro polystyren je teplota podstatně nižší a to 70°C. Měření se provádí dokud není rozdíl dvou po sobě jdoucích měření úbytku hmotnosti vzorků menší než 0,02 g respektive 1 %. Nevýhodou této metody je časové zpoždění zjištěné informace a také možnost omezeného množství opakování měření v jednom místě.

Karbidová metoda je druhou nejpoužívanější a taktéž dostatečně přesnou metodou. Umožňuje operativněji zjišťovat vlhkosti v odebraných vzorcích zdiva přímo na místě.

Pro disertační práci a ověření spolehlivosti měřící techniky byla vybrána gravimetrická metoda ověření vlhkosti zdiva.

2.6.2 Nedestruktivní metody

Mezi nedestruktivní metody patří například metoda kapacitní, odporová, nákladnějšími způsoby zjišťování rozsahu a míry vlhkosti zdí jsou metody termografická, radiometrická a jiné.

Odporová metoda je založena na principu vedení stejnosměrného elektrického proudu pórovitou látkou mezi dvěma elektrodami, přičemž se měří velikost odporu látky. Suchá pórovitá látka je nevodič a se zvyšujícím se obsahem vody elektrická vodivost stoupá. Tato metoda se užívá převážně k měření vlhkosti dřeva. Nepřesné měření nastává pokud dojde k přerušení kontaktu mezi elektrodou a měřeným materiálem.[29]

V rámci disertační práce byl pro experiment zvolen odporový vlhkoměr (viz kapitola 6.5). Udávaná nepřesnost této metody byla vyloučena zkouškami gravimetrickými (viz kapitola 6.9.10). K eliminaci nepřesnosti této metody přispělo pevné spojení elektrod se vzorky a měření v hloubce vzorku nikoli na povrchu. V hloubce neovlivňují negativně výsledky měření soli vykrytalizované na povrchu. Při hodnocení experimentů byla nepřesnost zanedbatelná.

3 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Kapitola se věnuje popisu a výběru zvolené metody sanace, výběru vkládaných hydroizolací. Přehledem používaných materiálů a jejich spojů.

Obecně lze shrnout, že konkrétní aplikace bývá omezena především tloušťkou a druhem zdiva, složitým půdorysným profilem objektu a nehomogenním zdivem.

Pro disertační práci byla zvolena metoda zasahující do zdiva - vložení nových hydroizolačních prvků umístěných ve vodorovné poloze zdiva. Tato metoda brání šíření vlhkosti v konstrukci v důsledku kapilární vztlínivosti.

Mechanické metody vyžadují určitý manipulační prostor. Pracovní spáru obvykle nelze vytvořit přímo v úrovni izolace podlahy, ale v malé výšce nad ní. Aby byl systém vodotěsný, je třeba projekčně a technologicky dořešit detaily napojení vodorovných a svislých izolací.

3.1 Opatření proti vztlínající vlhkosti

V kapitole 2.3.2 je vysvětlen pojem vztlínající vlhkost. Zákonitosti v souvislosti s transportem vody v materiálech lze využít k jejímu odstranění. A to například zvětšením odpařovací plochy, přerušením kapilárního systému zdiva, či změněním vlastnosti kapilarity (zúžením kapilár, vytvořením hydrofobity).

Možnosti provedení:

- stavební metody (vzduchové systémy),
- mechanické metody (vložení izolace do vytvořené spáry),
- injektáže (napouštění zdiva izolačním roztokem),
- elektrofyzikální metody (aktivní elektroosmóza).

Pro disertační práci byla zvolena metoda mechanická, která patří mezi přímé metody sanace vlhkého zdiva zabráňující šíření vlhkosti v konstrukci a vnikání vlhkosti do konstrukce nebo vnitřního prostředí.

3.2 Mechanické metody

Jsou hodnoceny jako dlouhodobě nejspolehlivější izolační opatření. Oproti vzduchovým a jiným metodám však zasahují do zdiva. Jejich účelem je vytvořit souvislou vodotěsnou přepážku v celém průřezu zdiva.[2]

Provádějí se vložením dodatečné hydroizolace do strojně nebo ručně proříznuté spáry nebo do probouraných a provrtaných otvorů ve zdivu nebo zatloukáním profilovaných plechů z nekorodujících materiálů. Materiály pro dodatečnou vodorovnou hydroizolační clonu jsou popsány níže. Obecně lze říci, že účinnost těchto metod závisí na kvalitě řemeslné práce (napojení izolací) a životnosti použité izolace.[2] Zpravidla jsou mechanické metody dražší, ale mají spolehlivější účinky než metody ostatní.

Tři z mechanických metod nebudou dále uvažovány, jedná se o probourávání (podsekávání) otvorů pro uložení hydroizolace, metoda Massari a podřezávání kotoučovými pilami. První metoda je velmi pracná, pomalá a svou technologií zasahuje do statiky konstrukce. Druhá metoda je finančně nákladná, časově náročná a chybí vhodný přesah pro napojení dalších izolací. Metoda třetí má velké nároky na manipulační plochu a vnáší další vlhkost ke konstrukci z důvodu chlazení zařízení.

Pro disertační práci byla využita metoda dodatečného vkládání vodorovné hydroizolace do proříznuté ložné spáry a metoda vložení hydroizolace bez podřezání - zarážením nerezových plechů.

3.2.1 Dodatečné vkládání vodorovné hydroizolace do proříznuté ložné spáry

Spára pro vložení dodatečné vodorovné hydroizolace se provádí podřezáváním vlhkého zdiva. Musí být zajištěn přístup z obou stran spáry, aby se mohla vložená hydroizolace navázat na hydroizolaci v podlaze případně na svislou hydroizolaci obvodové stěny.

3.2.1.1 Ruční podřezávání

Jedná se o nejjednodušší metodu, ovšem lze ji použít pouze u cihelného zdiva o tloušťce 450 - 600 mm (max. 750 mm) v závislosti na kvalitě spáry a pevnosti maltového lože. Lze aplikovat pouze u zdiva s průběžnou pravidelnou vodorovnou spárou. Pomocí ruční pily se v maltové vrstvě prořízne spára a do ní se vloží hydroizolace z plechu, PVC nebo sklolaminátu. Prostor nad hydroizolací se podklínuje a zainjektuje cementovou maltou s jemnou frakcí písku. Při realizaci se postupuje po úsecích délky 0,8 - 1,2 m.[3] Postupuje se od nejvíce namáhaných míst a po cyklech.

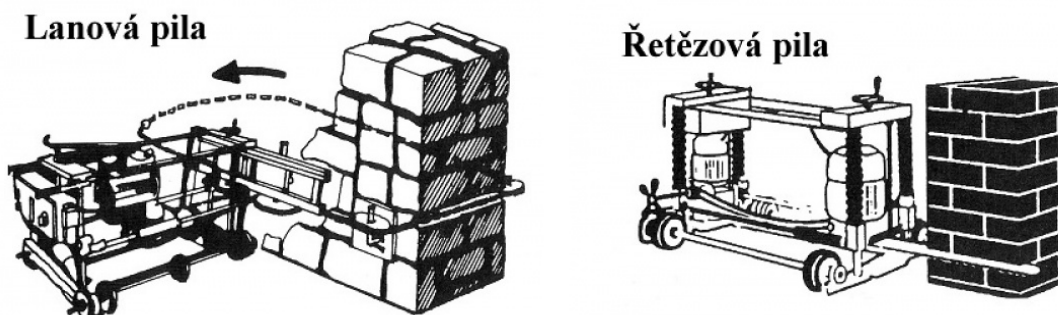
3.2.1.2 Podřezávání řetězovou a lanovou pilou

Řetězová pila se používá pro podřezávání cihelného nebo smíšeného zdiva. Nejprve se odstraní omítka v místě roviny řezu a podél zdi se vytvoří dostatečně pevný a rovný podklad v šířce 1,5 m pro pojezd stroje. Podřezávání je možné provádět již ve výšce 70 mm nad úrovní pojezdu stroje. Zdivo se nejprve prořízne do potřebné hloubky a následně se pomocí pojezdu pokračuje s řezem po délce zdiva po úsecích délky 1 m. Drážka se vyčistí a vloží se do ní hydroizolační pás na bázi polyetylenu nebo sklolaminátu o tloušťce 1,5 - 2,3 mm. Pásky jsou dlouhé 1m a dostatečně široké tak, aby umožňovaly napojení hydroizolace podlahy nebo svislé hydroizolace. Doporučuje se použití materiálů s větší tvrdostí, které se lépe zasunují do drážky. Jednotlivé pásy hydroizolace se musí překrývat alespoň o 50 - 100 mm.

Následně se do drážky zarazí klíny z umělé hmoty o dostatečné únosnosti. Klíny se zarážejí do drážky z obou stran podřezaného zdiva v roztečích cca 200 mm, v podélné ose zdi se oddělují mezerou 100 mm. Po zaklínování vložené hydroizolace se pokračuje v podřezávání o další metr zdi a celý postup se opakuje.[3]

Po zaizolování se provede tlaková injektáž spáry. Do drážky se vloží ve vzdálenostech 0,8 - 1,0 m injektážní trubky z umělé hmoty délky 130 mm a poté se drážka omítne hydrofobizovanou maltou. Po zatvrdnutí malty se injektuje směsí 20 % písku, 80 % cementu a plastifikátoru pod tlakem 0,1 MPa. Trubky se po zatvrdnutí vyjmou a otvory se zapraví.[3]

Výhodou této metody je snadná a rychlá manipulace. Nevýhodou je prašnost a potřeba vytvořit pojezdovou rovinu obvykle ve výkopu okolo prořezávané stěny. Výkop je nutný z důvodu, že pila je umístěna na pojezdovém stole v určité výšce a aby byla zajištěna návaznost vkládané hydroizolace na hydroizolaci podlahy, musí být pila umístěna v odpovídající úrovni.[3]



Obr. 3 : Řetězová a lanová pila pro podřezání zdiva [19]



Obr. 4 : Diamatová lana [25]



Obr. 5 : Klíny [27]

Na obrázku (Obr. 5) jsou plastové klíny, mají rozměr 120 x 240 mm. Tloušťky klínů jsou 6, 8, 9, 10, 11 mm s nosností 500 kPa/cm², barevně jsou odlišeny dle síly pro lepší orientaci na stavbě.

3.2.2 Dodatečné vložení hydroizolace bez podřezání – zarážení nerezavějících plechů

Vlnité izolační desky (plechy) z ušlechtilé nerezavějící oceli jsou strojně zatloukány přímo do stávajícího zdiva, které se nepodřezává, tímto je zaručeno zachování statiky objektu, nedochází k sedání zdiva. Jednotlivé desky jsou přímo chystány na sanovaný objekt (tloušťka zdiva, atd.). Desky jsou standardně široké 300 mm a jejich tloušťka je 1,5 mm. Frekvence zatloukání se pohybuje okolo 1300 úderů/min. Horizontální posun zdiva není možný. K horizontálnímu sedání také nedochází, při zatloukání se ještě navíc pojivo (malta) ve spáře o cca 10 - 20 % zhutní. Desky jsou opatřeny hrotem (špicí) na straně, kterou pronikají do stěny, ta je vždy označena na každé desce. Tento hrot umožňuje užití i u nesourodých materiálů. Výhodou použití této metody je, že materiál zajišťuje prakticky neomezenou dobu životnosti, aplikace je rychlá, okolní prostředí není zatěžováno prachem ani vodou. Nevýhodou je větší finanční náročnost.

Denní výkon je cca 30 - 40 běžných metrů zdiva. Použití je vhodné pro veškeré zdivo.

Do tloušťky zdiva 1000 mm stačí přístup z jedné strany, nad 1000 mm je potřeba přístup z obou stran. Nutný prostor pro zařízení je vždy 1000 mm (strojní zařízení) + tloušťka zdiva.

3.3 Používané materiály pro mechanické metody

Jako hydroizolační materiál se nejčastěji používají :

- asfaltové pásy,
- pásy z PVC,
- polyetylenové fólie,
- sklolaminátové desky,
- nerezavějící plechy.

Pro experimenty byly zvoleny tyto druhy materiálu – asfaltové pásy, polyetylenová fólie a nerezavějící plechy.

3.3.1 Izolační pásy asfaltové

Používají se hydroizolační modifikované asfaltové pásy s polyesterovou vložkou v tloušťce 3 - 4 mm. Tyto hydroizolace musí mít dostatečnou mechanickou a chemickou odolnost. Nejčastěji používané asfaltové pásy jsou modifikované pásy SBS nebo HPP. Pro experiment v rámci disertační práce byl použit oxidovaný asfaltový pás z důvodu jeho tuhosti.

3.3.2 Izolace z plastů

Jedná se o hydroizolační fólie nebo desky, jejichž základním materiálem je plast a mohou být vyztuženy skleněnými vlákny. Tyto hydroizolace musí být nepropustné pro vodu a dostatečně chemicky odolné. Nejmenší tloušťka hydroizolace je 0,5 - 2 mm. Nejčastěji používaná izolace je polyetylenová fólie LDPE nebo HDPE.



Obr. 6 : Hydroizolační fólie – role [26]

3.3.3 Desky z nerezavějící ušlechtilé oceli

Nejčastěji se používají profilované desky z ušlechtilé, nerezové, korozi odolné oceli, které vykazují požadovanou mechanickou a chemickou odolnost.

Podle použitého způsobu legování se ušlechtilé oceli rozlišují na:

- chrom – ocel : feritová chromová ocel – je odolná vůči korozi ve většině případů, výjimkou je odolnost vůči vyššímu zatížení halogenidy,
- chrom – nikl – ocel : austenitická chrom - niklová ocel – vykazuje požadovanou odolnost proti slabě koncentrovaným oxidačním a neoxidačním kyselinám i vyšší koncentraci sloučenin obsahujících halogeny,
- chrom – nikl – molybden - ocel : austenitická chrom – nikl - molybdenová ocel – má dostatečně velkou odolnost vůči korozi halogeny.

Jednotlivá kvalita plechů se vybírá podle druhu a množství solí ve zdivu, umístění objektu a podobně.



Obr. 7 : Nerezové plechy [24]

Technické informace:

síla plechu = 1,5 mm,

amplituda vlnění plechu = 5 mm,

délka vlny = 35 - 45 mm,

délka plechu (tj. síla zdiva) = od 110 - 1000 mm,

šířka plechu: 310, 375 mm (tvrdé, měkké zdivo),

špice plechu = označeno na každém plechu „SPITZE“.

3.4 Spoje vybraných materiálů

Při provádění hydroizolace spodní stavby vzniká množství spojů a každý spoj je potenciálním zdrojem možné závady. Pouze dokonalý spoj zabraňuje transportu vody kapilárním vztlínáním a průniku vodní páry do horní části zdiva nad hydroizolací.

V podmínkách stavební praxe se provádění spojů jednotlivých hydroizolačních materiálů řídí podle pokynů výrobce. Fólie se spojují nejčastěji svařováním horkým vzduchem. Je možné provádět jednoduchý svar, kdy se fólie přeloží o 50 - 80 mm a vlastní šířka sváru je alespoň 30 mm, dvojitý svár nebo přeplátovaný spoj. Spoje asfaltových pásů je možné provádět rovněž natavováním plamenem nebo horkým vzduchem a jejich vzájemné překrytí musí být alespoň 50 mm. Takovéto provedení spojů pak zaručuje požadované hydroizolační vlastnosti celku.

Tyto výše popsané spoje však není možné aplikovat při provádění mechanických sanačních metod. Dodatečně vkládané hydroizolace z pásů či dílců se zasunují do prořezané spáry. Ve vzájemných stycích se pak asfaltové pásy, PE fólie, sklolaminátové desky nebo profilované plechy z nerezavějící oceli pouze překládají o určitý bezpečnostní úsek. Z důvodu malé tloušťky prořezané spáry nelze spoje slepovat ani svařovat. V těchto netěsných spojích pak může docházet k intenzivní difúzi vodní páry a jelikož překryté spoje nejsou ideálně čisté, může docházet rovněž k transportu vody vlivem kapilárních sil.

Účinnost takto prováděných spojů však dosud není hlouběji prozkoumána, proto se touto problematikou zabývá tato disertační práce.

V současné době se řeší spoje hydroizolací u sanací následujícím způsobem.

U dodatečně vložené hydroizolace, do proříznuté ložné spáry, se jednotlivé asfaltové pásy a hydroizolační fólie překrývají o 50 - 100 mm (Obr. 8, Obr. 9).



Obr. 8 : Fólie přesah 100 mm [14]



Obr. 9 : Fólie přesah 50 mm [15]

Při zarážení nerezavějících plechů z ušlechtilé oceli je možné jednotlivé desky ve styku spojit dvěma způsoby:

- systémové zámky ve tvaru S (Obr. 10),
- sousední desky překrýt vždy o min. 50 - 80 mm, což je ve styku desek o 2 - 3 vlny (Obr. 11).

Při stykování plechů dochází k netěsnému spoji navazujících desek.[3]



Obr. 10 : Nerezové plechy se zámkem [13]



Obr. 11 : Nerezové plechy s překrytím o dvě vlny [12]

4 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Cíle disertační práce jsou zvoleny v návaznosti na současný stav problematiky sanace staveb. Disertační práce poukazuje na to, že záleží na volbě použitého materiálu, jeho správného užití a především na provedení detailů, jako jsou například spoje materiálů.

Hlavním cílem disertační práce je ověření účinnosti jednotlivých vybraných hydroizolačních materiálů mechanických sanačních metod a spolehlivosti jejich spojů.

Vytvoření metodiky experimentu pro měření spojené s vytvořením zkušebních bloků, aplikace hydroizolace a optimalizace měření tak zahrnuje následující dílčí cíle:

- vyzdění zkušebních bloků, aplikace hydroizolací a optimalizace měření,
- laboratorní měření míry hmotnostní vlhkosti v pevných měřících bodech na zkušebních blocích (rozložení po výšce nad i pod provedenou hydroizolační clonou),
- vyhodnocení nashromážděných dat získaných laboratorním měřením, ověření účinnosti jednotlivých hydroizolačních clon a jejich spojů,
- vyhodnocení vlivu spoje hydroizolace na její účinnost,
- porovnání dat naměřených v laboratoři na zkušebních blocích s hodnotami naměřenými na reálných objektech,
- zhodnocení dosažených výsledků a vyslovení závěrů z hlediska účinnosti mechanických sanačních metod.

Z praktického hlediska má ověření těsnosti a funkčnosti běžně prováděných hydroizolačních spojů velký význam. Vzhledem k množství prováděných spojů by měla být zaručena jejich dokonalá těsnost, aby nemohlo docházet k dalším poruchám či závadám z důvodu vztlínání vody, případně pronikání vodní páry přes netěsné spoje.

Význačným přínosem disertační práce je také popis a dokumentace rozvoje vlhkosti ve vybraných místech při stejných parametrech použitého materiálu, ale při použití různých typů hydroizolace a jejich spojů. Na základě

provedených měření obsahu vlhkosti v pevných měřících bodech na zkušebních blocích jsou porovnány vlastnosti jednotlivých hydroizolačních materiálů a jejich spojů a vyhodnocena účinnost a spolehlivost.

Mezi hlavní úskalí disertační práce patřilo především získání prostoru pro výstavbu bloků a nutnost dlouhodobého sledování v řádu roků. Dále v in situ se nachází mnoho druhů stavebních materiálů a jejich kombinací a různé okrajové podmínky pro měření, tudíž bylo obtížné nalézt vhodný objekt pro získání referenčních hodnot měření.

Prostředky ke splnění cílů

Pro splnění cílů bylo využito především pracoviště Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně, Ústavu pozemního stavitelství, suterénní prostory objektu D a jeho přístrojového vybavení a softwaru.

Nákup materiálu pro vyzdění bloků, měřící zařízení a příslušenství pro měření, byl částečně financován v rámci schváleného vnitřního grantu kategorie A pod evidenčním číslem 120 s názvem „Ověření spolehlivosti běžně používaných mechanických sanačních metod“ probíhající v roce 2009.

V neposlední řadě bylo ke zpracování využito reálných objektů, kde proběhla pomocná a kontrolní měření vlhkosti konstrukcí, popsány jsou blíže v kapitole 6.9.12.

5 METODY ZPRACOVÁNÍ

Při zpracování disertační práce bylo zvoleno více druhů metod - teoretické, experimentální a vědecké. Metodiku zpracování disertační práce lze shrnout do následujících bodů:

- analýza dosavadních poznatků – především druhy používaných materiálů mechanických sanačních metod,
- výběr materiálů a volba spojů,
- výroba zkušebních bloků,
- provedení hydroizolačních clon se zvolenými spoji,
- provedení přípravy pro měření,
- experimentální měření vlhkosti v laboratorních podmínkách,
- experimentální měření na reálných objektech,
- analýza a porovnání výsledků naměřených hodnot.

Disertační práce je doplněna fotografiemi a dalšími grafickými podklady. Pokud není uvedeno jinak, tak je autor fotografií shodný s autorem disertační práce.

5.1 Analýza dosavadních poznatků

Při řešení problematiky sanací staveb bylo prvním krokem prostudování dostupných podkladů. Podrobné informace o způsobu vlhnutí staveb, jejich zařazení a způsobu jejich odstranění. Podrobnější informace o sanacích a dalších tématech, která se týkají dané problematiky, byly čerpány z dostupných odborných tuzemských i zahraničních publikací, článků v časopisech a na odborných konferencích. Byly studovány technické listy materiálů, postupy v praxi, reference jednotlivých odborných firem zabývajících se touto danou tematikou.

V původním předpokládaném řešení experimentu se počítalo s měřením vlhkosti zdiva všech zkušebních bloků pouze jedním párem sond a s provedením gravimetrických zkoušek z odebraných vzorků z jednotlivých cihelných bloků. Na doporučení zkušební komise státní doktorské zkoušky a po následné konzultaci s technikem firmy Greisinger, bylo rozhodnuto o trvalém zabudování měřících sond do vyvrtaných otvorů. Bylo tak omezeno vysychání otvorů a zajištěno trvalé propojení kartáče sondy se stavebním materiálem, a to za účelem získání co nejpřesnějších údajů. Z tohoto důvodu bylo místo původní

jedné dvojice kartáčových sond potřeba zakoupit celkem 18 párů a jednu tubu vodivé pasty GLP 91, protože vkládání sond proběhlo pouze na začátku experimentu a tím byla její spotřeba minimální. V této fázi projektu nebyla provedena gravimetrická zkouška, protože zásah do zkušebních bloků by byl příliš rozsáhlý. Gravimetrickou zkouškou byla ověřena spolehlivost měřicí techniky na konci experimentu, při rozebírání vzorků.

5.2 Vlhkost, její veličiny a vztahy

Vlhkost materiálu je množství vody (v jakémkoli skupenství) obsažené v pórovitém prostředí látky. Vyjadřuje se hmotnostním nebo objemovým poměrem vody k pevné fázi látky.[8]

Hmotnostní vlhkost:

$$w_h = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} = \frac{m_k}{m_d} \quad (5.2.1)$$

kde je

- m_w hmotnost vlhkého materiálu [kg];
- m_d hmotnost suchého materiálu [kg];
- m_k hmotnost kapaliny [kg];
- w_h hmotnostní vlhkost [-, % hmotnostní].

Vlhkost objemová:

$$w_v = \frac{V_v}{V_d} = \frac{(m_w - m_d)}{q_k \cdot V_d} = \frac{V_h \cdot q_d}{1000} \quad (5.2.2)$$

kde je

- V_v objem volné vody [m³];
- V_d objem suchého materiálu [m³];
- q_k hustota vody [kg/m³];
- q_d objemová hmotnost suchého materiálu [kg/m³];
- w_v objemová vlhkost [-, % objemová].

Vlhkostní bilance:

Přestavuje srovnání jednotlivých změřených hodnot hmotnostních vlhkostí (w_h) stavebních materiálů po výšce a do hloubky konstrukce s vlhkostí materiálů zcela nasycených vodou (w'_h) a se stupněm nasycení vodou (ψ). [8]

$$w_h = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} \cdot 100\% \text{ hm.} \quad (5.2.3)$$

$$w'_h = \frac{(m_u - m_d)}{m_d} \cdot 100\% \text{ hm.} \quad (5.2.4)$$

$$\psi = \frac{w_h}{w'_h} \cdot 100\% \text{ hm.} \quad (5.2.5)$$

kde je

m_w hmotnost vlhkého vzorku [kg];

m_d hmotnost vysušeného vzorku [kg];

m_u hmotnost vzorku nasyceného vodou [kg]. [8]

5.3 Kapilární vztlínavost

V důsledku kapilarity může voda ve zdivu vystoupat vysoko (i v řádů metrů) nad úroveň ustálené výšky vodní hladiny. V přírodě je podobnými mechanismy vyháněna voda až do korun stromů. Hnací silou je mezifázové napětí, přesněji výslednice mezifázových sil na rozhraní tří prostředí, jimiž jsou kapalina, vzduch a pevná látka, jež obklopuje stěnu kapiláry.

Kapilární vedení vlhkosti

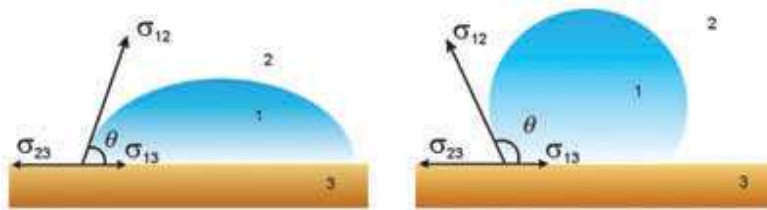
Je jedním ze základních transportních mechanismů vlhkosti, které je charakteristické pro vodou smáčivé materiály, což je naprostá většina stavebních látek. Při kontaktu pórovitého materiálu s vodou dochází k intenzivnímu nasávání vody nezávisle na sklonu póru. Materiály s většími póry sají rychle, ale výška vztlínání je nízká. Naopak jemně pórovité materiály sají vodu pomalu, ale velmi vysoko. Jemně pórovité materiály mají několikanásobně vyšší sací síly než hrubě pórovité materiály.

Mezifázové (povrchové) napětí, povrchová energie

Povrch jakéhokoliv tělesa, včetně kapalin, představuje zásadní narušení prostorového uspořádání molekul a atomů, jež je charakteristické pro místa pod povrchem. Atomy či molekuly na povrchu nemají z jedné strany své typické sousedy a bez nich nemohou - na rozdíl od míst pod povrchem - vytvořit energeticky nejvýhodnější soudržné vazby: u pevných látek vazby chemické a u kapalin hlavně fyzikální, vznikající v důsledku přitažlivých mezimolekulárních (kohezních) sil. Při zvětšení povrchu kapaliny se dostávají některé molekuly z vnitřku na povrch, přičemž se musejí překonat příslušné kohezní síly. Tím se vysvětluje, proč je ke zvětšení povrchu nutné vynaložit určitou práci a také to, že povrchové vrstvy se nalézají ve stavu s vyšší energií, než je tomu u atomů či molekul uvnitř tělesa. Odtud pojem povrchová energie: je to rozdíl energie molekul v povrchových partiích těles ve srovnání s energií, jakou by tytéž částice měly uvnitř. Hustota povrchové energie je povrchová energie vztažená na jednotku plochy povrchu tělesa. Někdy tato energie bývá také nazývána kapilární konstantou. Udává se v jednotkách Jm^{-2} a pracovně je označena symbolem w .

U kapalných látek lze principiálně povrchovou energii měřit a to jako práci potřebnou ke zvětšení povrchu kapaliny o jednotku při nezměněném objemu. Ponoříme-li např. drátěný rámeček do mýdlového roztoku, vyplní se tenkou blánou, jež je tvořena kapalinou se dvěma povrchy. Je-li jedna strana rámečku posuvná (rámeček je tvořen drátem ve tvaru U tvořícím tři strany a posuvnou příčkou navlečenou na volné konce U - drátu a pohybující se bez tření), lze rovnovážným působením síly F na posuvnou stranu „natáhnout“ blánu o délku dx a vykonat tak práci $dA = Fdx$. Tato práce představuje povrchovou energii připadající na přírůstek plochy kapaliny. Je-li vzdálenost volných konců U - drátu rovna l , potom zvětšení povrchu kapaliny je $2ldx$ (blána má dva povrchy), z čehož plyne že v jednotce plochy povrchu je skryta energie $w = Fdx/2ldx = F/2l$. Naopak, kdyby síla F přestala působit, blána by se stáhla na co nejmenší velikost. To ukazuje, že v povrchové vrstvě je napětí, které síla F působící na úseku $2l$ právě kompenzuje. Toto napětí se nazývá povrchové napětí, značí se σ , jeho číselná je zde $\sigma = F/2l$ a má jednotku $[\text{Nm}^{-1} \equiv \text{Jm}^{-2}]$. Povrchové napětí a hustota povrchové energie w se číselně rovnají, ačkoli první je vektor a druhý skalár, oba s odlišným významem.

Povrchová energie se hromadí jakémkoliv rozhraní dvou nemísitelných fází, například olej - voda, pevná látka - kapalina, pevná látka - vzduch atd. Obecně mezifázová energie nebo mezifázové napětí. Mezifázové napětí na povrchu pevné látky nemůže konat práci na tělese (formovat tvar tělesa), ale ovlivňuje například smáčivost jeho povrchu kapalinou, což je podstatné pro všechny kapilární jevy.[10]



Obr. 12 : Okrajový úhel θ je úhel, který svírá okraj kapky na styku s podložkou

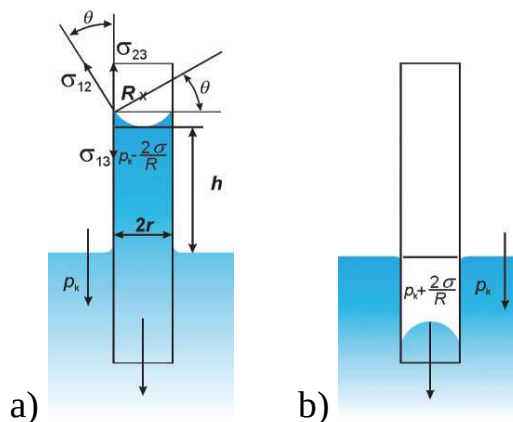
Rozhraní tří fází, kde se na stěně pevné kapiláry (v praxi např. mikroskopický kanálek v porézním stavivu) stýkají další dvě fáze - voda a vzduch, je místem, kde se vektorově sčítají mezifázová napětí. Jejich výslednice zvedne nebo sníží úroveň vodní hladiny v kapiláře proti gravitačním nebo hydrostatickým silám. Je-li σ_{12} povrchové napětí kapaliny v kontaktu se vzduchem, σ_{13} povrchové napětí kapaliny v kontaktu se stěnou kapiláry a σ_{23} povrchové napětí stěny kapiláry v kontaktu se vzduchem, pak pro rovnováhu platí (vztah.č.5.3.1):

$$\sigma_{12}\cos\theta + \sigma_{13} = \sigma_{23} \quad (5.3.1)$$

jednoduchou úpravou platí:

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}} \quad (5.3.2)$$

Úhel θ se nazývá krajový úhel a rozdíl $\sigma_{23} - \sigma_{13}$ pak adhezní konstanta. Krajový úhel θ , který charakterizuje smáčivost povrchu kapalinou, lze přímo odečíst z experimentu uspořádaného podle Obr. 12. Jednodušeji lze krajový úhel odečíst jako úhel, který svírá okraj malé kapky s podložkou podle Obr. 12. Velký význam má skutečnost, že adhezní konstantu lze stanovit z relativně snadného měření krajového úhlu a znalosti povrchového napětí kapaliny (které lze často vyhledat v tabulkách) podle vztahu $\sigma_{23} - \sigma_{13} = \sigma_{12}\cos\theta$, který plyne ihned z 5.3.1.



Obr. 13 : Kapilární elevace a deprese; a) kapilární elevace; b) Kapilární deprese

Kapilární elevace a deprese

Kapilární elevace: kohezní tlak kapaliny p_k je snížen o kapilární tlak na hodnotu $p_k - 2\rho/R$, což působí zdvih sloupce kapaliny.

Kapilární deprese: kohezní tlak kapaliny p_k je zvýšen o kapilární tlak na hodnotu $p_k + 2\rho/R$, což působí pokles sloupce kapaliny.

Kapilární procesy se odehrávají někdy k naší nelibosti ve zdivu. Je-li adhezní konstanta kladná, působí na okraj kapaliny ve svislé kapiláře zdvihová síla f , díky níž vystoupá kapalina nad úroveň ustálené vodní hladiny. Příklad je znázorněn na Obr. 13 a), kde je kapilára tvořena svislou skleněnou trubicí ponořenou jedním koncem do kapaliny. Pro tenkou kapiláru kruhového průřezu o poloměru r je tato síla rovna obvodu kapiláry násobeným adhezní konstantou:

$$f = 2\pi r(\sigma_{23} - \sigma_{13}) = 2\pi r\sigma_{12}\cos\theta \quad (5.3.3)$$

Zdvihová síla f podle (5.3.1) podělená průřezem kapiláry πr^2 , jež je tak tenká, aby meniskus byl ve tvaru kulové úseče s poloměrem křivosti $R = r/[\cos\theta]$, získáme veličinu o fyzikálním rozměru tlaku - kapilární tlak p_k o hodnotě:

$$p_k = \frac{2\sigma_{12}\cos\theta}{r} = \pm \frac{2\sigma_{12}}{R} \quad (5.3.4)$$

Tlak p_k je kladný (orientovaný proti gravitaci) nebo záporný podle toho, jestli kapalina povrch kapiláry smáčí ($\cos\theta > 0$) nebo naopak ($\cos\theta < 0$), a způsobí zvýšení resp. snížení hladiny v kapiláře vzhledem k úrovni okolní hladiny o úsek h tak, aby vyrovnal hydrostatický tlak v kapiláře v úrovni okolní hladiny:

$$p_k = \rho gh \quad (5.3.5)$$

kde ρ je hustota kapaliny a $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ je gravitační zrychlení. Pro výšku h pak z (5.3.4) a (5.3.5) dostáváme:

$$h = \frac{p_k}{\rho g} = \frac{2\sigma_{12}\cos\theta}{r\rho g} \quad (5.3.6)$$

Je-li $\cos\theta > 0$, zvedne se v kapiláře sloupec kapaliny nad okolní hladinu (kapilární elevace, zdvih), je-li $\cos\theta < 0$, sloupec klesne pod hladinu (kapilární deprese). Výška elevace (deprese) závisí kromě hodnoty adhezní konstanty také na poloměru kapiláry. Například: voda s hodnotou povrchového napětí $\sigma_{12} =$

$74 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^{-1}$ při $\cos\theta = 1$ vystoupá v kapiláře o poloměru 1 mm do výšky 14,8 mm. Při poloměru 10 mikronů je to 0,75 m a při poloměru 1 mikron až do výšky 14,8 m.

Mezní případy

Je-li adhezní konstanta kladná, $\sigma_{23} - \sigma_{13} > 0$, je $\cos\theta > 0$ a kapalina smáčí povrch. Je-li adhezní konstanta záporná, $\sigma_{23} - \sigma_{13} < 0$, je $\cos\theta < 0$ a kapalina povrch nesmáčí. V tenké kapiláře tyto případy reprezentují kapilární elevaci, resp. depresi. Může však nastat případ, že pravá strana výrazu (5.3.2) je větší než 1 nebo naopak menší než 1. Krajoový úhel θ by pak ale nabyl komplexní hodnoty. Kapalina ve styku se stěnou kapiláry, kdy je podle (vztah 5.3.2) $\cos\theta > 1$, smáčí povrch kapiláry natolik dokonale, že má snahu pokrýt povrch kapiláry tenkou vrstvou a může tak vystoupat prakticky do jakékoliv výšky, pokud se po cestě neodpaří. Naopak tam, kde je podle (vztah 5.3.2) $\cos\theta < 1$, není kapalina vůbec schopna kontaktu s podložkou (stěnou kapiláry) a vytváří na rozhraní velmi tenkou vzduchovou mezeru a do tenké kapiláry vůbec nevteče.

Rychlost vztlínání

V teoriích elektro - fyzikálních metod odstraňování vlhkosti ve zdivu hraje klíčovou roli rychlost vztlínání. Při laminárním proudění v kapiláře kruhového průřezu závisí průtočná rychlost u na dynamické viskozitě η a tlakovém spádu $\Delta p/\Delta y$ podle Hagenova - Poiseuilleova zákona:

$$u = r^2/(8\eta) \cdot \Delta p/(\Delta y) \quad (5.3.7)$$

Tlakový spád při okamžitém zdvihu hladiny v kapiláře y je rozdíl kapilárního tlaku a hydrostatického tlaku v úrovni okolní hladiny dělený výškou sloupce Δy , tedy $\Delta p/\Delta y = (2\sigma_{12} \cdot \cos\theta / r - \rho g y)/\Delta y$, platí:

$$u = \frac{r}{8\eta} \left(\frac{2\sigma_{12} \cos\theta}{\Delta y} - \rho g r \right) \quad (5.3.8)$$

Rychlost vztlínání vody pro různé poloměry kruhové kapiláry a různé výšky sloupce před dosažením maximální (rovnovážné) elevace ukazuje Tab. 3. Hodnoty byly počítány podle (5.3.8).[10]

Tab. 3 : Tabulka rychlosti vztlínání pro vodu v kruhové kapiláře při $\cos\theta = 1$ [m/s].[10]

výška elevace / průměr kapiláry	1 mm	10 mm	100 mm	1000 mm
1 mm	8,8	0,6	-	-
0,1 mm	0,91	0,088	0,006	-
0,01 mm	0,091	0,0091	0,00088	0,00006
0,001 mm	0,0091	0,00091	0,000091	0,0000088

5.4 Základní statistické charakteristiky

Rozpětí statistického souboru je délkou variačního souboru intervalu $\langle x_{(1)}; x_{(n)} \rangle$.

Aritmetický průměr

Aritmetický průměr je statistická veličina, která v jistém smyslu vyjadřuje typickou hodnotu popisující soubor mnoha hodnot. Aritmetický průměr se obvykle značí vodorovným pruhem nad názvem proměnné, popř. řeckým písmenem μ . Definice aritmetického průměru je:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.4.1)$$

tzn. součet všech hodnot vydělený jejich počtem. V běžné řeči se obvykle obecným slovem průměr myslí právě aritmetický průměr.[22]

Medián

Medián je hodnota, jež dělí řadu podle velikosti seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny. Ve statistice patří mezi míry centrální tendence. Platí, že nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu. Pro nalezení mediánu daného souboru stačí hodnoty seřadit podle velikosti a vzít hodnotu, která se nalézá uprostřed seznamu. Pokud má soubor sudý počet prvků, obvykle se za medián označuje aritmetický průměr hodnot na místech $n/2$ a $n/2+1$ (5.4.2). Pro lichý počet prvků platí rovnice (5.4.3). Základní výhodou mediánu jako statistického ukazatele je fakt, že není ovlivněn extrémními hodnotami. Proto se často používá v případě šikmých rozdělení, u kterých aritmetický průměr dává obvykle nevhodné výsledky.[22]

$$\tilde{x} = \frac{1}{2} \left[x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)} \right] \quad (5.4.2)$$

$$\tilde{x} = x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)} \quad (5.4.3)$$

Kvantily

Kvantily (z lat. quantilis, jak malý/velký) jsou ve statistice čísla (hodnoty), která dělí soubor seřazených (například naměřených) hodnot na několik zhruba stejně velkých částí. Kvantil je tedy míra polohy rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny. Popisují body, ve kterých distribuční funkce náhodné proměnné prochází danou hodnotou.

$$n \frac{p}{100} < m_p < n \frac{p}{100} + 1 \quad (5.4.4)$$

Rozptyl

Rozptyl (též střední kvadratická odchylka, střední kvadratická fluktuace, variance nebo také disperze) se používá v teorii pravděpodobnosti a statistice. Je to druhý centrální moment náhodné veličiny. Jedná se o charakteristiku variability rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny, která vyjadřuje variabilitu rozdělení souboru náhodných hodnot kolem její střední hodnoty.[22]

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \bar{x}^2 \quad (5.4.5)$$

Směrodatná odchylka

Jedná se o kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od jejich aritmetického průměru.

$$S = \sqrt{s^2} \quad (5.4.6)$$

Vypovídá o tom, jak moc se od sebe navzájem liší typické případy v souboru zkoumaných čísel. Je-li malá, jsou si prvky souboru většinou navzájem podobné, a naopak velká směrodatná odchylka signalizuje velké vzájemné odlišnosti. Pomocí pravidel 1σ a 2σ lze přibližně určit, jak daleko jsou čísla v souboru vzdálená od průměru, resp. hodnoty náhodné veličiny vzdálené od střední hodnoty. Směrodatná odchylka je nejužívanější míra variability.[22]

6 VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY

V této kapitole jsou uvedeny postupy dílčích cílů, které vedou ke splnění hlavního cíle disertační práce, kterým je ověření účinnosti jednotlivých vybraných hydroizolačních materiálů mechanických sanačních metod a spolehlivosti jejich spojů.

Postup prvního dílčího cíle:

- výběr hydroizolačních materiálů a spojů,
- vyzdění zkušebních bloků z cihel plných pálených do máčecích van,
- aplikace hydroizolace,
- příprava pro měření – vyvrtání otvorů pro sondy, vyčištění otvorů po vrtání,
- zajištění přístupu vody ke vzorkům,
- vložení sond s nanesenou vodivou pastou,
- provedení zkušebního měření.

Následující dílčí cíle:

- kontinuální měření hmotnostní vlhkosti u jednotlivých bloků,
- provedení měření na reálných objektech,
- vyhodnocení a porovnání naměřených dat.

6.1 Vybrané použité materiály a spoje

Pro jednotlivé vzorky byly zvoleny následující nejčastěji v praxi používané materiály a spoje:

- nerezavějící plechy se spojem pomocí zámku,
- polyetylenová fólie – spoj přeložením 50 mm,
- asfaltový pás – spoj přeložením 100 mm,
- asfaltový pás – bez přeložení.

6.2 Vyzdění zkušebních vzorků

Následující fáze disertační práce spočívala ve vyzdění 6-ti zkušebních bloků z cihel plných pálených spojovaných vápenocementovou maltou. Cihelné bloky o rozměrech 450 x 610 x 1100 mm byly vyzděny do máčecích plastových a plechových van o rozměrech 600 x 700 x 200 mm (ve vanách byla udržována stálá hladina vody do výšky 50 mm ode dna vany). Tímto způsobem byl zajištěn trvalý přístup migrující vztlínivé vlhkosti do cihelného zdiva zkušebních bloků. Hydroizolační clony z vybraných materiálů byly v blocích provedeny ve výšce 300 mm od spodní hrany bloku.

Na konci experimentu byly vzorky rozebrány z důvodu rušení laboratoře. Jejich velký rozměr, velké nároky na prostor a také váha neumožňovala jejich přesun na jiné dostupné místo, proto byly vzorky rozebrány a zlikvidovány. Pro další měření byly ponechány pouze jednotlivé cihelné části. Využity byly pro ověření přesnosti měřicího přístroje pomocí gravimetrické metody.

Označení bloků V1, V2, V3, V4, V5, V6

Celkem bylo vyzděno 6 zkušebních bloků - vzorků. Jejich označení je patrné z fotografií Obr. 14 a Obr. 15. Dva zkušební bloky byly ponechány jako referenční bez jakéhokoliv sanačního zásahu.

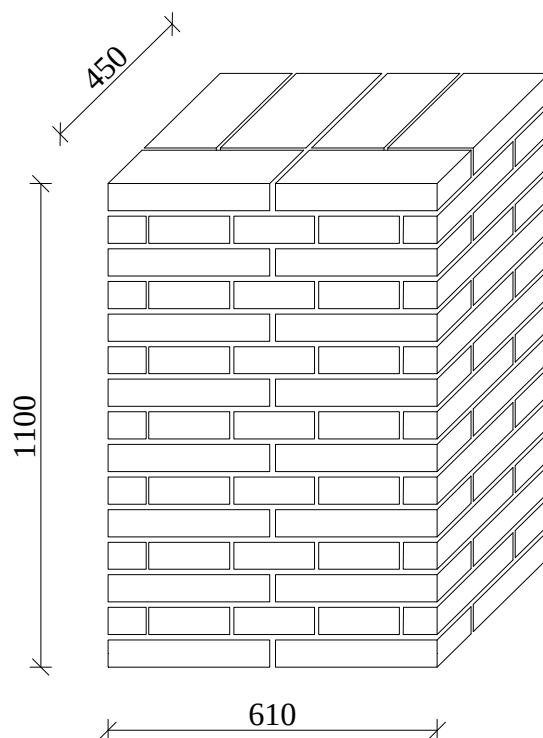
Vzorek č. 1 - označen V1 s hydroizolací z nerezových plechů se zámkem, vzorek č. 2 – označen V2 s hydroizolací z fólie se spojem, vzorek č. 3 – označen V3 s hydroizolací z asfaltového pásu se spojem, vzorek č. 4 – označen V4 s hydroizolací z asfaltového pásu vcelku, vzorek č. 5 – označen V5 vlhčený referenční blok bez hydroizolace, vzorek č. 6 – označen V6 referenční blok nevlhčený bez hydroizolace.



Obr. 14 : Vyzděné vzorky V1 – V4 a referenční blok č.2 – V6



Obr. 15 : Vzorek V5 - referenční blok č.1



Obr. 16 : Tvar a rozměry zkušebního bloku

6.3 Provedení hydroizolací

Po vyzdění bloků proběhla aplikace jednotlivých vybraných druhů hydroizolací. U bloku s hydroizolací bez spoje – vzorek s označením V4, byla hydroizolace aplikována již během výstavby vzorku. Po provedení hydroizolací byly dle technologických postupů aplikovány klíny, zainjektování spáry a podobně. Celkem bylo realizováno 6 vzorků.

6.3.1 Vzorek č.1 – zkušební blok s nerezavějícími plechy – označen V1

Hydroizolaci tohoto bloku tvořily plechy z nerezavějící ušlechtilé oceli (chrom – nikl), jednotlivé desky byly zaráženy do zdiva bez předchozího podřezání, spojeny byly pomocí speciálního zámkového spoje, plech byl tloušťky 1,5 mm, délky 500 mm a šířky 310 mm (Obr. 17).



Obr. 17 : Nerezové plechy – spoj pomocí zámku

Byl použit typ Systém Baumann, chrom-nikl WERKST.1 4301 LAENGE 500 mm.

6.3.2 Vzorek č.2 – zkušební blok s fólií – označen V2

U tohoto vzorku byla použita metoda podřezání zdiva a dodatečné vložení hydroizolace z polyetylénové fólie – spoj byl vytvořen přesahem navazujících pásů o 50 mm, použitá fólie byl tloušťky 2 mm (Obr. 18).



Obr. 18 : LDPE fólie – přesah pásů 50 mm

Použitý typ fólie – výrobek Penefol 750, polyetylénová LDPE fólie, výrobce Lithoplast, s.r.o., tloušťka 2,0 mm, barva černá, objemová hmotnost 750 kg/m^3 , šířka fólie 1000 mm, nasákavost max. 1 %, datum výroby 8. 12. 2005. Fólie je chemicky i mechanicky odolná.

6.3.3 Vzorek č.3 – zkušební blok s asfaltovými pásy – označen V3

U tohoto vzorku byla použita dodatečně vložená hydroizolace z asfaltového pásu – spoj byl vytvořen přeložením navazujících pásů o 100 mm. Asfaltový pás byl tloušťky 3,5 mm, nosná vložka ze skelné rohože (Obr. 19).



Obr. 19 : Asfaltové pásy – přesah pásů 100 mm

Použit byl typ oxidovaného asfaltového pásu Bitubitagit PE V60S35 – firma Dechtochema, tloušťka 3,5 mm s tolerancí $\pm 0,2$ mm, plošná hmotnost $4,65 \text{ kg/m}^2$, šířka 1000 mm.

Používá se jako hydroizolace podzemních částí staveb a podzemních objektů proti zemní vlhkosti. Pás se navrhuje proti zemní vlhkosti zpravidla v jedné vrstvě.

Úprava horního povrchu pásu je jemnozrnný minerální posyp. Úprava dolního povrchu pásu je lehce tavitelná polymerní fólie.

Asfaltová vrstva nad nosnou vložkou je směs oxidovaného asfaltu s minerálními plnivy v celkové tloušťce minimálně 1 mm. Nosná vložka je ze skelné rohože.

Asfaltová vrstva pod nosnou vložkou je směs oxidovaného asfaltu s minerálními plnivy v celkové tloušťce minimálně 1 mm.

6.3.4 Vzorek č.4 – zkušební blok s asfaltovým pásem vcelku – označen V4

U tohoto vzorku byla použita dodatečně vložená hydroizolace z asfaltového pásu stejného typu jako u vzorku V3. Spoj nebyl vytvořen žádný, hydroizolace byla vložena vcelku již v průběhu vyzdívání vzorku.



Obr. 20 : Asfaltový pás vcelku

Tento vzorek slouží pro porovnání průběhu naměřené vlhkosti vzorku se vzorkem V3 – se stejnou hydroizolační clonou, ale s provedeným spojem přeložením asfaltového pásu o 100 mm.

6.3.5 Vzorek č.5 – referenční blok č.1 – označen V5

Vzorek V5 byl vlhčený zkušební blok bez jakéhokoli sanačního zásahu. Vzorek byl vyzděn do plastové vany s přístupem vody, jako byly vzorky V1, V2, V3, V4, pouze zde nebyla použita žádná hydroizolační clona.



Obr. 21 : Referenční blok č.1 – bez hydroizolace, smáčený vzorek

U vzorku V5 na obrázku výše je patrná oblast migrující vztlínavé vlhkosti. Nad měřícím bodem č.3 již vlhkost není zřetelná.

6.3.6 Vzorek č.6 – referenční blok č.2 – označen V6

Vzorek V6 byl suchý referenční blok, který byl vyzděn bez jakéhokoli sanačního zásahu, tak jako referenční blok č. 1 - V5.



Obr. 22 : Referenční blok č.2 – bez hydroizolace a bez přístupu vody

U tohoto suchého referenčního vzorku nebyla použita plastová máčecí vana z důvodu sledování vzorku bez přístupu vztlínající vlhkosti a pro srovnání s ostatními zkušebními vzorky s přístupem migrující vztlínavé vlhkosti.

6.4 Otvory pro měření kartáčovými sondami

Pro měření bylo nutné do vzorků vyvrtat otvory pro kartáčové elektrody přístroje Greisinger (Obr. 28). U vyzděných bloků byly vyměřeny a zřetelně

označeny polohy měřících bodů (Obr. 23). Toto označení sloužilo pro vyvrtání otvorů pro kartáčové elektrody. Otvory byly vyvrtány, vyčištěny a tím byly uchyštěny pro první zkušební měření.

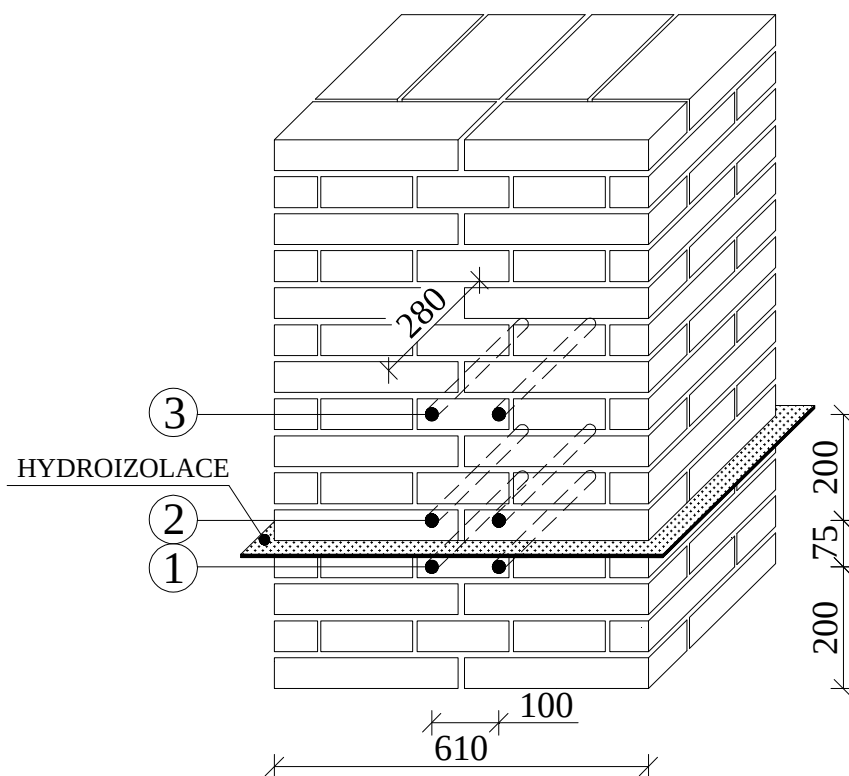
6.4.1 Označení jednotlivých poloh sond = měřící body 1,2,3

Měřící body byly na každém bloku celkem tři. Pouze u referenčního bloku V6 byl zvolen bod jeden. Rozložení měřících bodů bylo zvoleno následovně: pod hydroizolací (bod 1) přibližně 200 mm nad spodní hranou bloku, těsně nad hydroizolací (bod 2) a 200 mm nad polohou č.2 (bod 3). Hloubka měřících otvorů sond byla 280 mm, byla zvolena na základě předpokladu, že největší vlhkost způsobená kapilárním namáháním je přibližně uprostřed vzorku (kapitola 2.3.2, obrázek Obr. 1 případ a)). Středů vrtaných otvorů pro sondy byly osově vzdáleny do 100 mm, doporučená rozteč výrobcem je 80 - 100 mm. Průměr vrtaných otvorů byl zvolen dle tloušťky sond a návodu výrobce 8 mm.



Obr. 23 : Vyvrtaný pár otvorů pro aplikaci sond

U vzorku V5 byly všechny tři měřící body výškově vyměřeny tak, aby odpovídaly umístění měřících bodů u ostatních bloků s hydroizolací. U vzorku V6 byl měřící bod pouze jeden a výškově umístěn tak, jako bod 2 u ostatních vzorků.



Obr. 24 : Označení měřících bodů 1,2,3

Označení a popis měřících bodů:

bod 1 – pod hydroizolací,

bod 2 – nad hydroizolací,

bod 3 – 200 mm nad bodem 2.



Obr. 25 : Umístění měřících bodů nad spoji hydroizolací

Rozvržení měřících bodů po šířce bloku bylo u jednotlivých vzorků různé. Zvoleny byly v závislosti na umístění spoje hydroizolace, který nebyl vždy umístěn uprostřed šířky bloku. U vzorku V4 s hydroizolací vcelku a u referenčních vzorků V5 a V6 bez hydroizolací byl měřící bod zvolen uprostřed bloku.

6.4.2 Vytvoření otvorů k měření

Pro vytváření otvorů pro měření se nesmí používat tupé vrtáky, při jejich použití vzniká nadměrné teplo, které ovlivní naměřenou hodnotu vlhkosti. V tomto dlouhodobém experimentu byl tento problém eliminován, avšak při měření in situ by mohl na naměřenou hodnotu mít vliv. Doporučuje se po vyvrtání vyčkat 10 minut, otvor zbavit prachu, nejlépe tlakovým vzduchem a následně provést měření. V rámci disertační práce byly po vyvrtání a vyčištění otvory pro měření ponechány týden pro ustálení vlhkosti.

K vytvoření otvoru pro měření byl použit vrták firmy HELLER označení 0315 vrták do zdiva 8/350/400.



Obr. 26 : Vrták pro použití do zdiva [23]

Technický popis vrtáku: vrták je vhodný pro vývrty ve zdivu v režimu příklepového vrtání, má velmi klidný chod při rychlém ražení, přesné vývrty i v případě velké pracovní délky, extrémně dlouhou životnost díky bezpečnému pájenému spoji destičky ze slinutého karbidu, povrch vytvrzený technologií

HST zaručuje maximální odolnost vůči prasknutí v režimu příklepového vrtání a při nárazech na výztuže,

průměr = 8 mm,

délka = 400 mm,

pracovní délka = 350 mm.

6.5 Měřicí technika

Pro měření vlhkosti byl vybrán přístroj od firmy Greisinger označení GMH 3830 viz Obr. 27.

Technický popis měřicí techniky: přesný odporový měřicí přístroj vlhkosti materiálu a teploty pro dřevo, stavební a izolační materiály, seno, papír, slámu, textilie a podobně. Absolutní materiálová vlhkost pro 494 materiálů je přímo zobrazena na displeji přístroje. Uložené charakteristiky materiálů v měřícím přístroji odstranili nutnost používat převodní tabulky pro stanovení vlhkosti stavebních materiálů. V přístroji je přesně nadefinováno 466 různých druhů dřevin a 28 různých stavebních materiálů. Teplotní kompenzace při měření stavebních materiálů, měřeného cihelného zdiva, nemá žádný podstatný vliv na výsledek měření, jak je tomu například u dřeva.



Obr. 27 : Měřicí přístroj – Greisinger GMH 3830

Měřicí princip:

- vlhkost – odporové měření vlhkosti dle ČSN EN 13183 – 2 : 2002,
- teplota externí – termočlánek, NiCr - Ni (typ k),
- teplota interní – NTC.

Měřicí rozsah:

- vlhkost – 0,0 až 100,0 % materiálové vlhkosti (závislý na příslušné charakteristice materiálu),
- teplota: -40,0...+200,0°C (-40,0...+392,0°F).

Rozlišení: 0,1 % popř. 0,1°C (0,1°F).

Přesnost přístroje: stavební materiály: $\pm 0,2$ % materiálové vlhkosti (odchylka od charakteristiky).

Teplota (externí): $\pm 0,5$ % z MH $\pm 0,3^\circ\text{C}$.

Použití: měření všech uvedených materiálů včetně cihel (cihelného zdiva).

Rozměry: 142 x 71 x 26 mm a váha 155 g.

Nutné příslušenství k přístroji pro měření:

- dlouhé kartáčové sondy GBSL 91 (pár) – pro hloubku měření 300 mm (Obr. 28) - pro sondy byly vyvrtány ve zkušebních vzorcích otvory viz 6.4,
- vodivá pasta GPL 91 – vodivá pasta 100 ml, pro povrchové měření se sondami GBSL 91 a pro hloubková měření,
- kabel – měřicí kabel GMK38 (BNC na 2 x banánek) délka 900 mm.

Bez použití vodivé pasty by povrchy otvorů časem vysychaly a případná další měření by vykazovala nízké hodnoty. Zakoupením dostatečného množství sond pro všechny vzorky bylo umožněno, aby mohly zůstat zabudované v blocích po celou dobu měření. Proto byla pasta nanesena pouze na počátku experimentu a v průběhu již nebyla doplňována. Tímto byl negativní vliv vysychání u experimentu eliminován, spotřeba pasty byla minimální a byla zvýšena objektivnost měření.



Obr. 28 : Čidla – kartáčové elektrody (sondy) – Greisinger GBSL91

Měření bylo prováděno na zkušebních vzorcích z cihelného páleného zdiva, proto byl vybrán dle tabulky výrobce měřicího zařízení materiál s označením b.4 s rozsahem měření pro tento materiál 0,0 - 40,4 %. Měřicí přístroj byl nastaven na způsob měření vlhkosti „u %“ což je materiálová vlhkost [% hm]. Druhá možnost volby u přístroje je „% x“, což zobrazuje obsah vody. V disertační práci nebylo této druhé možnosti měření využito, využívá se především u hodnocení paliv (například dřevo).

6.6 Měření vlhkosti

Zkušební vzorky byly po vyzdění, aplikaci hydroizolací, vyvrtání měřicích otvorů pro sondy a zajištění přístupu migrující vztlínavé vlhkosti připraveny pro měření vlhkosti.

Vzorky byly obaleny vodonepropustnou fólií pro minimalizaci odparu vlhkosti do okolního prostředí z horních a bočních stran vzorků. Takto obalený vzorek lépe simuloval část zdi v průběhu měření. Pro potřeby fotografií byla tato fólie odstraněna, pro lepší názornost.

Výsledek měření závisí na správné volbě měřicí polohy sond a taktéž na zvolení správné hloubky měření viz kapitola 6.4.1. Po přípravě k měření bylo započato se samotným měřením.

Shrnutí nejdůležitějších podmínek pro objektivní výsledky:

- výběr správného měřicího místa,
- zvolení správné hloubky měření,
- zvolení správného typu materiálu na měřicím přístroji,
- provedení více měření.

V každém měřicím bodě byl prováděn odečet naměřeného údaje na displeji vyhodnocovací jednotky. Experiment probíhal v období let 2008 - 2011. Data z počátečních měření nejsou dále v porovnání použita. Jsou pouze informativní a do ustálení vlhkosti ve vzorku byl sledován jejich průběh a prováděny experimenty s nutností použít pastu či nikoli a zda nechat sondy pevně ve vzorcích nebo je pokaždé aplikovat znovu. Hodnoty z roku 2011 nebyly do vyhodnocování zahrnuty, jelikož již docházelo k postupnému vysychání vzorků. Pro matematické vyhodnocení a grafické znázornění naměřených hodnot byla použita data z období let 2009 a 2010, kdy byla vlhkost průběžně měřena. Bylo naměřeno přibližně 100 hodnot v jednotlivých měřicích bodech u všech vzorků. Naměřené hodnoty hmotnostní vlhkosti u jednotlivých vzorků jsou uvedeny v příloze.

6.7 Zhodnocení vlhkosti vzduchu prostředí laboratoře

Hmotnostní vlhkost zdících materiálů je ovlivňována taktéž relativní vlhkostí vzduchu v prostoru, kde se nachází. V laboratořích proběhlo dlouhodobé měření vlhkosti vzduchu pomocí vlasového vlhkoměru. Měření neprobíhala kontinuálně, ale pouze pro běžnou kontrolu jednou za měsíc. Naměřené hodnoty byly v rozmezí 60 – 75 %, dle klasifikace vlhkosti vzduchu vnitřního prostředí uvedené v ČSN P 73 0610 [5] byly v kategorii prostředí vlhkém. Laboratorní místnost měla průměrnou teplotu 19°C a byly zde volné vodní hladiny s možností odparu, proto je předpoklad vyšší vzdušné vlhkosti. Jelikož všechny vzorky byly ve stejném prostředí, vystaveny stejnému okolnímu prostředí, nebyla tato okrajová podmínka do výpočtů uvažována.

6.8 Experimentální měření v laboratoři

Zhotovené zkušební vzorky musely nejdříve vyschnout od vnesené vlhkosti při stavbě vzorků. Tomuto procesu byly věnovány pět měsíců po dokončení vyzdění vzorků. Vzhledem k průměrné teplotě 19°C v prostorách laboratoře tento proces netrval dlouho. Nebylo nutné, k prvotním experimentům s měřením a následným opětovným zavlhčením vzorků, vzorky nechat zcela vyschnout. Dále byla ke vzorkům do van postupně doplňována voda. Ze začátku experimentů byl úbytek vody ve vanách výraznější než v dalších fázích experimentu - po zamokření a nasáknutí vzorků. Proto bylo v první části nutno kontrolovat a udržovat hladinu vody ve vanách častěji, kontrola probíhala dvakrát týdně. Postupně se vzorky zavlhčily až téměř do ustáleného stavu. V této přípravné fázi experimentu také probíhala měření vlhkosti a byly provedeny experimenty s měřicí pastou viz předchozí kapitola 6.5. Naměřené hodnoty nejsou zahrnuty do hodnocení právě z důvodu experimentů s měřením.

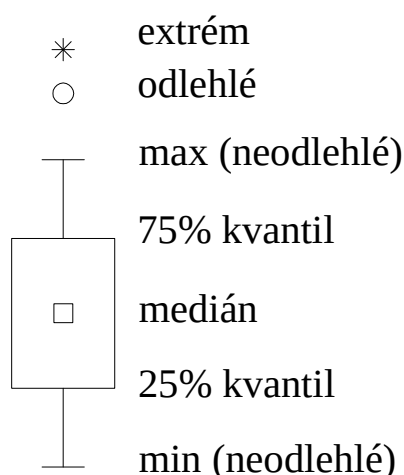
6.9 Matematická analýza vlhkosti jednotlivých bloků

Naměřená data byla zpracována statistickou metodou z hlediska použitých hydroizolací, jednotlivých měřících bodů a z časového hlediska. Na základě zjištěných poznatků bylo provedeno porovnání účinnosti jednotlivých hydroizolačních materiálů mezi sebou a s referenčními bloky.

Pro vyhodnocení naměřených dat byl použit program Statistica 10 s licenci pro Vysoké učení technické v Brně – Fakulta stavební. U jednotlivých experimentů byly vyhodnoceny následující základní charakteristiky naměřených dat :

- průměr,
- medián,
- minimální hodnota,
- maximální hodnota,
- horní a dolní kvantil,
- rozptyl,
- směrodatná odchylka.

Využitým výstupem tohoto programu byly krabicové grafy. Z grafů lze zřetelně vyčíst medián, horní a dolní kvantil (75 % a 25 %), rozsah neodlehklých hodnot, odlehlé hodnoty a možné extrémy.



Obr. 29 : Hodnoty krabicového grafu

Dalším využitým výstupem programu Statistica byly spojnicové grafy. Tyto grafy byly využity k zobrazení průběhu naměřených dat v závislosti na čase.

Tab. 4 : Přehled matematických charakteristik jednotlivých vzorků

blok- poloha bodu	průměr	medián	min.	max.	dolní kvantil	horní kvantil	rozptyl	směr. odch.
V1 - 1	36,924	38,450	30,700	40,300	34,350	39,800	9,333	3,055
V1 - 2	4,404	3,900	0,200	14,400	1,600	5,900	12,649	3,557
V1 - 3	2,092	1,700	0,400	5,000	1,000	3,200	1,723	1,313
V2 - 1	37,262	37,800	28,500	40,000	35,600	39,800	7,683	2,772
V2 - 2	1,435	1,600	0,000	2,600	0,800	2,000	0,572	0,757
V2 - 3	1,321	1,100	0,300	2,300	1,000	1,800	0,356	0,596
V3 - 1	37,227	37,500	28,100	40,000	36,500	39,000	5,547	2,355
V3 - 2	2,470	2,200	0,500	5,000	1,100	3,800	2,244	1,498
V3 - 3	2,055	1,700	0,200	4,500	1,000	3,100	1,720	1,311
V4 - 1	37,448	38,000	31,700	40,000	36,000	39,800	6,945	2,635
V4 - 2	2,374	2,300	1,000	3,800	1,900	2,900	0,568	0,753
V4 - 3	1,719	1,500	0,700	3,200	1,100	2,500	0,644	0,803
V5 - 1	32,203	32,500	25,600	40,000	29,200	34,600	13,560	3,682
V5 - 2	26,178	27,900	13,200	32,300	23,800	29,000	16,690	4,085
V5 - 3	16,973	18,100	8,700	29,200	14,300	19,900	22,734	4,768
V6	2,438	2,400	0,200	5,800	0,800	3,600	3,132	1,770

Tabulka Tab. 4 obsahuje shrnutí všech využitých dat z programu Statistica.

Vysvětlivka k popisu:

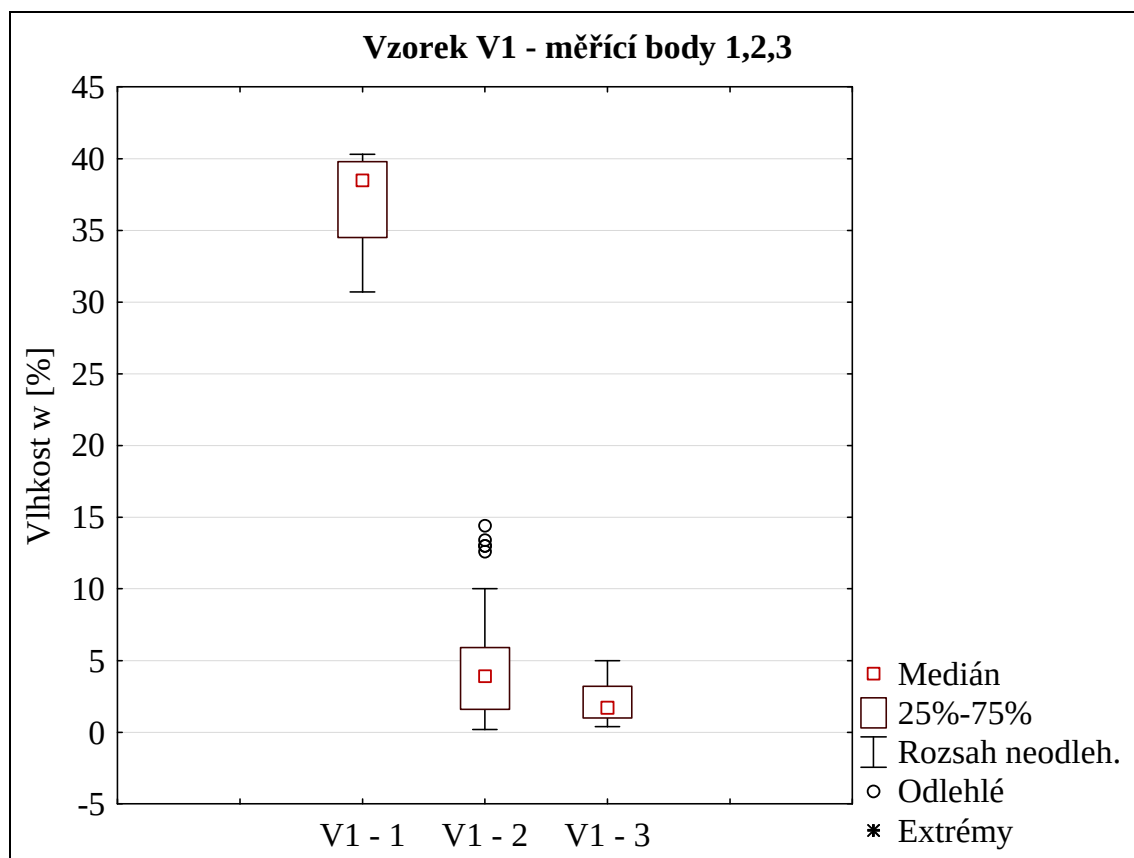
Například označení V1 – 1 = vzorek č.1 – měřící bod 1.

6.9.1 Vzorek V1 – zkušební blok s nerezovými plechy

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty vlhkostí u bloku č.1, v měřících bodech 1,2 a 3 a jejich zařazení dle ČSN P 73 0610 [5].

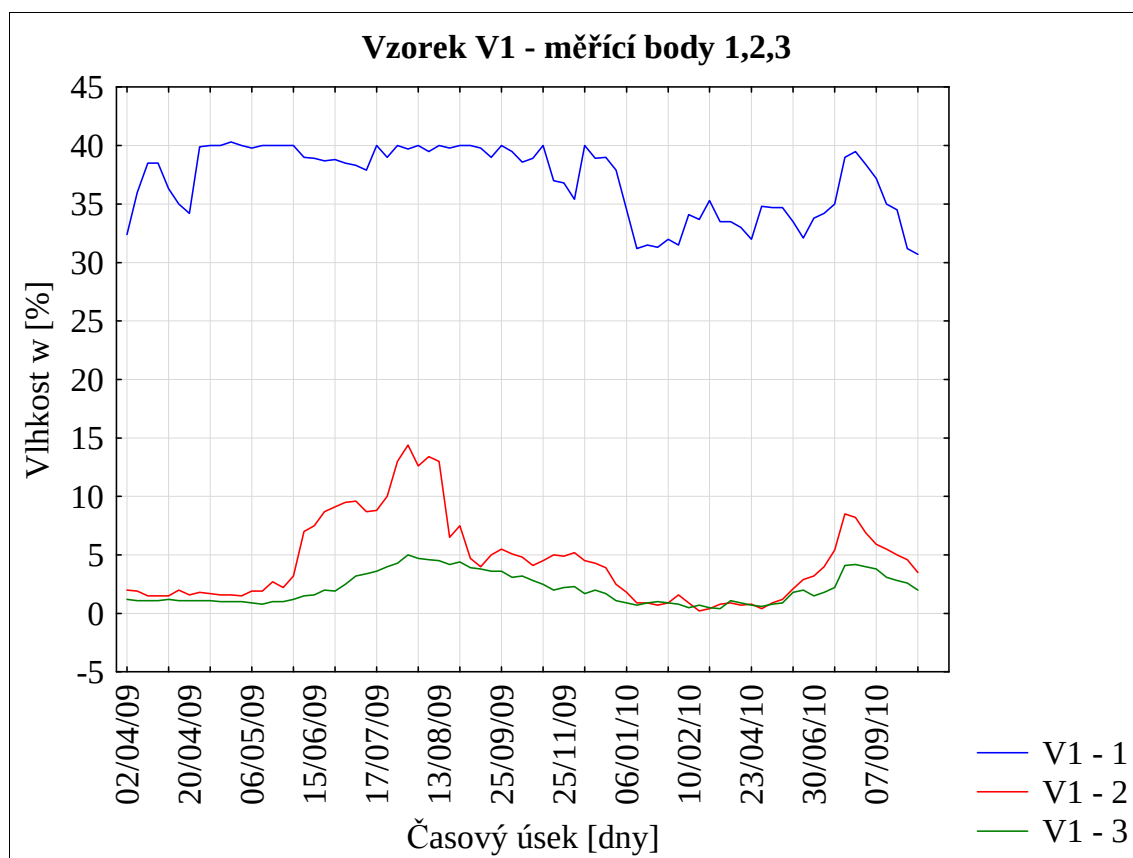
Tab. 5 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V1 dle ČSN P 73 0610 [5]

měřící bod	1	2	3
průměrná hodnota w (%)	36,924	4,404	2,092
vyhodnocení	velmi vysoká vlhkost - zamokření	nízká vlhkost	velmi nízká vlhkost



Obr. 30 : Krabicový graf vzorku V1

Z grafu je zřejmé, že u vzorku V1 v měřícím bodě 1 je medián vlhkosti roven $w = 38,45$ %, v bodě 2 $w = 3,9$ % a v bodě 3 $w = 1,7$ %. Odlehlé hodnoty jsou pouze u V1 - 2, extrémy se u tohoto vzorku nevyskytují. Rozptyl u V1 - 1 má hodnotu 9,33 u V1 - 2 je roven 12,65 a u V1 - 3 je pouze 1,72.



Obr. 31 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V1

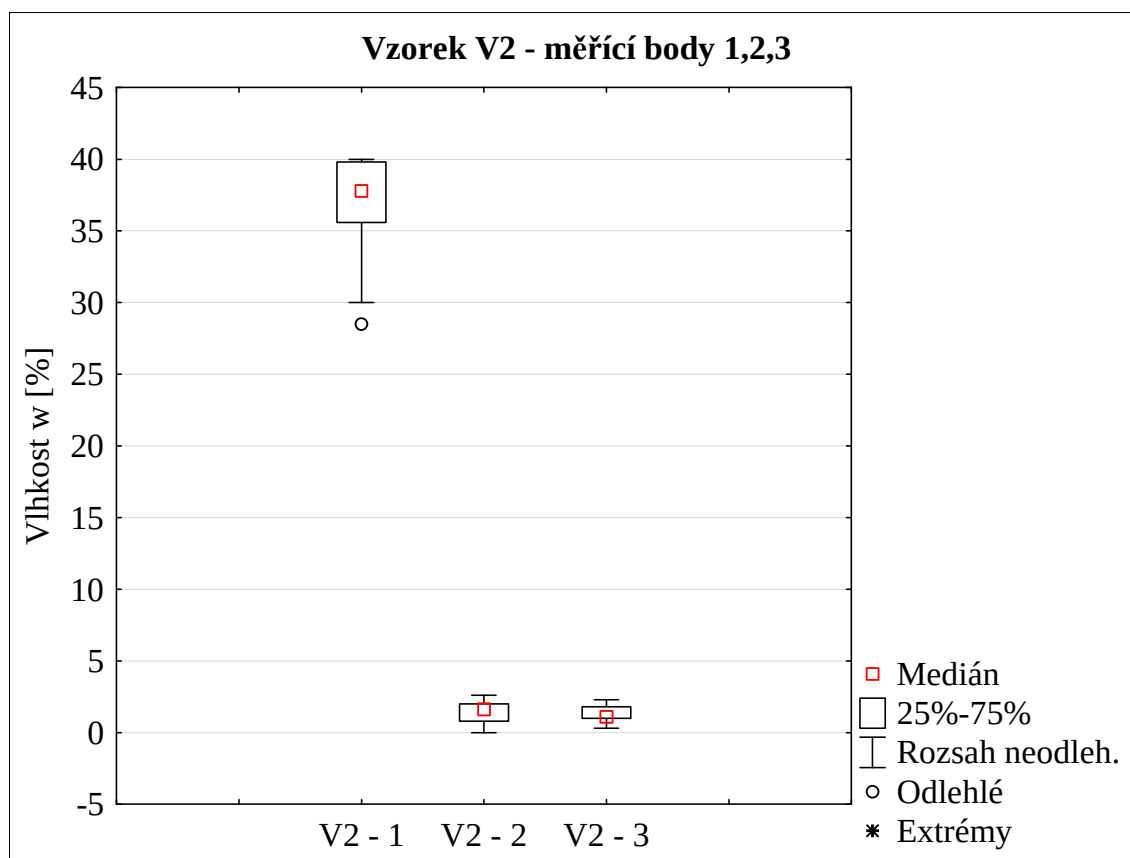
U spojnicového grafu lze sledovat průběh hodnot naměřených vlhkostí w u vzorku V1 v jednotlivých měřících bodech. V období 04/2009 až 10/2009 je průběh hodnot u V1 – 1 celkem rovnoměrný, na počátku měření a v roce 2010 je vidět kolísání hodnot vlhkosti w. U V1 - 2 a V1 - 3 má průběh naměřených hodnot vlhkosti w dva výkyvy, a to v období letních měsíců. U V1 – 2 (nad hydroizolací) je výkyv hodnot vlhkosti w výraznější než u V1 – 3.

6.9.2 Vzorek V2 – zkušební blok s fólií

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty vlhkostí u bloku č.2, v měřících bodech 1,2 a 3 a jejich zařazení dle ČSN P 73 0610 [5].

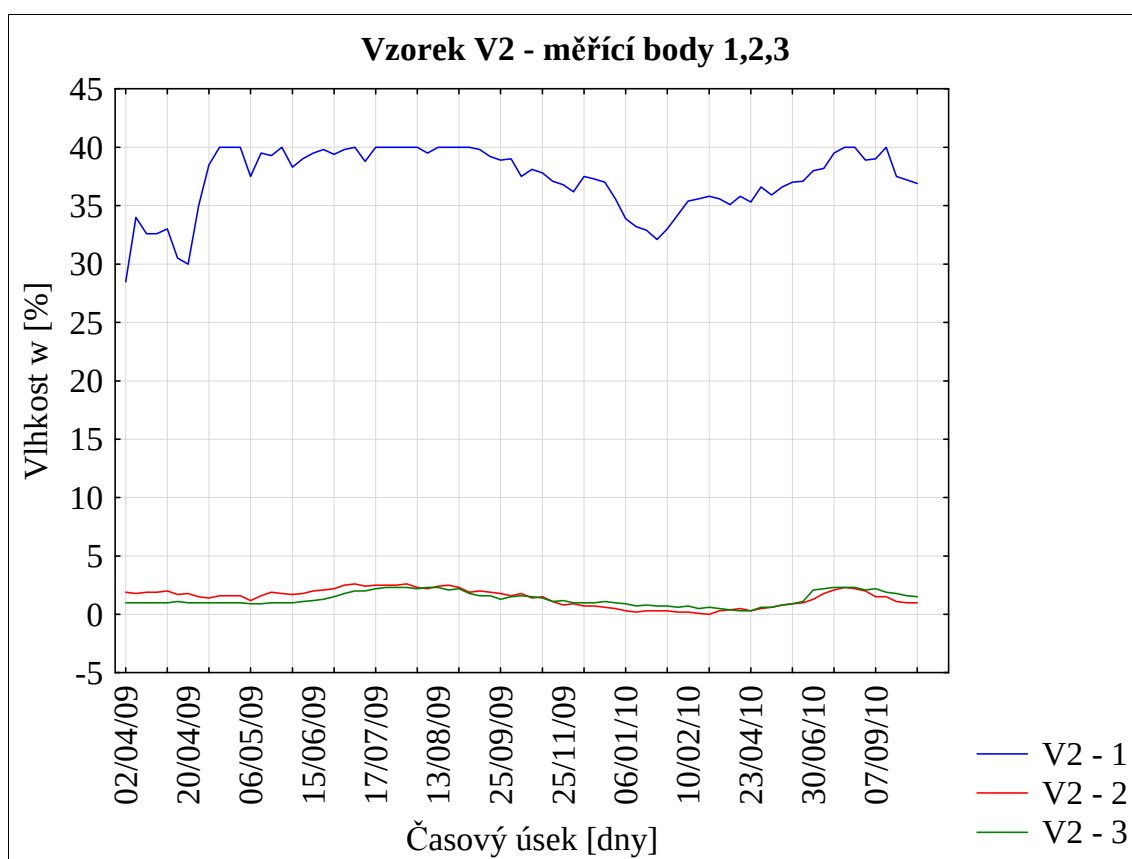
Tab. 6 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V2 dle ČSN P 73 0610 [5]

měřící bod	1	2	3
průměrná hodnota w (%)	37,262	1,435	1,321
vyhodnocení	velmi vysoká vlhkost - zamokření	velmi nízká vlhkost	velmi nízká vlhkost



Obr. 32 : Krabicový graf vzorku V2

Z grafu je zřejmé, že u vzorku V2 v bodě 1 je medián roven $w = 37,8$ %, v bodě 2 $w = 1,6$ % a v bodě 3 $w = 1,1$ %. Odlehlé hodnoty jsou pouze u V2 - 1, extrémy se u tohoto vzorku nevyskytují. Rozptyl u V2 - 1 je 7,68, u V2 - 3 pouze 0,35 a u V2 - 2 je hodnota rozptylu rovna 0,57.



Obr. 33 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V2

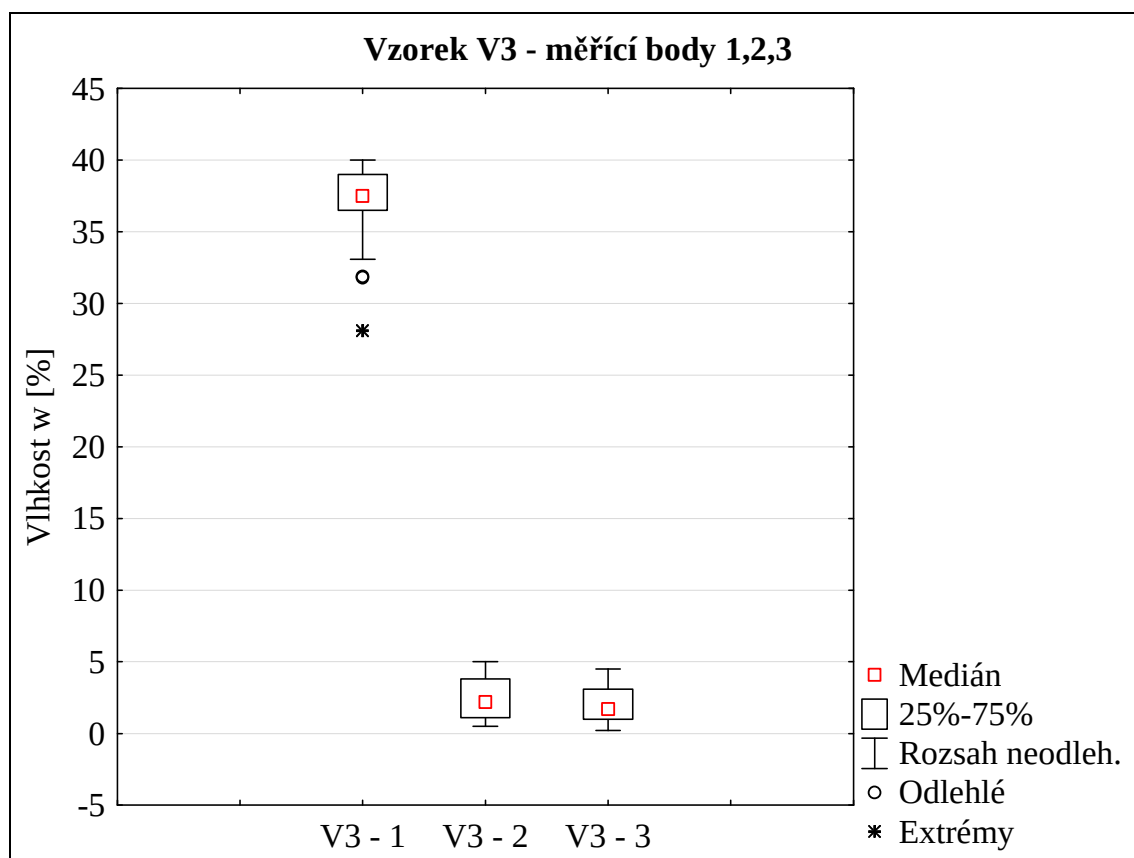
U spojnicového grafu lze sledovat průběh hodnot naměřených vlhkostí w u vzorku V2 v jednotlivých měřících bodech. U V2 - 2 a V2 - 3 je průběh naměřených hodnot vlhkosti w skoro totožný a rovnoměrný, bez výkyvů v měřících bodech nad hydroizolací. U V2 - 1 je průběh hodnot proměnlivý, průběh je podobný jako u V1 - 1, z počátku měření a v průběhu roku 2010 je zřetelné kolísání hodnot vlhkosti w , v období 05/2009 – 10/2009 je průběh vlhkosti celkem rovnoměrný.

6.9.3 Vzorek V3 – zkušební blok s asfaltovými pásy

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty vlhkostí u bloku č.3, v měřících bodech 1,2 a 3 a jejich zařazení dle ČSN P 73 0610 [5].

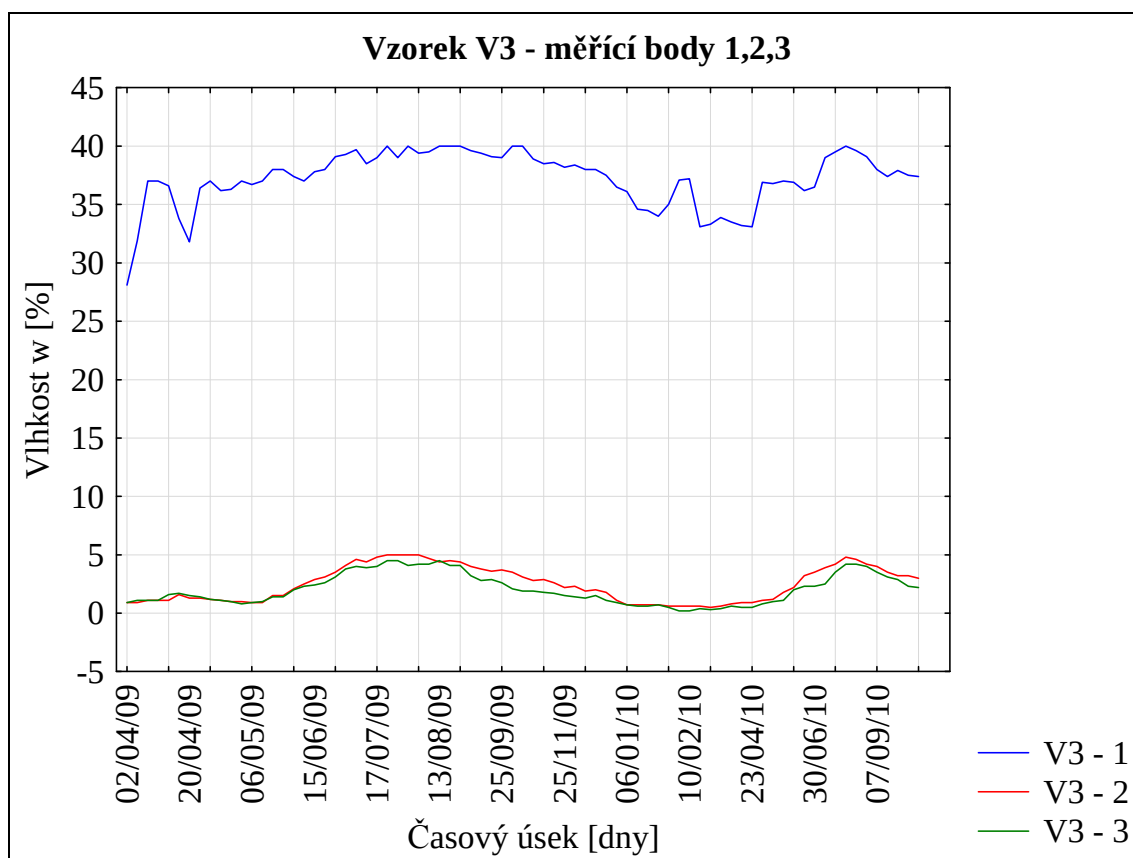
Tab. 7 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V3 dle ČSN P 73 0610 [5]

měřící bod	1	2	3
průměrná hodnota w (%)	37,227	2,470	2,055
vyhodnocení	velmi vysoká vlhkost - zamokření	velmi nízká vlhkost	velmi nízká vlhkost



Obr. 34 : Krabicový graf vzorku V3

Z grafu je zřejmé, že u vzorku V3 je v měřícím bodě 1 medián roven $w = 37,5$ %, v bodě 2 $w = 2,2$ % a v bodě 3 $w = 1,7$ %. Odlehlá hodnota a extrémní hodnota je pouze u V3 – 1. Rozptyl u V3 – 1 je roven 5,55 u V3 – 2 2,24 a u vzorku V3 – 3 1,72.

Obr. 35 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V3

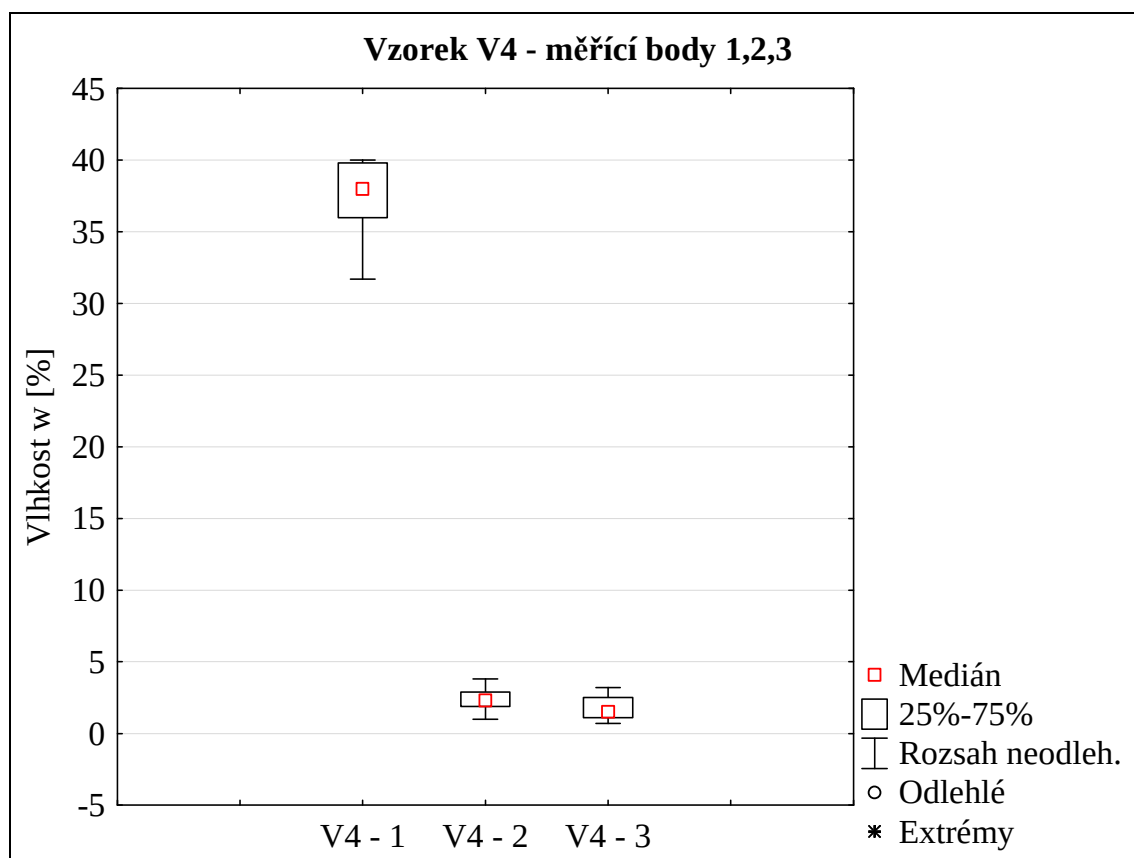
U spojnicového grafu lze sledovat průběh hodnot naměřených vlhkostí w u vzorku V3 v jednotlivých měřících bodech. U V3 - 2 a V3 - 3, podobně jako u vzorku V2, je průběh naměřených hodnot skoro totožný a rovnoměrný bez výkyvů vlhkostí w v jednotlivých měřících bodech nad hydroizolací. Hodnoty vlhkosti w v bodech 2 a 3 se v několika časových úsecích rovnají, převážně je však hodnota vlhkosti v měřícím bodě 3 nižší než v bodě 2. U V3 - 1 je průběh hodnot podobný, jako u předchozích vzorků V2 a V1 v měřícím bodě 1. Z počátku měření a v průběhu roku 2010 je zřetelné kolísání hodnot vlhkosti w , v období 04/2009 – 11/2009 je průběh vlhkosti celkem rovnoměrný.

6.9.4 Vzorek V4 – zkušební blok s asfaltovým pásem vcelku

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty vlhkostí u bloku č.4, v měřících bodech 1,2 a 3 a jejich zařazení dle ČSN P 73 0610 [5].

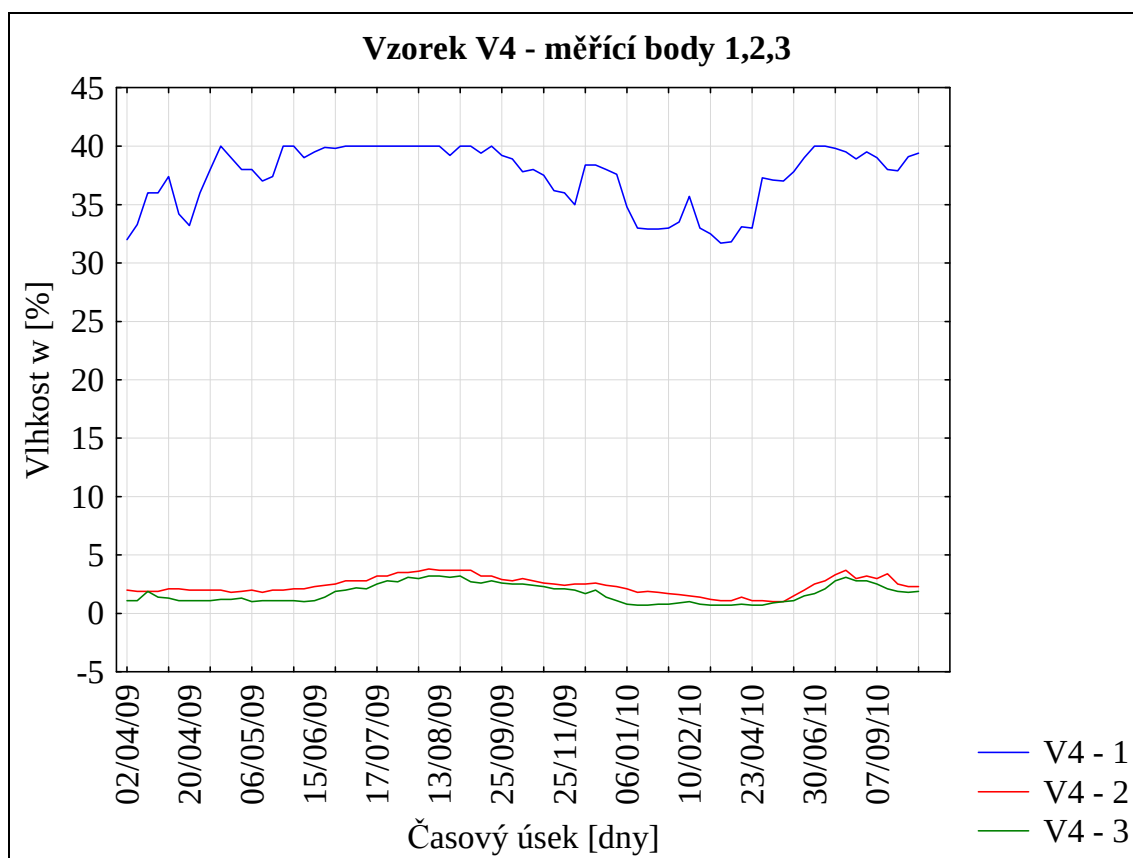
Tab. 8 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V4 dle ČSN P 73 0610 [5]

měřící bod	1	2	3
průměrná hodnota w (%)	37,448	2,374	1,719
vyhodnocení	velmi vysoká vlhkost - zamokření	velmi nízká vlhkost	velmi nízká vlhkost



Obr. 36 : Krabicový graf vzorku V4

Z grafu je zřejmé, že u vzorku V4 v bodě 1 je medián roven $w = 38,0$ %, v bodě 2 $w = 2,3$ % a v bodě 3 $w = 1,5$ %. Odlehlé hodnoty a extrémy se u tohoto vzorku nevyskytují. Rozptyly jsou u V4 - 2 a V4 - 3 malé, jejich hodnoty jsou 0,57 a 0,64. Rozptyl u V4 - 1 je roven 6,95.



Obr. 37 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V4

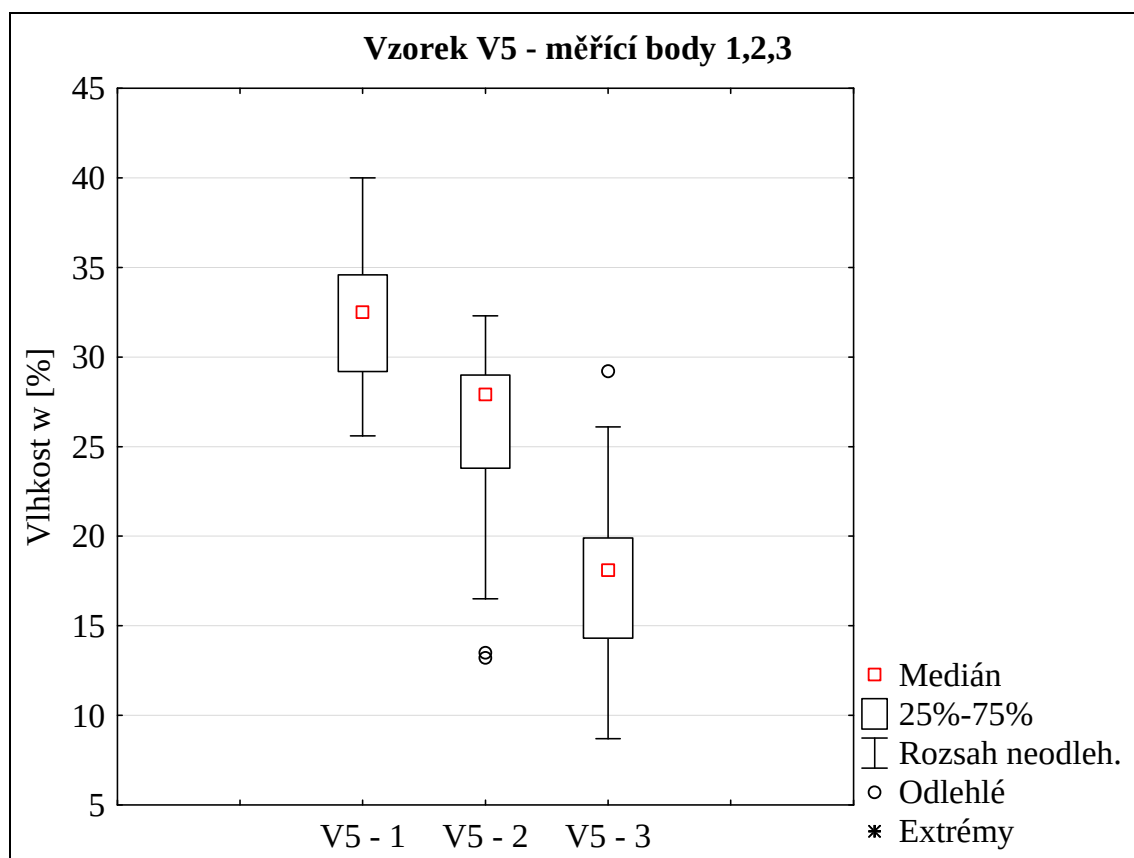
U spojnicového grafu lze sledovat průběh hodnot naměřených vlhkostí w u vzorku V4 v jednotlivých měřících bodech, nad i pod provedenou hydroizolací. U V4 - 1 je průběh hodnot w v průběhu celé doby experimentu kolísavý, zpočátku a v období 2 – 4/2010 jsou vidět poklesy hodnot, naopak ke konci experimentu je vidět vzrůstající tendenci vlhkosti. U V4 - 2 a V4 - 3 je průběh hodnot w hodně rovnoměrný, podobně jako u vzorků V2 a V3. Vlhkost w u vzorku V4 v bodě 3 je v celém svém průběhu vždy nižší než hodnoty v bodě 2.

6.9.5 Vzorek V5 – referenční blok č.1

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty vlhkostí u bloku č.5, v měřících bodech 1,2 a 3 a jejich zařazení dle ČSN P 73 0610 [5].

Tab. 9 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V5 dle ČSN P 73 0610 [5]

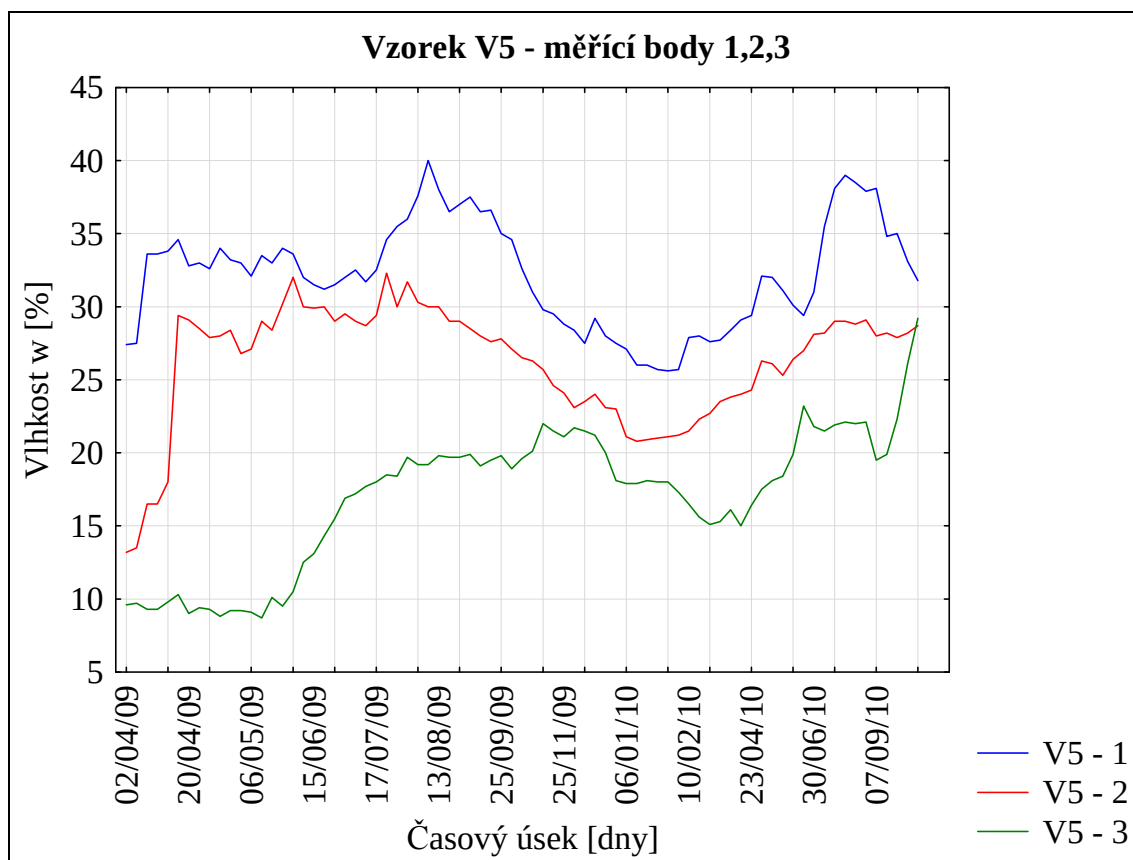
měřící bod	1	2	3
průměrná hodnota w (%)	32,203	26,178	16,973
vyhodnocení	velmi vysoká vlhkost - zamokření	velmi vysoká vlhkost - zamokření	velmi vysoká vlhkost - zamokření



Obr. 38 : Krabicový graf vzorku V5

Z grafu je zřejmé, že u vzorku V5 v bodě 1 je medián roven $w = 32,5 \%$, v bodě 2 $w = 27,9 \%$ a v bodě 3 $w = 18,1 \%$. Odlehlé hodnoty jsou u V5 - 2, a V5-3, extrémy se u tohoto vzorku nevyskytují. Rozptyly jsou u tohoto bloku

naopak velké u V5 - 1 má hodnotu 13,56, u V5 - 2 má hodnotu 16,69 a u V5 - 3 je rozptýl 22,73.



Obr. 39 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V5

U spojnicového grafu lze sledovat průběh hodnot naměřených vlhkostí w u vzorku V5 v jednotlivých měřících bodech. Ve všech měřících bodech průběh hodnot vlhkostí w značně kolísá. Opět se projevují vyšší naměřené hodnoty v průběhu letních měsíců tak jako u ostatních vzorků.

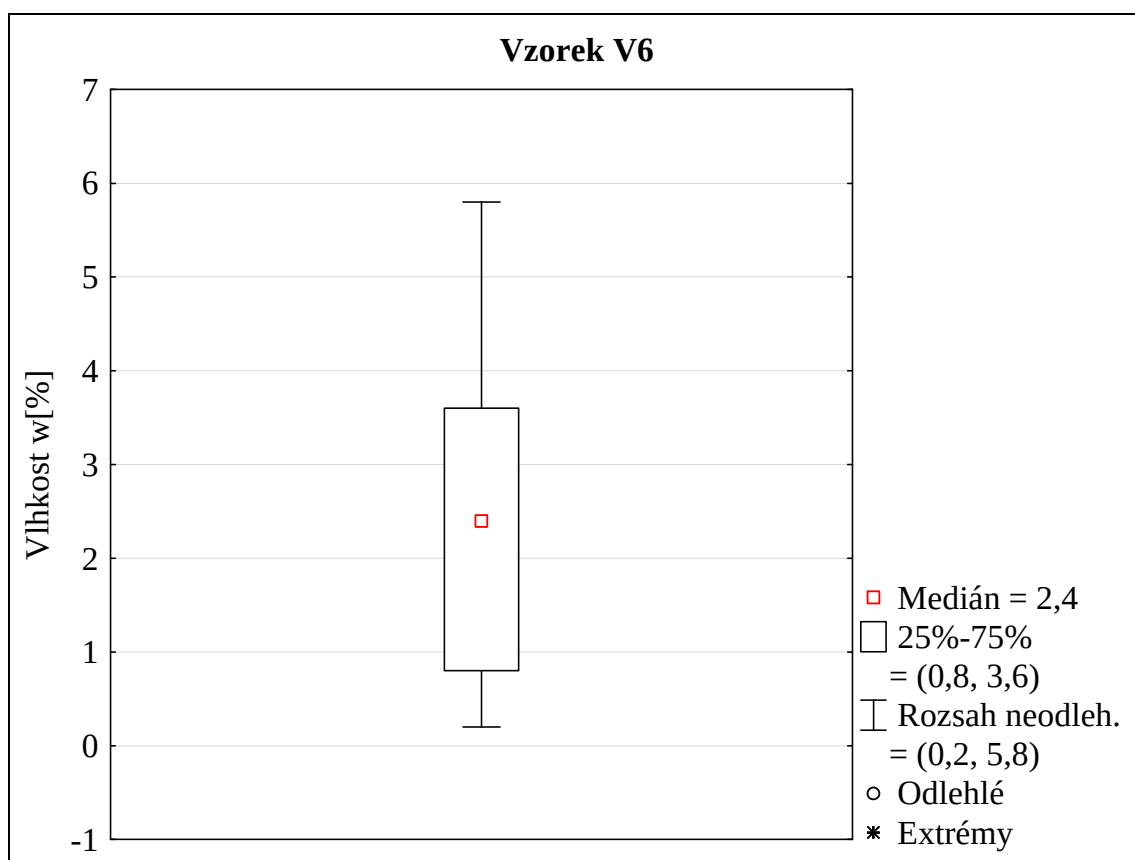
6.9.6 Vzorek V6 – referenční blok č.2

V následující tabulce je uvedena průměrná hodnota vlhkosti u bloku č.6 a její zařazení dle ČSN P 73 0610 [5]. Měřicí bod byl u tohoto vzorku pouze jeden. Výškově bod 2 odpovídal umístění měřicím bodům 2 u ostatních vzorků.

Tab. 10 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V6 dle ČSN P 73 0610 [5]

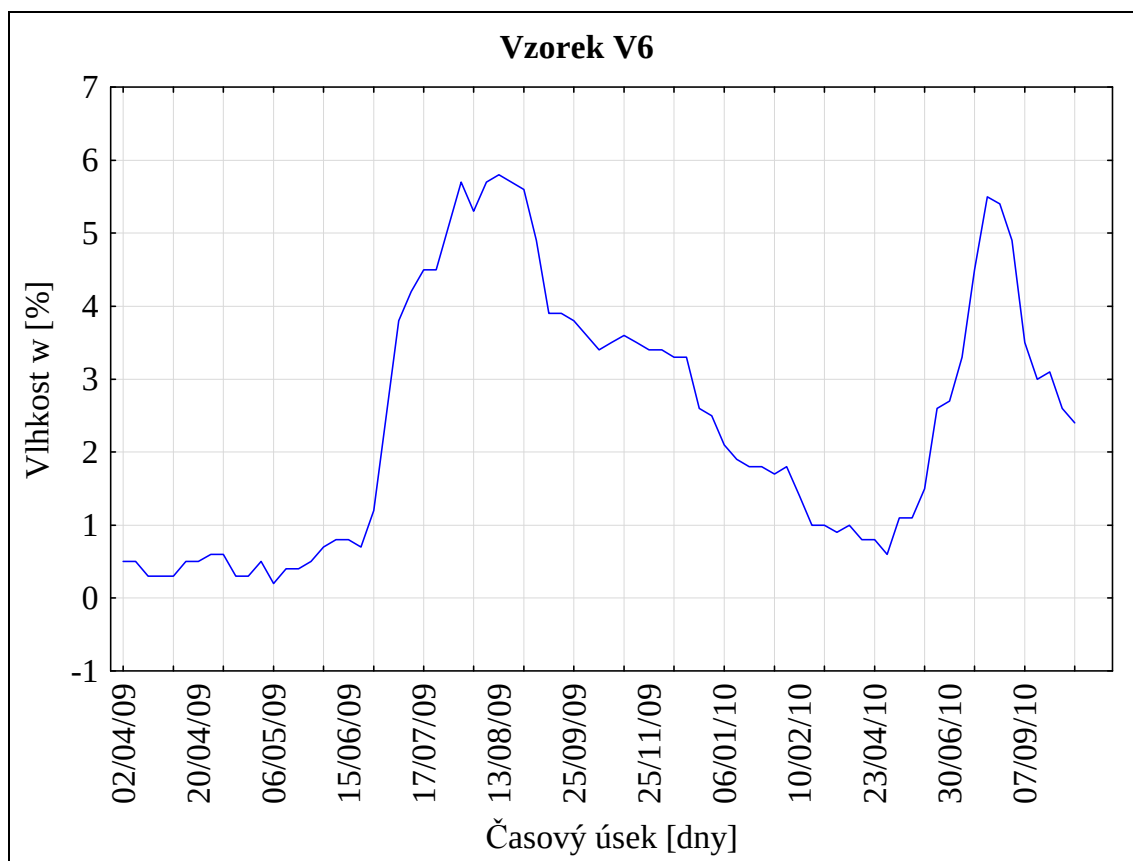
měřicí bod	2
průměrná hodnota w (%)	2,438
vyhodnocení	velmi nízká vlhkost

Vzhledem k běžné vlhkosti stavebních hmot v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu, která je pro cihly při průměrné vlhkosti 70 % rovna 1,7 % hm., je průměrná naměřená hodnota vyšší pouze o 0,74 % hm.



Obr. 40 : Krabicový graf vzorku V6

U vzorku V6 je medián roven $w = 2,4 \%$. Odlehlé hodnoty a extrémy u tohoto vzorku nejsou. Rozsah neodlehlých hodnot je v rozmezí $0,2 - 5,8$. Rozptyl je roven $3,13$.



Obr. 41 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V6

U spojnícového grafu lze sledovat průběh hodnot naměřených vlhkostí w u vzorku V6. Průběh hodnot kolísá pouze v závislosti na okolních podmínkách, není zde žádný zdroj migrující vztlínové vlhkosti. Je zde patrný velký vliv přijímané vzdušné vlhkosti a její výdej, jak se během trvání experimentu opakuje v závislosti na ročním období.

6.9.7 Porovnání hodnot vlhkostí v bodě 2 u vzorků V1 - V5

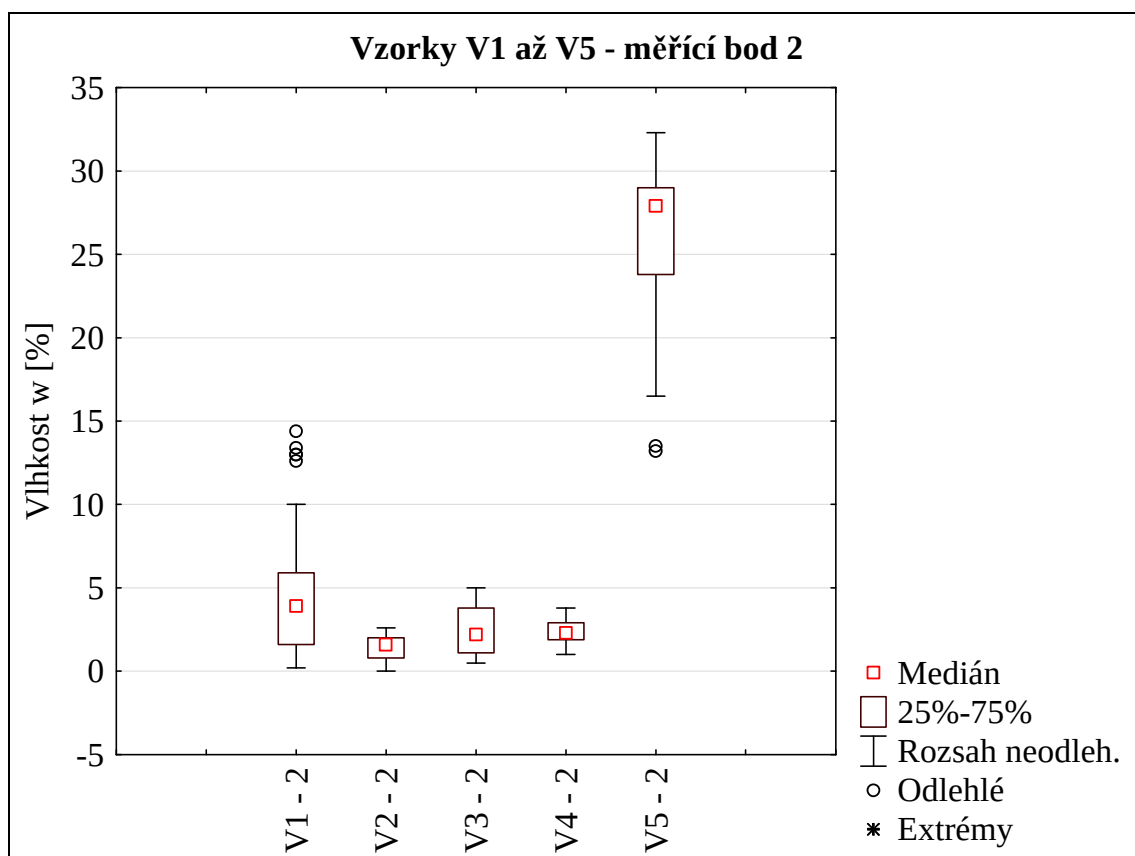
V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty naměřených vlhkostí w v měřicí bodě 2 – nad hydroizolací u jednotlivých vzorků V1 až V5.

V měřicí bodě 2 se nejvíce projeví průnik vztlínající vlhkosti a difuze vodní páry, které prostupují hydroizolacemi a jejich spoji. Proto pro porovnání průměrných hodnot vlhkosti w byl zvolen tento měřicí bod.

Tab. 11 : Průměrné hodnoty vlhkostí w u vzorků V1 – V5 v měřicím bodě 2

vzorek	V1	V2	V3	V4	V5
průměrná hodnota vlhkosti w [% hm.]	4,404	1,435	2,470	2,374	26,178

Z výsledků uvedených z tabulce Tab. 11 lze vyhodnotit vzorek V2, s použitou fóliovou hydroizolační clonou se spojem přeložením 50 mm, jako nejlépe izolující, u tohoto vzorku je nejmenší průměrná vlhkost w . Naopak u vzorku V1 je průměrná vlhkost w nejvyšší ze vzorků s provedenou hydroizolací, tj. hydroizolace z nerezových plechů spojované pomocí zámku je nejméně spolehlivá v porovnání s ostatními hydroizolacemi a jejich spoji. Referenční vzorek V5 nemá aplikovanou žádnou hydroizolační clonu, proto je průměrná naměřená vlhkost w velmi vysoká. Je patrný veliký rozdíl mezi tímto vzorkem a ostatními vzorky s provedenou hydroizolací.

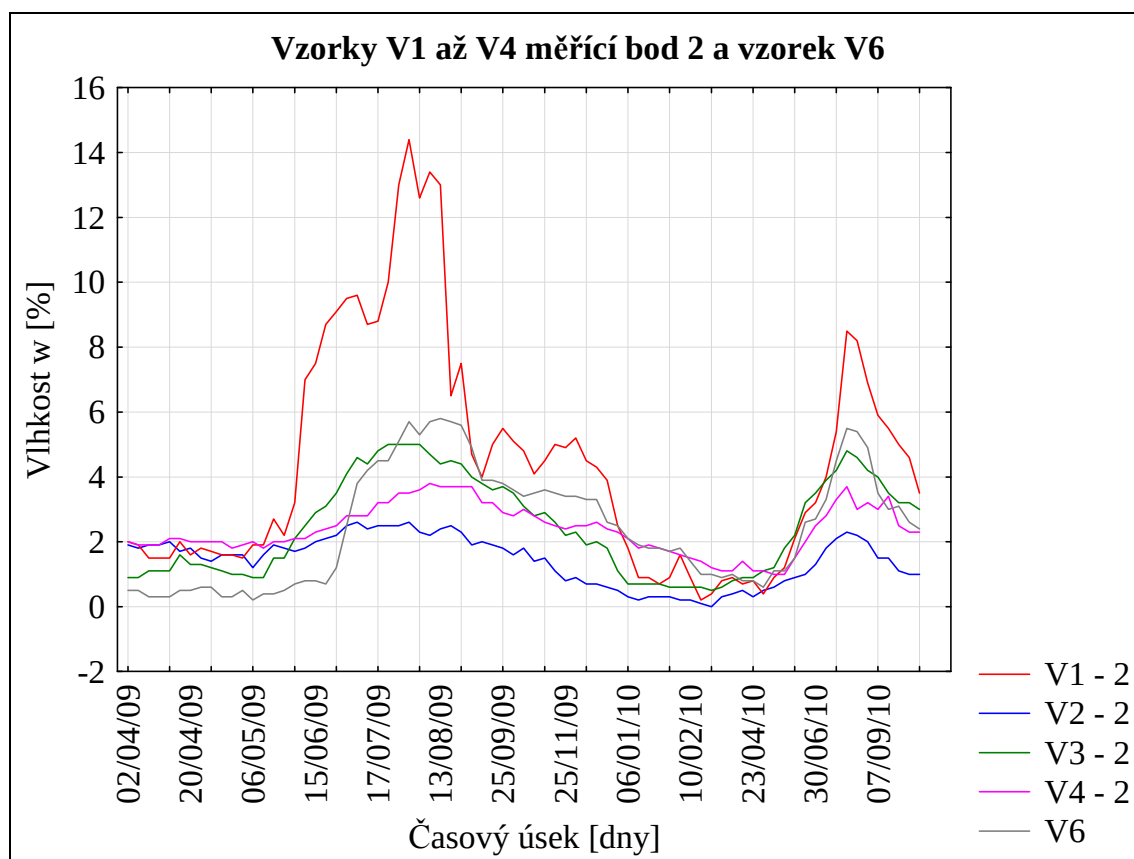


Obr. 42 : Krabicový graf hodnot vlhkostí w [%] u vzorků V1 až V5 v měřícím bodě 2

V krabicovém grafu jsou porovnány naměřené hodnoty u vzorků V1 až V5 v měřícím bodě 2. Nejlépe izolující hydroizolace je z tohoto hlediska opět fóliová hydroizolace aplikovaná u vzorku V2 a dále asfaltová hydroizolace průběžná - vzorek V4 a asfaltová hydroizolace se spojem - vzorek V3. Vzorek V2 v měřícím bodě 2, který má nejmenší průměr naměřených hodnot vlhkosti w , má společně se vzorkem V4 v měřícím bodě 2 nejmenší rozptyl hodnot. Tento nejmenší rozptyl hodnot má kladný vliv na zdivo z hlediska minimálních výkyvů hodnot vlhkostí, tím ho nezatěžuje namáhajícími cykly.

6.9.8 Porovnání hodnot vlhkostí u vzorků V1 - V4 v měřícím bodě 2 s referenčním blokem V6

V grafu níže (Obr. 43) jsou porovnány naměřené hodnoty vlhkostí w u vzorků V1, V2, V3 a V4 v měřícím bodě 2 a u referenčního bloku V6.

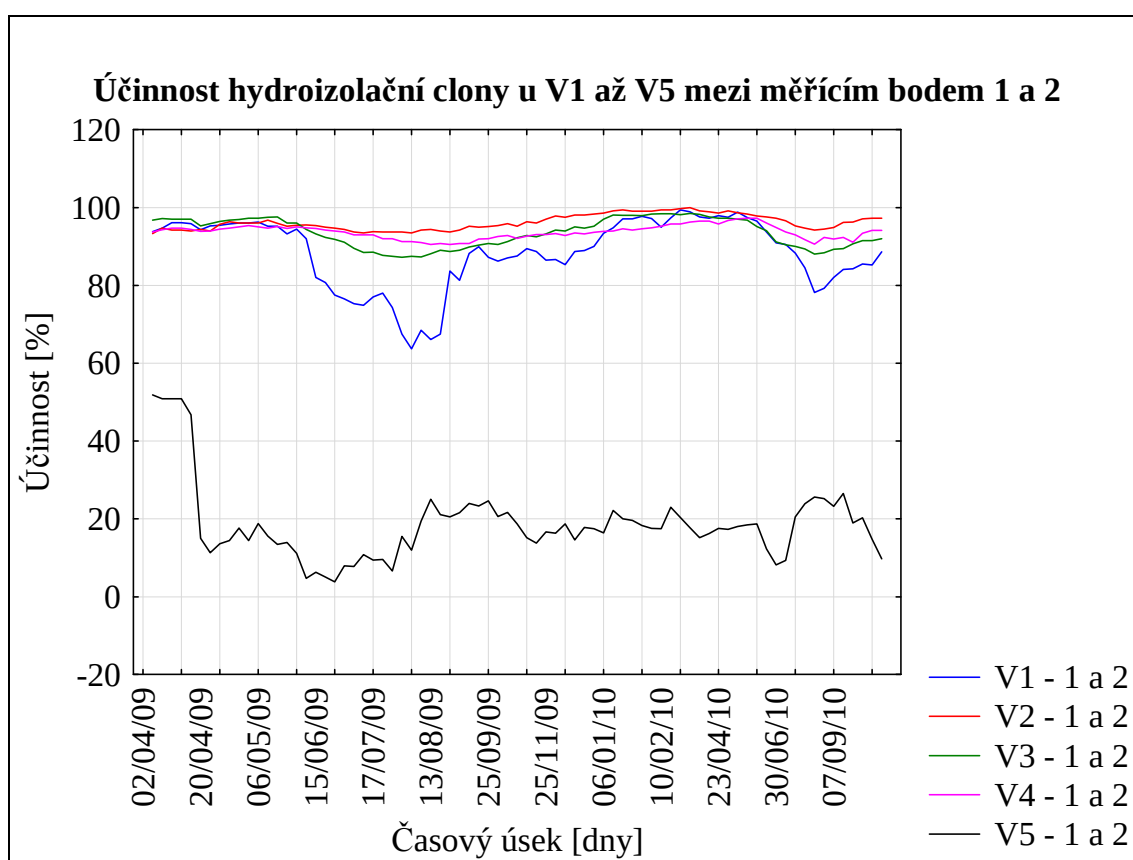


Obr. 43 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w u bloků V1-V4 v bodě 2 a V6

Průběh naměřených hodnot vlhkosti w u vzorků V2, V3, V4 a V6 je téměř totožný. U vzorku V1 jsou v letních měsících patrné dva výkyvy hodnot vlhkostí. U vzorku V1 má pravděpodobně velký vliv difúze vodní páry pronikající přes spoj provedené hydroizolace v tomto období. Hodnoty referenčního vzorku V6 jsou závislé pouze na okolním prostředí, především na vlivu vzdušné vlhkosti.

6.9.9 Účinnost hydroizolačních clon u vzorků V1 - V5 mezi měřicími body 1 a 2

Hodnoty pro porovnání účinnosti jednotlivých hydroizolací a jejich spojů byly vypočteny jako rozdíl mezi naměřenými hodnotami vlhkosti v měřicím bodě 1 a 2 u jednotlivých vzorků. Účinnost hydroizolačních clon jednotlivých bloků byla vypočtena z těchto rozdílů, tj. jakému procentu vlhkosti se zabránilo proniknout z měřicího bodu 1 (pod hydroizolací) do měřicího bodu 2 (nad hydroizolací) skrz hydroizolaci a její spoj. Hodnoty pro toto porovnání jsou uvedeny v příloze.

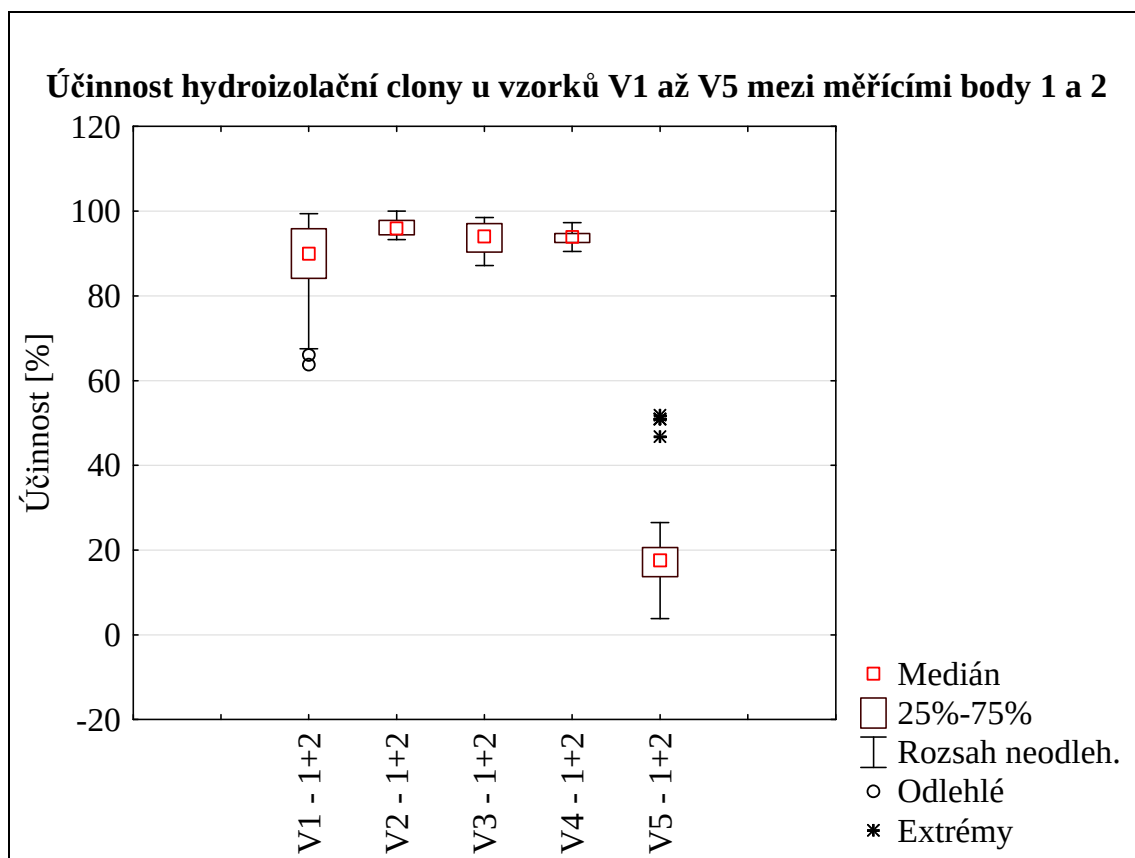


Obr. 44 : Účinnost hydroizolační clony u jednotlivých bloků

Tab. 12 : Průměrné hodnoty účinnosti jednotlivých hydroizolací

průměrná účinnost hydroizolace [%]					
vzorek	V1	V2	V3	V4	V5
účinnost [%]	88,413	97,299	96,797	94,162	51,825

Nejmenší průměrná účinnost hydroizolace a jejího spoje je u vzorku V1 a to 88,41 %, naopak 97,30 % u vzorku V2 je nejvyšší dosažená účinnost. U vzorku V5 nebyla aplikována hydroizolace žádná, proto je u tohoto vzorku pouze poloviční „účinnost“. Naměřená vlhkost přirozeně klesala s narůstající vzdáleností od vodní hladiny.



Obr. 45 : Krabicový graf účinnosti HI vzorků V1 až V5 mezi měřícími body 1 a 2

Z hodnot zobrazených v grafech (Obr. 44, Obr. 45) lze vyhodnotit jako nejlépe účinný vzorek V2, kde byla použita jako hydroizolační clona fólie se spojem přeložením 50 mm. Naopak u vzorku V1, kde byla použita jako hydroizolační clona nerezové plechy se zámkovým spojem, byla propustnost vlhkosti největší a tím nejmenší účinnost. U vzorku V5 byly naměřeny extrémy, které lze s největší pravděpodobností přisoudit vlivu okolních podmínek.

U vzorků V3 a V4 je nepatrný rozdíl mezi mediánem, u vzorku V3 je medián roven 2,2 a u vzorku V4 je roven 2,3. U těchto vzorků byla použita stejná hydroizolace (asfaltový pás). Rozdíl byl pouze v tom, že vzorek V3 měl proveden spoj přeložením 100 mm a u vzorku V4 nebyl spoj proveden (hydroizolace je průběžná). Při vyhodnocení byl zjištěn rozdíl mezi rozptylem. U vzorku V3 má rozptyl hodnotu 2,24 a u vzorku V4 je roven 0,57. Horní a

dolní kvantil je u těchto vzorků také rozdílný. U vzorku V3 je dolní kvantil roven 1,1 a horní kvantil 3,8, u vzorku V4 je dolní kvantil 1,9 a horní kvantil 2,9. Průměrné hodnoty vlhkostí jsou si u vzorku V3 a V4 rovny, výrazný rozdíl je pouze mezi rozptyly těchto vzorků. U reálného objektu bude v místě přeložení hydroizolace z asfaltového pásu v určitých časových intervalech zvýšená vlhkost, toto lokální zhoršení vlhkostního stavu zdiva má dočasný charakter, jelikož se vlhkost vlivem okolního zdiva poměrově srovná s místem, kde je hydroizolace bez přerušení.

6.9.10 Prověření spolehlivosti měřící techniky

V ČSN P 73 0610 [5] je uvedeno, že při použití nedestruktivních měřících metod, kam zvolená odporová metoda spadá, je třeba získané výsledky porovnat s obsahem vlhkosti zjištěné hmotnostní analýzou z odebraných kontrolních vzorků zdiva.

Vzhledem k nutnosti porušení zkušebních vzorků, kvůli destruktivní zkoušce vlhkosti zjištění hmotnostní analýzou, byla metoda provedena až na konci experimentu. Při rozebírání vzorků byl odebrán cihelný střep. Laboratorní gravimetrická zkouška je časově i finančně náročná, proto byl zvolen pouze jeden vzorek a čtyři měření. Za reprezentativní vzorek byl zvolen blok V5, měřící bod 1. Střep byl vyjmut z bloku, jednalo se o cihlu, ve které byly navrtány místa pro sondy. Výsledky a porovnání gravimetrické zkoušky a hodnot z měření odporovým vlhkoměrem jsou uvedeny v tabulce (Tab. 13).

Byla provedena celkem čtyři gravimetrická měření, která proběhla v laboratořích Vysokého učení technického v Brně na Ústavu pozemního stavitelství. Měření č. 1 proběhlo bezprostředně po vyjmutí ze zkušebního vzorku. Další měření bylo provedeno během období červen - září 2012. Pro laboratorní měření byla využita měřící technika přístupná v laboratořích Vysokého učení technického v Brně na Ústavu pozemního stavitelství : váha a sušící pec. Při gravimetrické metodě dochází k vysušení vzorku, takže mezi jednotlivým měřením byla cihla vždy navlhčena, a to takovým množstvím vody, aby se její vlhkost co nejvíce shodovala s předchozí naměřenou.

U všech provedených měření byly dodržovány podmínky pro měření viz kapitola 2.6.1.

Tab. 13 : Hodnoty vlhkosti gravimetrickou metodou a odporovou metodou

měření č./průběh měření	hmotnost vlhkého vzorku [g]	hmotnost vysušeného vzorku [g]	vlhkost vypočítaná [% hm.]	vlhkost naměřená odporem [% hm.]	rozdíl mezi vypočtenou a naměřenou vlhkostí [%]
měření č.1	4450	4125	7,878	8,8	10,468
měření č.2	4330	4079	6,153	7,5	17,953
měření č.3	4350	4059	7,169	8,5	15,655
měření č.4	4405	4095	7,570	9,1	16,810

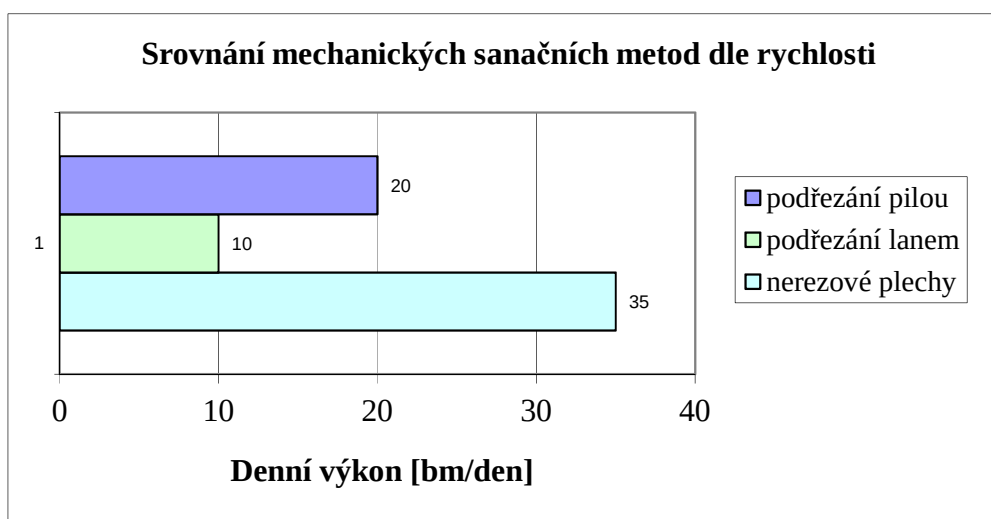
Průměrná odchylka mezi gravimetrickou metodou a metodou měření odporovou metodou je 15,22 %. I když se procentuálně zdá chyba velká, stále se pohybuje v rozmezí 1 - 1,5 % hm. V této disertační práci u experimentů a jejich vyhodnocení se porovnávají vzorky, které byly ve stejném prostředí a měřené stejným přístrojem a za stejných podmínek. Z toho vyplývá, že všechna měření probíhala se stejnou chybou, a není nutné ji do porovnávání vzorků z laboratoře zahrnovat. Chybu měření by bylo nutné uvažovat při porovnávání vzorků z jiných prostředí, pro vyhodnocení konkrétních naměřených hodnot a jejich užití v hodnocení stavu konstrukcí.

6.9.11 Porovnání vybraných druhů sanací vzhledem k dennímu výkonu

Prováděnou sanaci lze vyhodnotit též z hlediska pracnosti provedených opatření. V tabulce níže jsou uvedeny průměrné denní výkony v bm za den.

Tab. 14 : Jednotlivé druhy sanace a jejich denní výkon

druh sanace	průměrný denní výkon [bm/den]
podřezání pilou	20
podřezání lanem	8-12
nerezové plechy	30-40



Obr. 46 : Srovnání vybraných mechanických sanačních metod vzhledem k rychlosti provedení

Graf znázorňuje, že průměrná denní výkonnost je nejlepší v případě systému zarážení nerezových plechů bez vytvoření průběžné spáry, naopak nejhorší je podřezání diamantovým lanem.

Tímto srovnáním vychází nejlépe podřezání pilou a systém nerezových plechů, podřezání lanem je drahé a pomalé. U jednotlivých případů musíme však zvážit, co je nejlepší vzhledem ke konkrétní stavbě. Obecně záleží, jak již bylo zmiňováno v kap. 3.2, na druhu zdiva, tloušťce zdiva, přístupu ke stavbě a podobně.

Dalším hlediskem, ze kterého lze hodnotit hydroizolace, je udávaná životnost. U nerezových plechů se uvádí životnost 140 let, u podřezání a vložení asfaltové nebo fóliové hydroizolace cca 90 let.

6.9.12 Experimentální měření in situ

Měření in situ proběhlo na několika vybraných objektech. Objekty na kterých proběhlo měření:

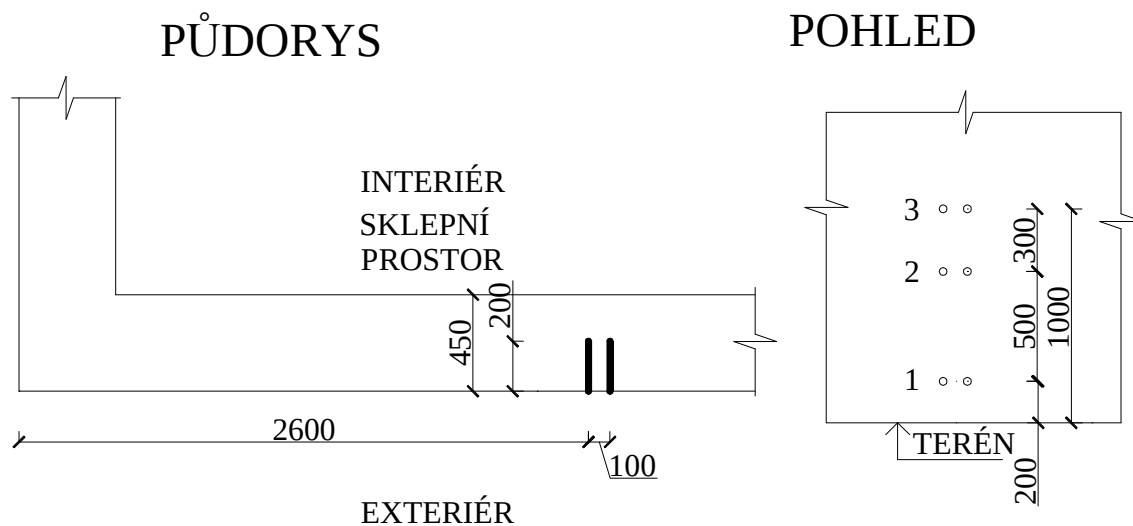
- rodinný dům Opava Kateřinky - RDOP
- základní škola Opava - ZŠOP
- rodinný dům Roveň v okrese Rychnov nad Kněžnou - RDRoveň

Všechny výše uvedené objekty jsou z cihel plných pálených a proto u měřicího přístroje byl použito stejné nastavení materiálu jako u laboratorních experimentů. K porovnání byl zvolen vzorek V5, vzhledem ke všem kritériím a k nejpodobnějšímu průběhu hodnot vlhkostí u všech objektů. Rozmístění měřících bodů bylo u každého z objektů zvoleno co nejpodobněji jako u vzorku v laboratoři.

Objekt rodinného domu v Opavě

Objekt rodinného domu Opava – jedná se o objekt rodinného domu v Opavě Kateřinkách. Dům je zděnou stavbou z cihel plných pálených. Objekt má celkem dvě nadzemní podlaží a podkroví. Objekt byl vystavěn roku 1950 v blízkosti vodního toku. Na pozemku majitele nemovitosti se nachází studna s vodní hladinou v úrovni 4 m pod kótou okolního terénu. Objekt je situován rovnoběžně s komunikací. Uliční fasáda kopíruje uliční čáru, která přiléhá těsně k chodníku. Objekt celou jednou boční stěnou přiléhá k sousednímu objektu. Suterén je ze strany přiléhající ke komunikaci částečně pod úrovní terénu. Z druhé strany, kde přiléhá k zahradě, je na úrovni terénu. Hydroizolace u objektu nebyla nalezena, pravděpodobně zde nebyla, nebo již dožila. Vzhledem k této skutečnosti a viditelnému zavlhčení zdí, byl tento objekt vybrán pro porovnání s referenčním blokem č. 1 (bez hydroizolace) – vzorek V5.

Měření vlhkosti w na obvodové konstrukci ze strany od zahrady proběhla v roce 2009. Na Obr. 47 je znázorněno rozložení měřících bodů. Zdivo je tl. 450 mm, pro měření byla zvolena hloubka cca 200 mm, tedy přibližně uprostřed stěny. Měřící body byly půdorysně od rohu budovy vzdáleny 2,6 m. Svisle nad sebou byly umístěny následovně: 200 mm nad terénem (těsně nad podlahou suterénu), mezi polohou měřicího bodu 1 a 2 bylo 500 mm a mezi bodem 2 a 3 bylo 300 mm. V měřícím bodě 1 proběhlo měření z interiéru objektu, v bodě 2 a 3 z exteriéru.



Obr. 47 : Půdorys a pohled na umístění měřících bodů u RD Opava



Obr. 48 : Měření in situ rodinný dům Opava – měřící bod 1



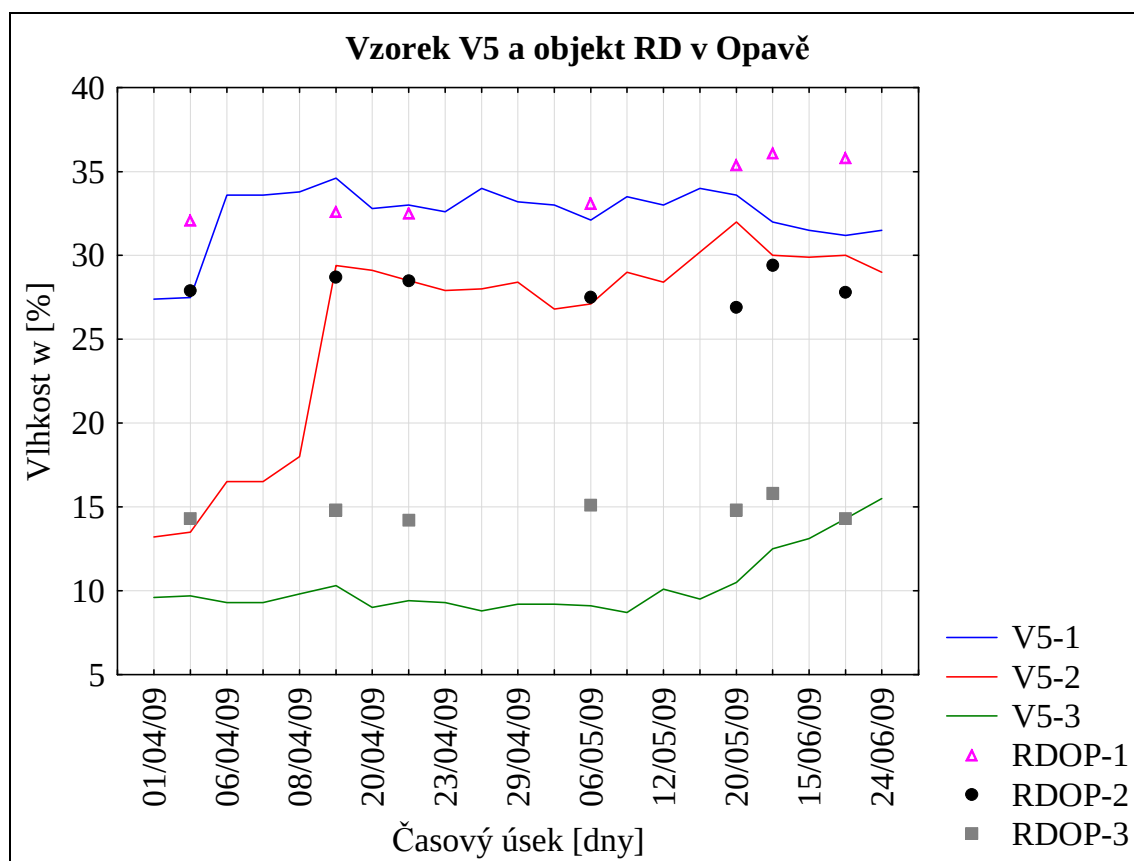
Obr. 49 : Průběh měření na objektu rodinný dům Opava – měřící bod 3

V tabulce Tab. 15 jsou uvedena naměřená data hmotnostní vlhkosti zdiva u rodinného domu v Opavě v jednotlivých měřících bodech.

Tab. 15 : Naměřená data u rodinného domu v Opavě

Opava – rodinný dům – naměřená vlhkost w [% hm.]			
datum měření/ měřící bod	1	2	3
4.4.2009	32,1	27,9	14,3
18.4.2009	32,6	28,7	14,8
22.4.2009	32,5	28,5	14,2
2.5.2009	33,1	27,5	15,1
20.5.2009	35,4	26,9	14,8
3.6.2009	36,1	29,4	15,8
20.6.2009	35,8	27,8	14,3

Průměrná hodnota naměřených vlhkostí w u objektu rodinného domu v měřícím bodě 1 je rovna 33,9 %, v bodě 2 je rovna 28,1 % a u bodě 3 je rovna 14,8 %.



Obr. 50 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w vzorku V5 a RD Opava

Ve spojnicovém grafu (Obr. 50) jsou znázorněny hodnoty referenčního bloku č. 1 a hodnoty naměřené in situ u objektu rodinného domu v Opavě.

Pro porovnání bylo do grafu zvoleno u vzorku V5 stejné období, v jakém proběhlo měření na rodinném domě v Opavě – duben, květen a červen 2009. Celkem u vzorku V5 v tomto období proběhlo 21 měření. Průměr ve zvoleném období v měřicím bodě 1 je roven 32,5 %, v bodě 2 je hodnota průměru 25,8 % a v bodě 3 je 10,3 %.

Průměrné hodnoty vlhkostí w u objektu rodinného domu v Opavě jsou vyšší o 2 – 4 % hm. Vzhledem k měření reálného objektu, který na rozdíl od experimentů v laboratoři, měl omítky a byl vystaven vzdušné vlhkosti, lze konstatovat, že průběh vztlínající vlhkosti byl stejný. Větší rozdíl v průběhu je vidět pouze v poloze č. 3, to se dá přisoudit omítkám na rodinném domě. Exteriérová vápenocementová omítka na zdivu rodinného domu byla v minimální tloušťce 35 mm. U vzorku V5 nejsou omítky, zdivo proto mohlo mnohem lépe uvolňovat vlhkost do okolního prostředí. Přestože u experimentů byla použita fólie pro minimalizaci odparu z bloků do boku a nahoru, nebyl tento jev 100 % eliminován. Odpar vlhkosti do okolního prostředí u rodinného domu byl menší než u vzorku V5.

Objekt základní školy v Opavě

Dalším realizovaným měřením in situ je objekt základní školy v Opavě. Jedná se o objekt základní školy B. Němcové v Opavě. Objekt školy je zděnou stavbou z cihel plných pálených. Objekt má celkem tři nadzemní podlaží, suterén a podkroví. Objekt byl vystavěn již koncem 19. století. Objekt je do tvaru L, delší část je rovnoběžná s ulicí Rooseveltova. Suterén je částečně pod úrovní terénu, cca 500 - 900 mm. Hydroizolace u objektu nebyla nalezena, pravděpodobně zde nebyla, nebo zdegradovala. U objektu byly provedeny během posledních 10-ti let rekonstrukce (sanace), za účelem eliminovat zavlhčení zdí v suterénu. Ve dvorní části byla použita vzduchová metoda sanace vlhkosti a u fasády přiléhající ke komunikaci bylo provedeno odvodnění základové spáry pomocí drenážní trubky a aplikována nopová fólie na obvodovou stěnu pro lepší odvod srážkové vody. V místech vysoké vlhkosti zdí byla použita sanační omítka. Měření vlhkosti proběhlo na dvou místech. Jedno místo bylo zvoleno přiléhající k uliční fasádě, druhé k dvorní fasádě. Místa byla volena v závislosti na viditelném opětovném zavlhčení omítek. Vzhledem k této skutečnosti a viditelnému zavlhčení zdí, byl tento objekt opět vybrán pro porovnání s referenčním blokem č. 1 (bez hydroizolace) – vzorek V5.



Obr. 51 : Průběh měření in situ u základní školy v Opavě

Tab. 16 : Naměřená data - základní škola Opava místo č.1

ZŠ Opava – naměřená vlhkost w [% hm.] - místo č. 1			
datum měření/ měřicí bod	1	2	3
10.5.2009	29,0	10,5	19,5
8.6.2009	25,3	9,9	8,0
10.7.2009	19,0	4,1	6,7
3.8.2009	24,0	8,6	7,7
30.8.2009	22,0	3,5	9,5
25.9.2009	20,0	5,5	8,6
11.10.2009	18,6	4,0	9,0
31.10.2009	21,4	3,8	7,3
4.12.2009	20,5	3,4	5,3
14.2.2010	18,6	3,0	0,7
24.7.2010	20,0	5,2	0,9
3.10.2010	19,8	2,0	2,3

Průměrná hodnota vlhkosti w u objektu základní školy v místě měření č. 1 v měřicím bodě 1 je rovna 21,5 %, v bodě 2 je rovna 7,4 % a v bodě 3 je rovna 7,4 %.

Tab. 17 : Naměřená data - základní škola Opava místo č.2

ZŠ Opava - naměřená vlhkost w [% hm.] - místo č.2			
datum měření/ měřicí bod	1	2	3
10.5.2009	30,0	27,0	6,0
8.6.2009	28,3	26,0	6,0
10.7.2009	27,0	25,3	5,8
3.8.2009	21,0	25,0	5,3
30.8.2009	15,5	17,0	1,2
25.9.2009	18,0	15,6	2,6
11.10.2009	19,6	17,9	3,0
31.10.2009	24,0	22,8	4,3
4.12.2009	18,3	16,2	2,1
14.2.2010	11,8	14,2	1,9
24.7.2010	10,2	12,1	2,0
3.10.2010	15,5	14,7	2,1

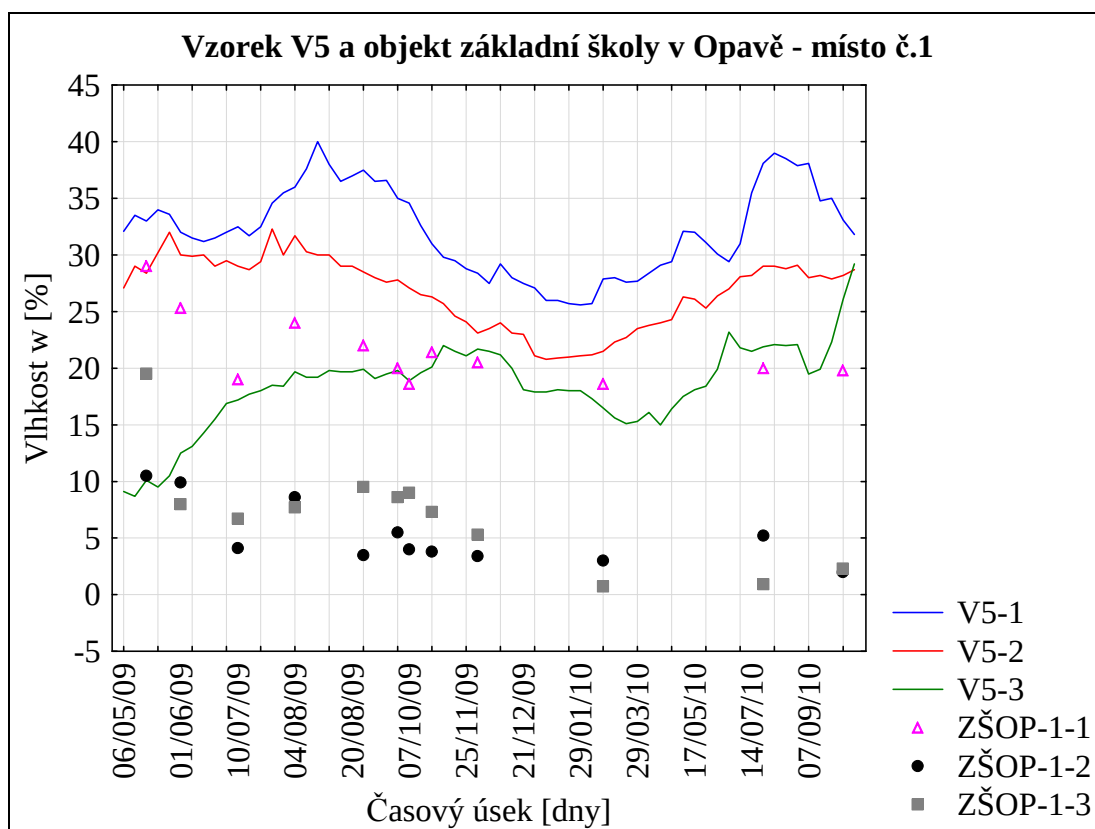
Průměrná hodnota vlhkosti w u objektu základní školy v místě měření č. 2 v bodě 1 je rovna 19,9 %, v bodě 2 je rovna 19,5 % a v bodě 3 je rovna 3,5 %.



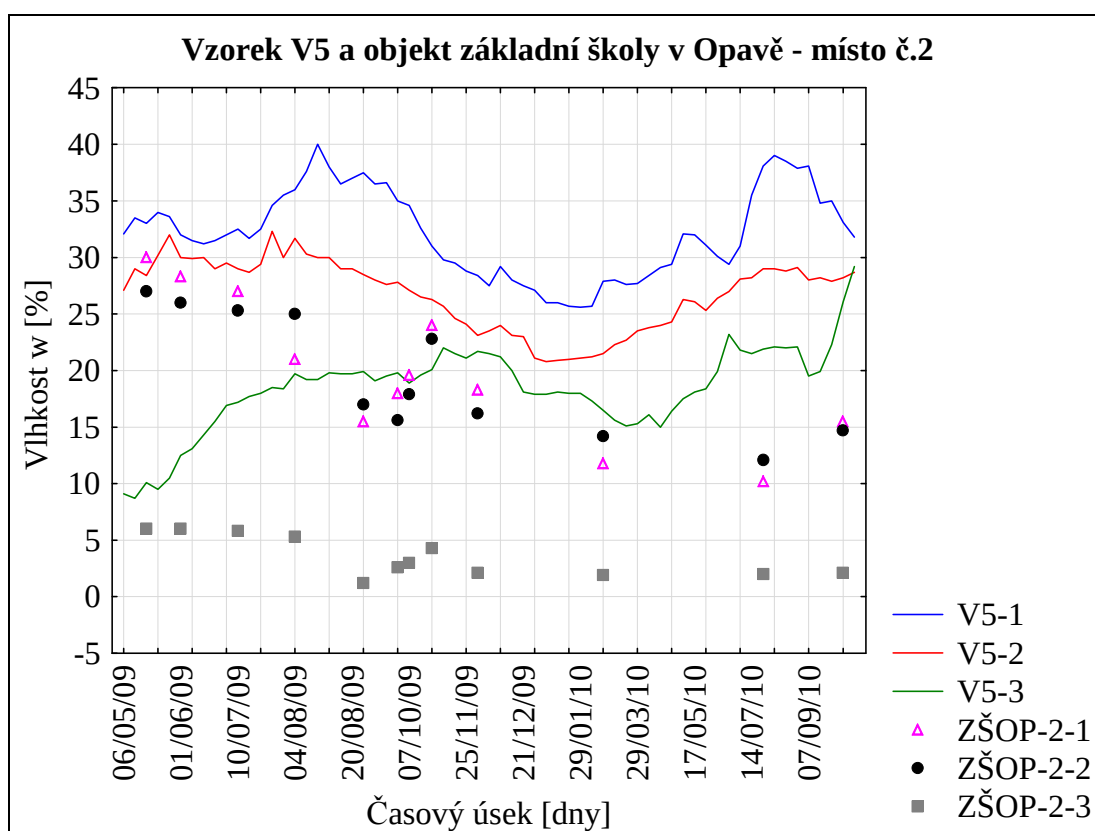
Obr. 52 : Měření in situ základní škola Opava



Obr. 53 : Měření in situ základní škola Opava



Obr. 54 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w vzorku V5 a ZŠ Opava v místě č.1



Obr. 55 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w vzorku V5 a ZŠ Opava v místě č.2

Pro porovnání bylo zvoleno u vzorku V5 stejné období, v jakém proběhlo měření na základní škole – červen 2009 až září 2010. Celkem u vzorku V5 v tomto období proběhlo 65 měření. Průměr ve zvoleném období v měřicím bodě 1 je roven 32,2 %, v bodě 2 je hodnota průměru 26,8 % a v bodě 3 je průměr 18,4 %.

Průměrné hodnoty vlhkostí w u objektu základní školy v Opavě se hodně liší od vzorku V5. U základní školy jsou průměrné hodnoty vlhkosti w nižší o 10 - 20 % hm. V měřicím bodě 1 se hodnoty vlhkosti pohybují přesto ve stupni velmi vysoké vlhkosti 19,9 – 21,5 %, v bodě 2 je vidět rozdíl mezi vlivem provedených sanací v místě měření č.1 – 7,4 % a v místě č.2 kde je vlhkost výrazně vyšší a to 19,5%. V měřicím bodě 3 u jednotlivých měřicích míst už není rozdíl naměřených hodnot vlhkostí tak rozdílný jako v bodu 2.

Na měřené hodnoty vlhkosti mají vliv provedené sanační práce, které problém vztlínající vlhkosti plně neodstranili, ale částečně eliminovali. Je předpokladem, že se časem budou muset obnovit, popřípadě navrhnou jiná opatření.

Objekt rodinného domu v obci Roveň

Dalším realizovaným měřením in situ byl objekt rodinného domu v obci Roveň u Rychnova nad Kněžnou

Objekt rodinného domu je zděnou stavbou. Nosné obvodové konstrukce jsou ze smíšeného zdiva - cihel plných pálených a škvárobetonových tvarovek bez omítek, vnitřní zdivo je pouze z cihel plných pálených. Objekt je jednopodlažní, částečně podsklepený s nevyužívanou půdou. Funkčně je rozdělen na dvě části, jedna část je obývána a druhá dříve sloužila jako hospodářská část domu pro ustájení a chov domácích zvířat, nyní bez využití. Objekt se nachází na vrcholu kopce, na pozemku majitele nemovitosti se nachází studna s vodní hladinou v úrovni 25 m pod kótou okolního terénu.

U obvodových zdí je vidět ještě původní použitá asfaltová hydroizolace. U vnitřních zdí bohužel nebyla nalezena a vztlínající vlhkost se zde projevovala vysokou vlhkostí omítek a zdiva až do výšky 1,5 m. Byla zde provedena sanace vlhkosti zdiva – ručním podřezáním zdiva a vložením hydroizolace z asfaltových pásů. Ruční podřezání bylo zvoleno vzhledem k jednoduchosti provedení u zdiva z cihel plných pálených s průběžnou spárkou a nízkým cenovým nákladům. Z časových důvodů odložením prací až na rok 2013 nebylo provedeno plánované kontrolní měření po provedené hydroizolaci.



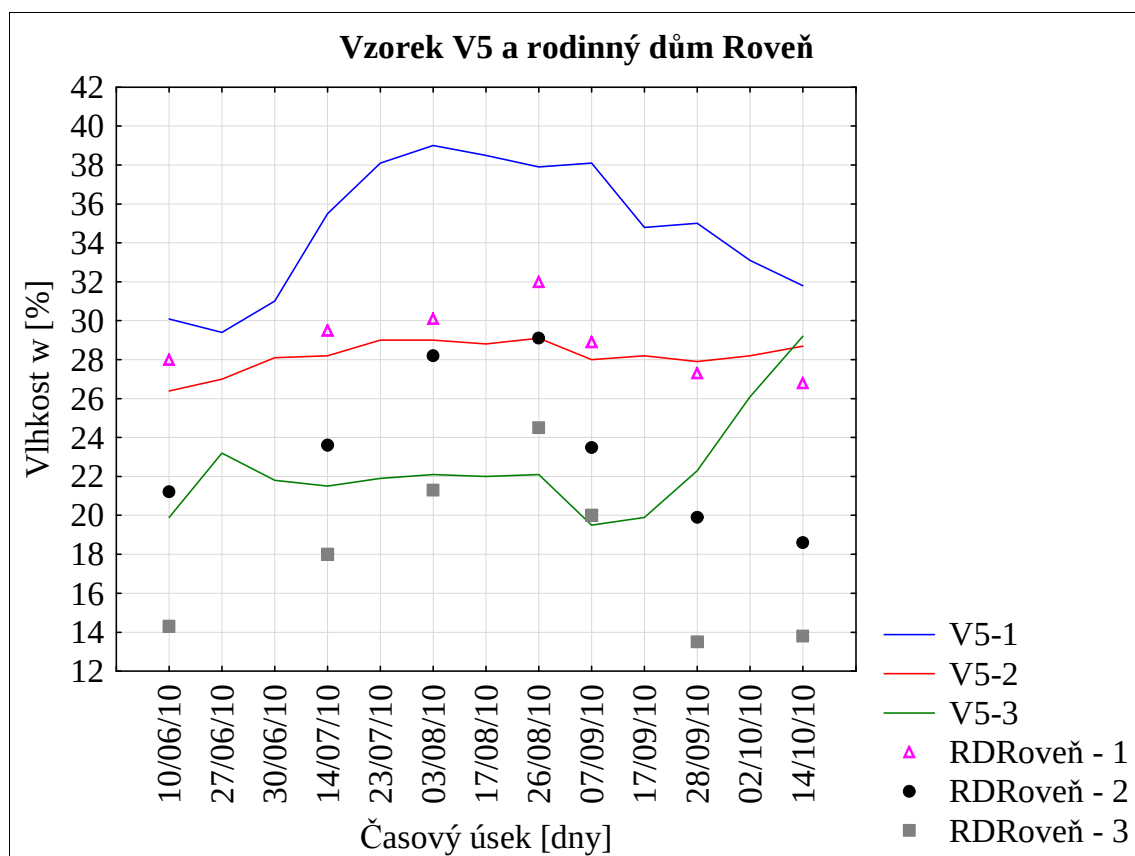
Obr. 56 : Objekt rodinného domu Roveň

Měření bylo provedeno na vnitřní nosné stěně z cihel plných pálených tloušťky 300 mm. Zdivo mělo z jedné strany omítku a z druhé bylo neomítnuto, jednalo se o stěnu oddělující část obytnou a nevyužívanou. Část obytná je vytápěna, část bývalých chlévů je nevytápěna a větrána během celého roku.

Tab. 18 : Naměřená data - rodinný dům Roveň

rodinný dům Roveň naměřená vlhkost w [% hm.]			
datum měření/ měřící bod	1	2	3
19.6.2010	28,0	21,2	14,3
16.7.2010	29,5	23,6	18,0
6.8.2010	30,1	28,2	21,3
21.8.2010	32,0	29,1	24,5
4.9.2010	28,9	23,5	20,0
25.9.2010	27,3	19,9	13,5
9.10.2010	26,8	18,6	13,8

Průměrná hodnota vlhkosti u objektu rodinného domu Roveň v měřicím bodě 1 je rovna 28,9 %, v bodě 2 je rovna 23,4 % a v bodě 3 je rovna 17,9 %.



Obr. 57 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w vzorku V5 a RD Roveň

Pro porovnání bylo zvoleno u vzorku V5 stejné období, v jakém proběhlo měření na rodinném domě Roveň – červen 2010 až říjen 2010. Celkem u vzorku V5 v tomto období proběhlo 13 měření. Průměr ve zvoleném období v měřicím bodě 1 je roven 34,8 %, v bodě 2 je hodnota průměru 28,2 % a v bodě 3 je průměr 22,4 %.

Průměrné hodnoty vlhkostí w u objektu rodinného domu na Rovni se od vzorku V5 liší o 4,5 – 6 % hm. Průběh vlhkosti je hodně podobný.

Rozdíl vlhkosti je s největší pravděpodobností zapříčiněn nižší hladinou vody v okolním prostředí u rodinného domu. Dalším parametrem mohou být jiné vlastnosti použitých materiálů, okrajové podmínky a způsob užívání objektu. V porovnání s měřením, která byla provedena na rodinném domě v Opavě, kde hladina spodní vody je poměrně vysoko a hodnoty vlhkosti ve srovnání se vzorkem V5 byly hodně podobné, lze konstatovat, že tato příčina je hlavní faktor, který měl vliv na vlhkost měřených konstrukcí.

7 ZÁVĚR, PŘÍNOS PRO PRAXI A DALŠÍ ROZVOJ VĚDY

Cíle disertační práce byly naplněny, a to v celém rozsahu, tak jak byly předem formulovány. V nezbytném teoretickém úvodu práce byly shrnuty a vzájemně konfrontovány souhrnné informace o současném stavu řešené problematiky se zaměřením na problematiku hydroizolací a jejich spojů. V laboratoři byly vyzděny zkušební bloky s následnou aplikací vybraných druhů hydroizolací a jejich spojů. Byl zajištěn přístup migrující vztlínové vlhkosti za pomoci máčecích van s udržovanou hladinou vody. Dále na základě získaných měření byly podrobně formulovány výsledky a byla provedena matematická analýza. Proběhla kontrolní měření in situ na reálných vytipovaných objektech. V závěru práce byly formulovány podstatné výsledky provedených analýz.

Hlavní výsledky disertační práce

Výsledky disertační práce jsou uvedeny vždy v rámci příslušných kapitol. Základní přínos práce lze shrnout do následujících bodů.

- Jako nejlépe izolující materiál ve spoji z použitých materiálů při definovaných okrajových podmínkách lze vyhodnotit hydroizolační fólii se spojem přeložením o 50 mm - vzorek V2. Její účinnost je 97,3 %.
- Nejméně izolující hydroizolace se spojem je vyhodnocen nerezový plech – vzorek V1. Její účinnost je 88,4 %. Pronik vzdušné odpařované vlhkosti je pravděpodobně způsoben tím, že vlhkost v rámci nerezových plechů téměř výlučně proniká přes spoj hydroizolace, nad kterým byl měřící bod umístěn.
- Rozdíl mezi asfaltovou hydroizolací se spojem přeložením 100 mm a hydroizolací průběžnou, jak je tomu u vzorků V3 a V4, je pouze v rozptylu hodnot vlhkostí v měřícím bodě 2. U obou vzorků jsou průměry naměřených vlhkostí w téměř shodné. Tudíž lze tento spoj hodnotit jako účinný.
- U vybraných objektů měřených in situ, je průběh vlhkosti podobný jako u vzorku V5. Na rozdílné naměřené hodnoty vlhkostí w mají velký vliv okolní podmínky, způsob užívání objektů, provedené sanace a podobně.

Výsledky disertační práce naznačují, že u jinak vynikajících izolačních materiálů, jako jsou nerezové plechy, vyvstává očekávaný problém způsobený provedením spojů, které byly v minulosti mnohokrát řešeny. Vzhledem k nízkým hodnotám prostupující vlhkosti nad aplikovanými hydroizolacemi lze

říci, že účinnost všech provedených opatření je vysoká, dle klasifikace vlhkosti zdiva (ČSN P 73 0610 – tabulka A.1)[5] se vlhkost zdiva w [% hm.] nad hydroizolací pohybuje ve stupni velmi nízkém a nízkém, max. rozdíl $w = 2,9$ % mezi jednotlivými vybranými druhy hydroizolací a jejich spoji je minimální. Procentuální rozdíl vlhkostí mezi polohou měřících bodu 1 a 2 – tzn. mezi namáhanou částí vzorku vztlínající vlhkostí a vzorku nad hydroizolací, kde je již vztlínající vlhkost eliminována hydroizolační clonou je v průměru 89,8 %.

Lze konstatovat, že účinnost hydroizolačních clon je vysoká, všechny uvedené materiály a jejich spoje vyhovují požadavkům normy. Při návrhu materiálů pro sanaci je tedy vhodné zohlednit vliv okolního prostředí, např. způsob namáhání konstrukce, použití navazujících hydroizolačních vrstev (hydroizolace podlah, svislé hydroizolace a podobně), dále na životnosti použitého materiálu a na tom zda má být hydroizolace odolná vůči chemickým, biologickým a mechanickým účinkům vnějšího prostředí.

Možnosti dalšího pokračování výzkumu v dané problematice

Vzhledem k poměrně širokým možnostem dalšího výzkumu v této oblasti jsou zde uvedena témata, která úzce souvisejí s tématem disertační práce a témata související s danou problematikou, jejíž řešení bylo nad rámec této disertační práce. V rámci další teoretické a experimentální činnosti by bylo vhodné získané výsledky rozšířit o tyto náměty ke zkoumání:

- provedení experimentu na dalších vzorcích nosných konstrukcí – nepálená hlína, kamenné zdivo a jejich kombinace, které by mohly být předmětem dalšího zkoumání,
- analýza účinnosti dalších typů hydroizolačních materiálů a spojů, které nebyly předmětem této disertační práce,
- aplikace jednotlivých vybraných hydroizolačních clon na reálných objektech a porovnání naměřených výsledků s laboratorním experimentem,
- aplikovat aktivní měřící zařízení, zvolit měřící ústřednu s automatickým kontinuálním záznamem měřených hodnot a záznamem informací o vlhkosti a teplotě okolního prostředí.

Objekt není možné zkoumat ve všech možných souvislostech, analyzovat jej ze všech hledisek. Je nutné vybrat souvislosti, které jsou pro daný účel zkoumání a pro zvolené hledisko podstatné. Nelze říci, že výše uvedené náměty na zkoumání jsou konečným výčtem možností zkoumání v oblasti hydroizolací a jejich spojů.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

8.1 Seznam autorem publikovaných prací

2007

1. MIZEROVÁ, L. Utěsnění a sanace interiéru katakomb skleníku zámku Lednice proti zemní vlhkosti a solím. In *sborník anotací - Juniorstav 2007*. Brno, Akademické nakladatelství Cerm. 2007. p.6str. 33. ISBN 978-80-214-3337-3.

2008

2. MIZEROVÁ, L. Ověření spolehlivosti běžně používaných metod sanace vlhkosti zdiva. In *Sborník anotací - Juniorstav 2008*. Brno, Vysoké učení technické v Brně. 2008. p.3str. 32. ISBN 978-80-86433-45-5.
3. MIZEROVÁ, L.; ŠIROKÁ, L. Ověření spolehlivosti běžně používaných metod sanace vlhkosti zdiva. In *Poruchy a rekonstrukce 2008*. Ostrava, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. 2008. p.4str. 16. ISBN 978-80-248-1886-3.

2009

4. MIZEROVÁ, L. Salinita zdiva. In *Sborník anotací - Juniorstav 2009*. Brno, Vysoké učení technické v Brně. 2009. p.4str. 33. ISBN 978-80-214-3810-1.
5. MIZEROVÁ, LENKA, *Občanská výstavba, konstrukce media s.r.o.*: Salinita zdiva [online], Brno: Vystaveno 14.5.2009. <http://www.obcanskavystavba.cz/clanek/salinita-zdiva>

2010

6. MIZEROVÁ, L. Mechanické sanační metody - ověření jejich účinnosti. In *Sborník anotací - Juniorstav 2010*. Brno, Vysoké učení technické v Brně. 2009. p.4str. 40. ISBN 978-80-214-4042-5.

2012 - 2013

7. MIZEROVÁ, L.; SMOLKA, R. Efficiency Analysis of Materials Used for Mechanical Methods for Damp Masonry Rehabilitation *Advanced Materials Research*. 2013. 688(3). p. 87 - 92. ISSN 1022-6680

8. SMOLKA, R.; KALOUSEK, L.; MIZEROVÁ, L. Physico-mechanical Properties of the Threshold Coupling Made of Secondary Raw Materials for Use in the Rehabilitation and Reconstruction of Buildings. *Advanced Materials Research*. 2013. 688(3). p. 193 - 198. ISSN 1022-6680.
9. MIZEROVÁ, L.; SMOLKA, R. Ověření spolehlivosti mechanických sanačních metod. In *Sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference Defekty budov 2012. České Budějovice, Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích*. 2013. p.8str. 47. ISBN 978-80-7468-056-4.
10. SMOLKA, R.; MIZEROVÁ, L.; PETŘÍČEK, T.; PLACHÝ, J. Podkladní konstrukce pod prahovou spojkou dveří. *TZB-info*. 2013. 2013(6). p. 1 - 8. ISSN 1801-4399.

8.2 Seznam použitých podkladů

8.2.1 Použitá literatura, normy, podklady dostupné na internetu

- [1] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 10/2011.
- [2] FÁRA, P. *Sanace vlhkého zdiva*. Praha : Společnost pro technologie ochrany památek. 2003.82s. ISBN 80-86657-02-7.
- [3] VLČEK, M., BENEŠ, P. *Poruchy a rekonstrukce staveb II*. Brno : Vydavatelství ERA. 2005.129s. ISBN 80-7366-013-X.
- [4] ČSN P 73 0600. *Hydroizolace staveb – Základní ustanovení*. Praha : Český normalizační institut. 2011.
- [5] ČSN P 73 0610. *Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení* Praha: Český normalizační institut. 2000.
- [6] Časopis materiál pro stavbu, ročníky 2006,2007.
- [7] VLČEK, M. *Opravy rodinného domu*. Praha : Vydavatelství Grada Publishing, a.s.. 2009.112s. ISBN 978-80-247-1950-4.
- [8] BALÍK, M. a kolektiv *Odvhlčování staveb*. Praha : Vydavatelství Grada Publishing, a.s 2008. 312s. ISBN 978-80-247-2693-9.
- [9] WTA – vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky. *Směrnice*. Praha : ÚIV – divize nakladatelství TAURIS. 2005. ISBN 80-02-01741-2.

- [10] HEJHÁLEK, J. Stavebnictví 3000, 2001-2013 [Online] [Citace: 10. Červenec 2012] Dostupné na: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/principy-vzlinani-kapalin/>
- [11] LHOTÁKOVÁ, M. Stavebnictví 3000, 2001-2013 [Online] [Citace: 14. Srpna 2013] Dostupné na: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/chyby-sanace-vlhkych-staveb-1/>
- [12] HW-PANTY spol. s.r.o., 2010 [Online] [Citace: 18. Červenec 2012] Dostupné na: <http://www.hwpanty.cz/stranka/cz/2/hw-system-sanace-vlhkeho-zdiva/>
- [13] Kressida s.r.o., sanace a vysoušení zdiva 2012 [Online] [Citace: 12. Červen 2012] Dostupné na: <http://www.kressida.cz/provadeni-izolace-zdiva/>
- [14] Ing. Karel Žáček, sanace vlhkého zdiva [Online] [Citace: 10. Červen 2012] Dostupné na: <http://www.sanace-izolace.cz>
- [15] Izosan spol s.r.o., sanace zdiva [Online] [Citace: 1. Srpen 2012] Dostupné na: <http://zdiva-sanace.cz>
- [16] M-servis, 2012 [Online] [Citace: 1. Srpen 2012] Dostupné na: <http://www.m-servis.cz/clanky/Problemy-suterenu-a-prizemi-starsich-staveb-vlhkost-zdiva.html>
- [17] GHM Greisinger s.r.o., Praha 2012 [Online] [Citace 3. Října 2012] Dostupné na : www.greisinger.cz
- [18] Vodizol s.r.o., 2011 [Online] [Citace: 15. Září 2012] Dostupné na: <http://www.vodizol.cz/nabizime/rezani-retezovou-pilou.html>
- [19] Sanace a vysoušení staveb, Opava 2009 [Online] [Citace: 1. Srpen 2012] Dostupné na: <http://www.sanace-staveb.cz/sanacni-technologie>
- [20] Firma Eso, spol. s.r.o., Brno 2010 [Online] [Citace: 1. Srpen 2012] Dostupné na: <http://www.esoxbrno.cz/sluzby/sanace/>
- [21] HAV-BAU s.r.o., České Budějovice 2009 [Online] [Citace: 25. Srpen 2012] Dostupné na: <http://www.hav-bau.cz/fotogalerie>
- [22] Wikipedie – otevřená encyklopedie, Brno 2012 [Online] [Citace: 20. Srpen 2012] Dostupné na: http://cs.wikipedia.org/wiki/Matematicka_statistika
- [23] ProTec – KELLER [Online] [Citace: 16. Únor 2013] Dostupné na: <http://www.protec.cz/heller-tools/vrtaky-do-betonu-a-kamene/0315-vrtaky-do-zdiva/518001.htm>
- [24] Hydroizolace Maťátko [Online] [Citace: 20. Únor 2013] Dostupné na: <http://www.matatko-izolace.cz/hw-system.php>

- [25] Huddy diamonds s.r.o., Praha 2011, [Online] [Citace: 20. Únor 2013]
Dostupné na: <http://www.huddy.cz/produkty/diamantova-lana-pro-stavebni-pouziti-37>
- [26] Svět plastů.cz, Lithoplast 2013 [Online] [Citace: 20. Únor 2013]
Dostupné na: <http://www.svetplastu.cz>
- [27] Hrábek s.r.o. - stavební stroje, Broumov 2009 [Online] [Citace: 30. Června 2012] Dostupné na: <http://www.hrabek.cz>
- [28] Ekosain, Brno 2013, [Online] [Citace: 10. Srpna 2013] Dostupné na: <http://www.ekosain.cz/>
- [29] Soudní inženýrství, XIV. Konference znalců, 2005 [Online] [Citace: 10. Února 2013] Dostupné na: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-03-175-178.pdf>
- [30] SOLAŘ, J., *Odstraňování vlhkosti*. Praha: Vydavatelství Grada Publishing, a.s.. 2013. 101s. ISBN 978-80-247-4708-8.
- [31] SOLAŘ, J., *Poruchy a rekonstrukce zděných staveb*. Praha: Vydavatelství Grada Publishing, a.s.. 2008. 192s. ISBN 978-80-247-2672-4.
- [32] BALÍK, M., SOLAŘ, J., *100 tradičních stavebních detailů - ochrana proti vodě*. Praha: Vydavatelství Grada Publishing, a.s.. 2011. 224s. ISBN 978-80-247-3656-3.
- [33] BALÍK, M., *Vysušování zdiva v příkladech*. Praha: Vydavatelství Grada Publishing, a.s.. 2009. 128s. ISBN 978-80-247-3045-5.

8.2.2 Fotodokumentace a grafické podklady

Disertační práce je doplněna fotografiemi a dalšími grafickými podklady. Pokud není uvedeno jinak, tak je autorem fotografií autor disertační práce.

9 SEZNAMY OBRÁZKŮ, TABULEK A POUŽITÉHO ZNAČENÍ

9.1 Seznam obrázků

Obr. 1 : Průběh vlhkosti v konstrukci dle způsobu pronikání: a) vztlínající vlhkost; b) vlhkost kondenzovaná z vnitřní strany; c) vlhkost vztlínající a pronikající z boku; d) vlhkost kondenzovaná a hygroskopická; e) a f) vlhkost z pronikání dešťové vody.....	15
Obr. 2 : Výkvět solí ze stavebních materiálů	20
Obr. 3 : Řetězová a lanová pila pro podřezání zdiva [19]	26

Obr. 4 : Diamatová lana [25].....	27
Obr. 5 : Klíny [27].....	27
Obr. 6 : Hydroizolační fólie – role [26].....	29
Obr. 7 : Nerezové plechy [24]	30
Obr. 8 : Fólie přesah 100 mm [14]	31
Obr. 9 : Fólie přesah 50 mm [15]	32
Obr. 10 : Nerezové plechy se zámkem [13]	32
Obr. 11 : Nerezové plechy s překrytím o dvě vlny [12].....	32
Obr. 12 : Okrajový úhel θ je úhel, který svírá okraj kapky na styku s podložkou	39
Obr. 13 : Kapilární elevace a deprese; a) kapilární elevace; b) Kapilární deprese	39
Obr. 14 : Vyzděné vzorky V1 – V4 a referenční blok č.2 – V6.....	46
Obr. 15 : Vzorek V5 - referenční blok č.1.....	46
Obr. 16 : Tvar a rozměry zkušebního bloku.....	47
Obr. 17 : Nerezové plechy – spoj pomocí zámků	48
Obr. 18 : LDPE fólie – přesah pásů 50 mm	49
Obr. 19 : Asfaltové pásy – přesah pásů 100 mm.....	50
Obr. 20 : Asfaltový pás vcelku	51
Obr. 21 : Referenční blok č.1 – bez hydroizolace, smáčený vzorek	52
Obr. 22 : Referenční blok č.2 – bez hydroizolace a bez přístupu vody	53
Obr. 23 : Vyvrtaný pár otvorů pro aplikaci sond	54
Obr. 24 : Označení měřících bodů 1,2,3.....	55
Obr. 25 : Umístění měřících bodů nad spoji hydroizolací	55
Obr. 26 : Vrták pro použití do zdiva [23].....	56
Obr. 27 : Měřicí přístroj – Greisinger GMH 3830	57
Obr. 28 : Čidla – kartáčové elektrody (sondy) – Greisinger GBSL91	59
Obr. 29 : Hodnoty krabicového grafu.....	61
Obr. 30 : Krabicový graf vzorku V1	63
Obr. 31 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V1.....	64
Obr. 32 : Krabicový graf vzorku V2	65
Obr. 33 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V2.....	66
Obr. 34 : Krabicový graf vzorku V3	67
Obr. 35 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V3.....	68
Obr. 36 : Krabicový graf vzorku V4	69
Obr. 37 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V4.....	70
Obr. 38 : Krabicový graf vzorku V5	71
Obr. 39 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V5.....	72
Obr. 40 : Krabicový graf vzorku V6	73
Obr. 41 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w [%] u vzorku V6.....	74
Obr. 42 : Krabicový graf hodnot vlhkostí w [%] u vzorků V1 až V5 v měřících bodech 2	76
Obr. 43 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w u bloků V1-V4 v bodě 2 a V6.....	77
Obr. 44 : Účinnost hydroizolační clony u jednotlivých bloků	78
Obr. 45 : Krabicový graf účinnosti HI vzorků V1 až V5 mezi měřícími body 1 a 2.....	79
Obr. 46 : Srovnání vybraných mechanických sanačních metod vzhledem k rychlosti provedení.....	82

Obr. 47 : Půdorys a pohled na umístění měřících bodů u RD Opava	84
Obr. 48 : Měření in situ rodinný dům Opava – měřící bod 1	84
Obr. 49 : Průběh měření na objektu rodinný dům Opava – měřící bod 3	85
Obr. 50 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w vzorku V5 a RD Opava	86
Obr. 51 : Průběh měření in situ u základní školy v Opavě.....	87
Obr. 52 : Měření in situ základní škola Opava	89
Obr. 53 : Měření in situ základní škola Opava	89
Obr. 54 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w vzorku V5 a ZŠ Opava v místě č.1	90
Obr. 55 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w vzorku V5 a ZŠ Opava v místě č.2	90
Obr. 56 : Objekt rodinného domu Roveň	92
Obr. 57 : Spojnicový graf naměřených hodnot vlhkosti w vzorku V5 a RD Roveň.....	93

9.2 Seznam tabulek

Tab. 1 : Tabulka klasifikace zdiva dle ČSN P 73 0610 [5]	18
Tab. 2 : Tabulka klasifikace vlhkosti vzduchu dle ČSN P 73 0610 [5]	19
Tab. 3 : Tabulka rychlosti vztlínání pro vodu v kruhové kapiláře při $\cos\theta = 1$ [m/s].[10]	42
Tab. 4 : Přehled matematických charakteristik jednotlivých vzorků	62
Tab. 5 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V1 dle ČSN P 73 0610 [5].....	63
Tab. 6 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V2 dle ČSN P 73 0610 [5].....	65
Tab. 7 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V3 dle ČSN P 73 0610 [5].....	67
Tab. 8 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V4 dle ČSN P 73 0610 [5].....	69
Tab. 9 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V5 dle ČSN P 73 0610 [5].....	71
Tab. 10 : Zařazení průměrných hodnot vlhkostí u vzorku V6 dle ČSN P 73 0610 [5].....	73
Tab. 11 : Průměrné hodnoty vlhkostí w u vzorků V1 – V5 v měřícím bodě 2	75
Tab. 12 : Průměrné hodnoty účinnosti jednotlivých hydroizolací	78
Tab. 13 : Hodnoty vlhkosti gravimetrickou metodou a odporovou metodou	81
Tab. 14 : Jednotlivé druhy sanace a jejich denní výkon.....	81
Tab. 15 : Naměřená data u rodinného domu v Opavě.....	85
Tab. 16 : Naměřená data - základní škola Opava místo č.1	88
Tab. 17 : Naměřená data - základní škola Opava místo č.2	88
Tab. 18 : Naměřená data - rodinný dům Roveň	92

9.3 Seznam použitých zkratek a symbolů

Značení fyzikálních veličin a jednotky:

symbol	jednotka	popis
m_u	kg	hmotnost vzorku nasyceného vodou
m_w (m_v)	kg	hmotnost vlhkého materiálu
m_d (m_s)	kg	hmotnost suchého materiálu
m_k	kg	hmotnost kapaliny
w_h (w)	%	hmotnostní vlhkost (míra vlhkosti)
w_v	%	objemová vlhkost
w_h'	%	vlhkost zcela nasyceného vzorku
V_v	m^3	objem volné vody
V_d	m^3	objem suchého materiálu
q_k	kg/m^3	hustota vody
q_d	kg/m^3	objemová hustota suchého materiálu
t	s	čas
T	°C	teplota
p	Pa	tlak
tl.	mm	tloušťka
ψ	-	stupeň nasycení vodou
PVC		polyvinylchlorid
PE		polyetylén
LDPE		nízko hustotní polyetylén
HDPE		vysoko hustotní polyetylén
HW		system nerezových plechů
SBS, HPP		modifikovaný asfaltový pás
ČSN		Česká státní norma
WTA		Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky

10 PŘÍLOHY

10.1 Tabulky naměřených hodnot vlhkosti w

10.2 Grafy průběhu naměřených hodnot vlhkosti w

10.3 Hodnoty rozdílů mezi body 1 a 2 a účinnost

10.4 Technické listy

10.1 Tabulky naměřených hodnot vlhkosti w

V1 - blok č.1	měřící body – vlhkost w [%]		
datum měření	1	2	3
	pod hydroizolací	nad hydroizolací	200 mm nad bodem 2
2.4.2009	32,4	2,0	1,2
3.4.2009	36,0	1,9	1,1
6.4.2009	38,5	1,5	1,1
7.4.2009	38,5	1,5	1,1
8.4.2009	36,3	1,5	1,2
16.4.2009	35,0	2,0	1,1
20.4.2009	34,2	1,6	1,1
22.4.2009	39,9	1,8	1,1
23.4.2009	40,0	1,7	1,1
28.4.2009	40,0	1,6	1,0
29.4.2009	40,3	1,6	1,0
30.4.2009	40,0	1,5	1,0
6.5.2009	39,8	1,9	0,9
7.5.2009	40,0	1,9	0,8
12.5.2009	40,0	2,7	1,0
13.5.2009	40,0	2,2	1,0
20.5.2009	40,0	3,2	1,2
1.6.2009	39,0	7,0	1,5
15.6.2009	38,9	7,5	1,6
18.6.2009	38,7	8,7	2,0
24.6.2009	38,8	9,1	1,9
1.7.2009	38,5	9,5	2,5
10.7.2009	38,3	9,6	3,2
14.7.2009	37,9	8,7	3,4
17.7.2009	40,0	8,8	3,6
28.7.2009	39,0	10,0	4,0
29.7.2009	40,0	13,0	4,3
4.8.2009	39,7	14,4	5,0
7.8.2009	40,0	12,6	4,7
11.8.2009	39,5	13,4	4,6
13.8.2009	40,0	13,0	4,5
18.8.2009	39,8	6,5	4,2
20.8.2009	40,0	7,5	4,4
26.8.2009	40,0	4,7	3,9
2.9.2009	39,8	4,0	3,8

11.9.2009	39,0	5,0	3,6
25.9.2009	40,0	5,5	3,6
7.10.2009	39,5	5,1	3,1
23.10.2009	38,6	4,8	3,2
28.10.2009	38,9	4,1	2,8
2.11.2009	40,0	4,5	2,5
12.11.2009	37,0	5,0	2,0
25.11.2009	36,8	4,9	2,2
1.12.2009	35,4	5,2	2,3
8.12.2009	40,0	4,5	1,7
9.12.2009	38,9	4,3	2,0
16.12.2009	39,0	3,9	1,7
21.12.2009	37,9	2,5	1,1
6.1.2010	34,5	1,8	0,9
8.1.2010	31,2	0,9	0,7
18.1.2010	31,5	0,9	0,9
25.1.2010	31,3	0,7	1,0
29.1.2010	32,0	0,9	0,9
2.2.2010	31,5	1,6	0,8
10.2.2010	34,1	0,9	0,5
23.2.2010	33,7	0,2	0,7
11.3.2010	35,3	0,4	0,5
29.3.2010	33,5	0,8	0,4
7.4.2010	33,5	0,9	1,1
16.4.2010	33,0	0,7	0,9
23.4.2010	32,0	0,8	0,7
7.5.2010	34,8	0,4	0,6
17.5.2010	34,7	0,9	0,8
25.5.2010	34,7	1,2	0,9
10.6.2010	33,5	2,1	1,8
27.6.2010	32,1	2,9	2,0
30.6.2010	33,8	3,2	1,5
14.7.2010	34,2	4,0	1,8
23.7.2010	35,0	5,4	2,2
3.8.2010	39,0	8,5	4,1
17.8.2010	39,5	8,2	4,2
26.8.2010	38,4	6,9	4,0
7.9.2010	37,2	5,9	3,8
17.9.2010	35,0	5,5	3,1
28.9.2010	34,5	5,0	2,8
2.10.2010	31,2	4,6	2,6
14.10.2010	30,7	3,5	2,0

V2 - blok č.2	měřící body – vlhkost w [%]		
datum měření	1	2	3
	pod hydroizolací	nad hydroizolací	200 mm nad bodem 2
2.4.2009	28,5	1,9	1,0
3.4.2009	34,0	1,8	1,0
6.4.2009	32,6	1,9	1,0
7.4.2009	32,6	1,9	1,0
8.4.2009	33,0	2,0	1,0
16.4.2009	30,5	1,7	1,1
20.4.2009	30,0	1,8	1,0
22.4.2009	35,0	1,5	1,0
23.4.2009	38,5	1,4	1,0
28.4.2009	40,0	1,6	1,0
29.4.2009	40,0	1,6	1,0
30.4.2009	40,0	1,6	1,0
6.5.2009	37,5	1,2	0,9
7.5.2009	39,5	1,6	0,9
12.5.2009	39,3	1,9	1,0
13.5.2009	40,0	1,8	1,0
20.5.2009	38,3	1,7	1,0
1.6.2009	39,0	1,8	1,1
15.6.2009	39,5	2,0	1,2
18.6.2009	39,8	2,1	1,3
24.6.2009	39,4	2,2	1,5
1.7.2009	39,8	2,5	1,8
10.7.2009	40,0	2,6	2,0
14.7.2009	38,8	2,4	2,0
17.7.2009	40,0	2,5	2,2
28.7.2009	40,0	2,5	2,3
29.7.2009	40,0	2,5	2,3
4.8.2009	40,0	2,6	2,3
7.8.2009	40,0	2,3	2,2
11.8.2009	39,5	2,2	2,3
13.8.2009	40,0	2,4	2,3
18.8.2009	40,0	2,5	2,1
20.8.2009	40,0	2,3	2,2
26.8.2009	40,0	1,9	1,8
2.9.2009	39,8	2,0	1,6
11.9.2009	39,2	1,9	1,6
25.9.2009	38,9	1,8	1,3

7.10.2009	39,0	1,6	1,5
23.10.2009	37,5	1,8	1,6
28.10.2009	38,1	1,4	1,5
2.11.2009	37,8	1,5	1,4
12.11.2009	37,1	1,1	1,1
25.11.2009	36,8	0,8	1,2
1.12.2009	36,2	0,9	1,0
8.12.2009	37,5	0,7	1,0
9.12.2009	37,3	0,7	1,0
16.12.2009	37,0	0,6	1,1
21.12.2009	35,6	0,5	1,0
6.1.2010	33,9	0,3	0,9
8.1.2010	33,2	0,2	0,7
18.1.2010	32,9	0,3	0,8
25.1.2010	32,1	0,3	0,7
29.1.2010	33,0	0,3	0,7
2.2.2010	34,2	0,2	0,6
10.2.2010	35,4	0,2	0,7
23.2.2010	35,6	0,1	0,5
11.3.2010	35,8	0,0	0,6
29.3.2010	35,6	0,3	0,5
7.4.2010	35,1	0,4	0,4
16.4.2010	35,8	0,5	0,3
23.4.2010	35,3	0,3	0,3
7.5.2010	36,6	0,5	0,6
17.5.2010	35,9	0,6	0,6
25.5.2010	36,6	0,8	0,8
10.6.2010	37,0	0,9	0,9
27.6.2010	37,1	1,0	1,1
30.6.2010	38,0	1,3	2,1
14.7.2010	38,2	1,8	2,2
23.7.2010	39,5	2,1	2,3
3.8.2010	40,0	2,3	2,3
17.8.2010	40,0	2,2	2,3
26.8.2010	38,9	2,0	2,1
7.9.2010	39,0	1,5	2,2
17.9.2010	40,0	1,5	1,9
28.9.2010	37,5	1,1	1,8
2.10.2010	37,2	1,0	1,6
14.10.2010	36,9	1,0	1,5

V3 - blok č.3	měřící body – vlhkost w [%]		
datum měření	1	2	3
	pod hydroizolací	nad hydroizolací	200 mm nad bodem 2
2.4.2009	28,1	0,9	0,9
3.4.2009	31,9	0,9	1,1
6.4.2009	37,0	1,1	1,1
7.4.2009	37,0	1,1	1,1
8.4.2009	36,6	1,1	1,6
16.4.2009	33,8	1,6	1,7
20.4.2009	31,8	1,3	1,5
22.4.2009	36,4	1,3	1,4
23.4.2009	37,0	1,2	1,2
28.4.2009	36,2	1,1	1,1
29.4.2009	36,3	1,0	1,0
30.4.2009	37,0	1,0	0,8
6.5.2009	36,7	0,9	0,9
7.5.2009	37,0	0,9	1,0
12.5.2009	38,0	1,5	1,4
13.5.2009	38,0	1,5	1,4
20.5.2009	37,4	2,1	2,0
1.6.2009	37,0	2,5	2,3
15.6.2009	37,8	2,9	2,4
18.6.2009	38,0	3,1	2,6
24.6.2009	39,1	3,5	3,1
1.7.2009	39,3	4,1	3,8
10.7.2009	39,7	4,6	4,0
14.7.2009	38,5	4,4	3,9
17.7.2009	39,0	4,8	4,0
28.7.2009	40,0	5,0	4,5
29.7.2009	39,0	5,0	4,5
4.8.2009	40,0	5,0	4,1
7.8.2009	39,4	5,0	4,2
11.8.2009	39,5	4,7	4,2
13.8.2009	40,0	4,4	4,5
18.8.2009	40,0	4,5	4,1
20.8.2009	40,0	4,4	4,1
26.8.2009	39,6	4,0	3,2
2.9.2009	39,4	3,8	2,8
11.9.2009	39,1	3,6	2,9
25.9.2009	39,0	3,7	2,6

7.10.2009	40,0	3,5	2,1
23.10.2009	40,0	3,1	1,9
28.10.2009	38,9	2,8	1,9
2.11.2009	38,5	2,9	1,8
12.11.2009	38,6	2,6	1,7
25.11.2009	38,2	2,2	1,5
1.12.2009	38,4	2,3	1,4
8.12.2009	38,0	1,9	1,3
9.12.2009	38,0	2,0	1,5
16.12.2009	37,5	1,8	1,1
21.12.2009	36,5	1,1	0,9
6.1.2010	36,1	0,7	0,7
8.1.2010	34,6	0,7	0,6
18.1.2010	34,5	0,7	0,6
25.1.2010	34,0	0,7	0,7
29.1.2010	35,0	0,6	0,5
2.2.2010	37,1	0,6	0,2
10.2.2010	37,2	0,6	0,2
23.2.2010	33,1	0,6	0,4
11.3.2010	33,3	0,5	0,3
29.3.2010	33,9	0,6	0,4
7.4.2010	33,5	0,8	0,6
16.4.2010	33,2	0,9	0,5
23.4.2010	33,1	0,9	0,5
7.5.2010	36,9	1,1	0,8
17.5.2010	36,8	1,2	1,0
25.5.2010	37,0	1,8	1,1
10.6.2010	36,9	2,2	2,0
27.6.2010	36,2	3,2	2,3
30.6.2010	36,5	3,5	2,3
14.7.2010	39,0	3,9	2,5
23.7.2010	39,5	4,2	3,5
3.8.2010	40,0	4,8	4,2
17.8.2010	39,6	4,6	4,2
26.8.2010	39,1	4,2	4,0
7.9.2010	38,0	4,0	3,5
17.9.2010	37,4	3,5	3,1
28.9.2010	37,9	3,2	2,9
2.10.2010	37,5	3,2	2,3
14.10.2010	37,4	3,0	2,2

V4 - blok č.4	měřící body – vlhkost w [%]		
datum měření	1	2	3
	pod hydroizolací	nad hydroizolací	200 mm nad bodem 2
2.4.2009	32,0	2,0	1,1
3.4.2009	33,3	1,9	1,1
6.4.2009	36,0	1,9	1,9
7.4.2009	36,0	1,9	1,4
8.4.2009	37,4	2,1	1,3
16.4.2009	34,2	2,1	1,1
20.4.2009	33,2	2,0	1,1
22.4.2009	36,0	2,0	1,1
23.4.2009	38,0	2,0	1,1
28.4.2009	40,0	2,0	1,2
29.4.2009	39,0	1,8	1,2
30.4.2009	38,0	1,9	1,3
6.5.2009	38,0	2,0	1,0
7.5.2009	37,0	1,8	1,1
12.5.2009	37,4	2,0	1,1
13.5.2009	40,0	2,0	1,1
20.5.2009	40,0	2,1	1,1
1.6.2009	39,0	2,1	1,0
15.6.2009	39,5	2,3	1,1
18.6.2009	39,9	2,4	1,4
24.6.2009	39,8	2,5	1,9
1.7.2009	40,0	2,8	2,0
10.7.2009	40,0	2,8	2,2
14.7.2009	40,0	2,8	2,1
17.7.2009	40,0	3,2	2,5
28.7.2009	40,0	3,2	2,8
29.7.2009	40,0	3,5	2,7
4.8.2009	40,0	3,5	3,1
7.8.2009	40,0	3,6	3,0
11.8.2009	40,0	3,8	3,2
13.8.2009	40,0	3,7	3,2
18.8.2009	39,2	3,7	3,1
20.8.2009	40,0	3,7	3,2
26.8.2009	40,0	3,7	2,7
2.9.2009	39,4	3,2	2,6
11.9.2009	40,0	3,2	2,8
25.9.2009	39,2	2,9	2,6

7.10.2009	38,9	2,8	2,5
23.10.2009	37,8	3,0	2,5
28.10.2009	38,0	2,8	2,4
2.11.2009	37,5	2,6	2,3
12.11.2009	36,2	2,5	2,1
25.11.2009	36,0	2,4	2,1
1.12.2009	35,0	2,5	2,0
8.12.2009	38,4	2,5	1,7
9.12.2009	38,4	2,6	2,0
16.12.2009	38,0	2,4	1,4
21.12.2009	37,6	2,3	1,1
6.1.2010	34,8	2,1	0,8
8.1.2010	33,0	1,8	0,7
18.1.2010	32,9	1,9	0,7
25.1.2010	32,9	1,8	0,8
29.1.2010	33,0	1,7	0,8
2.2.2010	33,5	1,6	0,9
10.2.2010	35,7	1,5	1,0
23.2.2010	33,0	1,4	0,8
11.3.2010	32,5	1,2	0,7
29.3.2010	31,7	1,1	0,7
7.4.2010	31,8	1,1	0,7
16.4.2010	33,1	1,4	0,8
23.4.2010	33,0	1,1	0,7
7.5.2010	37,3	1,1	0,7
17.5.2010	37,1	1,0	0,9
25.5.2010	37,0	1,0	1,0
10.6.2010	37,8	1,5	1,1
27.6.2010	39,0	2,0	1,5
30.6.2010	40,0	2,5	1,7
14.7.2010	40,0	2,8	2,1
23.7.2010	39,8	3,3	2,8
3.8.2010	39,5	3,7	3,1
17.8.2010	38,9	3,0	2,8
26.8.2010	39,5	3,2	2,8
7.9.2010	39,0	3,0	2,5
17.9.2010	38,0	3,4	2,1
28.9.2010	37,9	2,5	1,9
2.10.2010	39,1	2,3	1,8
14.10.2010	39,4	2,3	1,9

V5 - blok č.5	měřící body – vlhkost w [%]		
datum měření	1	2	3
	pod hydroizolací	nad hydroizolací	200 mm nad bodem 2
2.4.2009	27,4	13,2	9,6
3.4.2009	27,5	13,5	9,7
6.4.2009	33,6	16,5	9,3
7.4.2009	33,6	16,5	9,3
8.4.2009	33,8	18,0	9,8
16.4.2009	34,6	29,4	10,3
20.4.2009	32,8	29,1	9,0
22.4.2009	33,0	28,5	9,4
23.4.2009	32,6	27,9	9,3
28.4.2009	34,0	28,0	8,8
29.4.2009	33,2	28,4	9,2
30.4.2009	33,0	26,8	9,2
6.5.2009	32,1	27,1	9,1
7.5.2009	33,5	29,0	8,7
12.5.2009	33,0	28,4	10,1
13.5.2009	34,0	30,2	9,5
20.5.2009	33,6	32,0	10,5
1.6.2009	32,0	30,0	12,5
15.6.2009	31,5	29,9	13,1
18.6.2009	31,2	30,0	14,3
24.6.2009	31,5	29,0	15,5
1.7.2009	32,0	29,5	16,9
10.7.2009	32,5	29,0	17,2
14.7.2009	31,7	28,7	17,7
17.7.2009	32,5	29,4	18,0
28.7.2009	34,6	32,3	18,5
29.7.2009	35,5	30,0	18,4
4.8.2009	36,0	31,7	19,7
7.8.2009	37,6	30,3	19,2
11.8.2009	40,0	30,0	19,2
13.8.2009	38,0	30,0	19,8
18.8.2009	36,5	29,0	19,7
20.8.2009	37,0	29,0	19,7
26.8.2009	37,5	28,5	19,9
2.9.2009	36,5	28,0	19,1
11.9.2009	36,6	27,6	19,5
25.9.2009	35,0	27,8	19,8

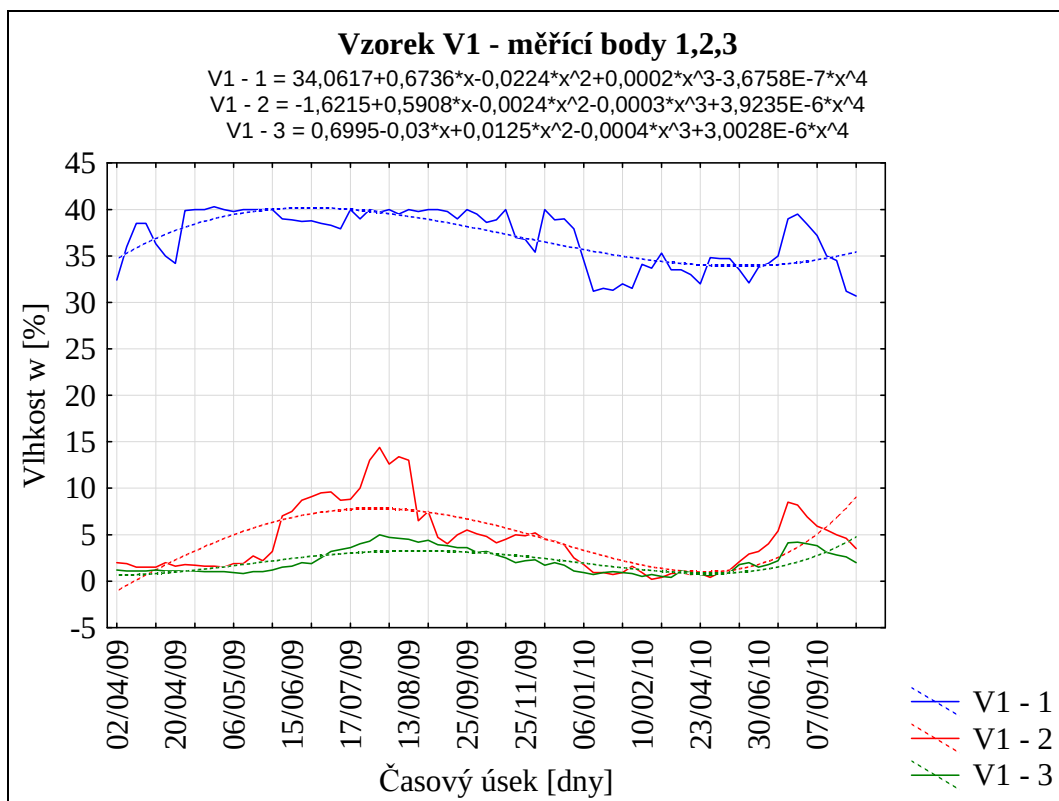
7.10.2009	34,6	27,1	18,9
23.10.2009	32,6	26,5	19,6
28.10.2009	31,0	26,3	20,1
2.11.2009	29,8	25,7	22,0
12.11.2009	29,5	24,6	21,5
25.11.2009	28,8	24,1	21,1
1.12.2009	28,4	23,1	21,7
8.12.2009	27,5	23,5	21,5
9.12.2009	29,2	24,0	21,2
16.12.2009	28,0	23,1	20,0
21.12.2009	27,5	23,0	18,1
6.1.2010	27,1	21,1	17,9
8.1.2010	26,0	20,8	17,9
18.1.2010	26,0	20,9	18,1
25.1.2010	25,7	21,0	18,0
29.1.2010	25,6	21,1	18,0
2.2.2010	25,7	21,2	17,3
10.2.2010	27,9	21,5	16,5
23.2.2010	28,0	22,3	15,6
11.3.2010	27,6	22,7	15,1
29.3.2010	27,7	23,5	15,3
7.4.2010	28,4	23,8	16,1
16.4.2010	29,1	24,0	15,0
23.4.2010	29,4	24,3	16,4
7.5.2010	32,1	26,3	17,5
17.5.2010	32,0	26,1	18,1
25.5.2010	31,1	25,3	18,4
10.6.2010	30,1	26,4	19,9
27.6.2010	29,4	27,0	23,2
30.6.2010	31,0	28,1	21,8
14.7.2010	35,5	28,2	21,5
23.7.2010	38,1	29,0	21,9
3.8.2010	39,0	29,0	22,1
17.8.2010	38,5	28,8	22,0
26.8.2010	37,9	29,1	22,1
7.9.2010	38,1	28,0	19,5
17.9.2010	34,8	28,2	19,9
28.9.2010	35,0	27,9	22,3
2.10.2010	33,1	28,2	26,1
14.10.2010	31,8	28,7	29,2

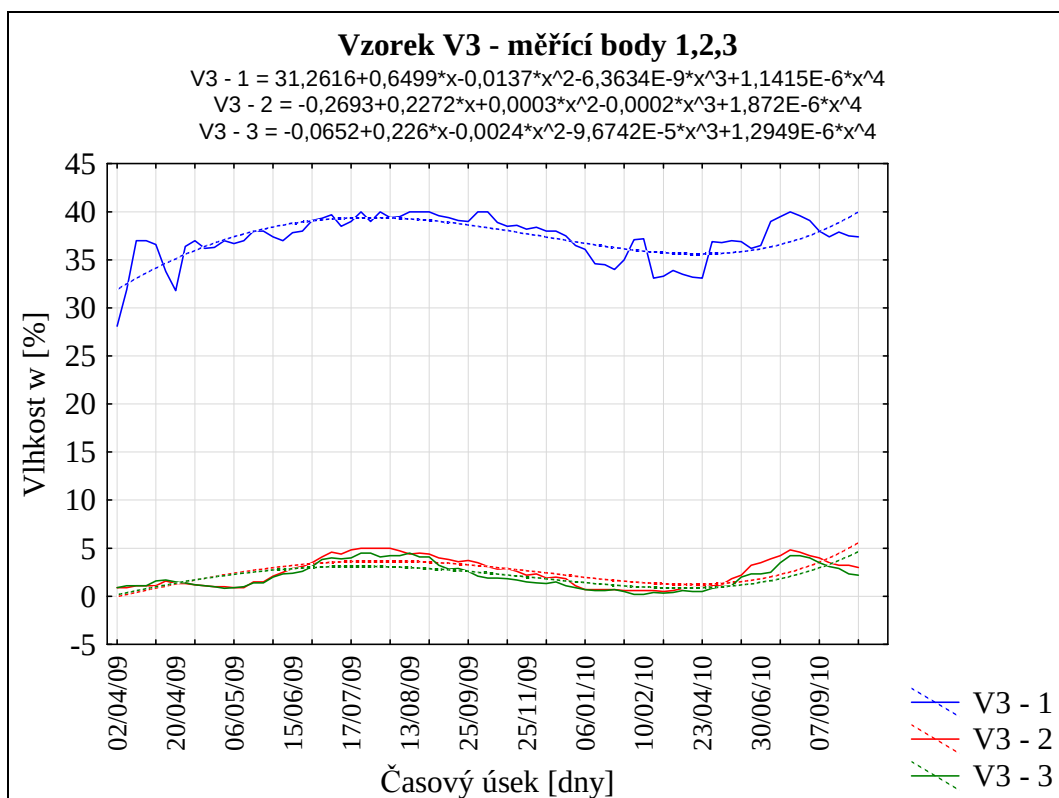
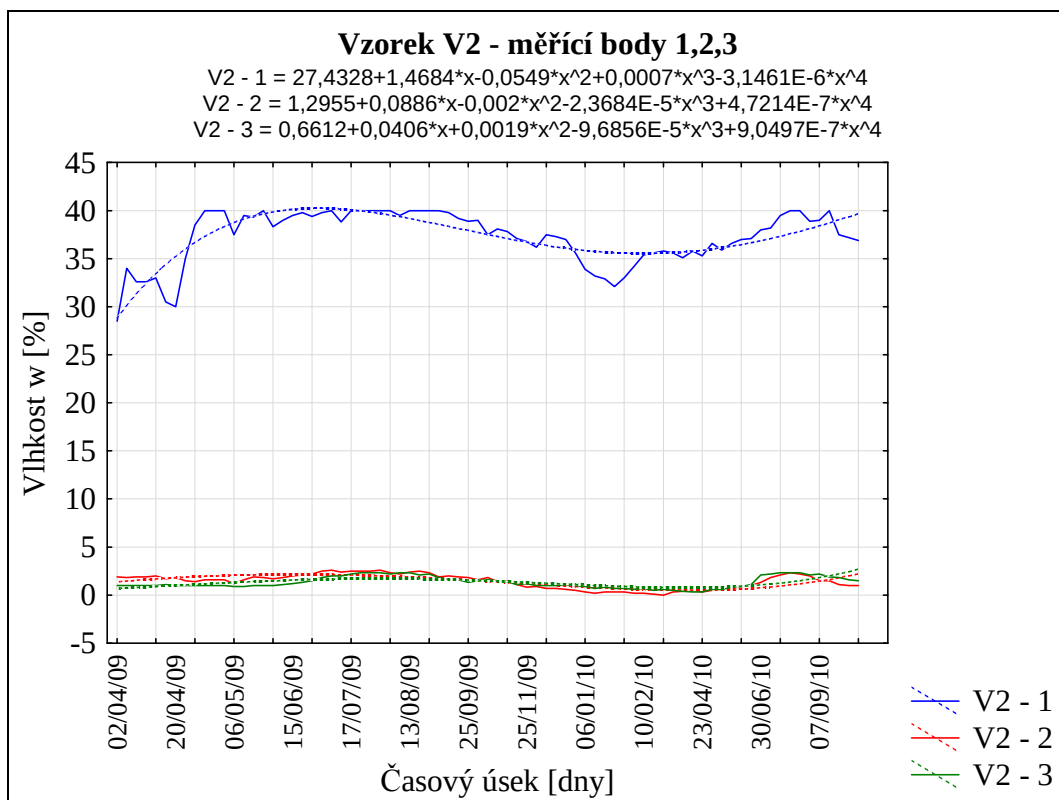
V6 - blok č.6	měřící bod – vlhkost w [%]
datum měření	2
2.4.2009	0,5
3.4.2009	0,5
6.4.2009	0,3
7.4.2009	0,3
8.4.2009	0,3
16.4.2009	0,5
20.4.2009	0,5
22.4.2009	0,6
23.4.2009	0,6
28.4.2009	0,3
29.4.2009	0,3
30.4.2009	0,5
6.5.2009	0,2
7.5.2009	0,4
12.5.2009	0,4
13.5.2009	0,5
20.5.2009	0,7
1.6.2009	0,8
15.6.2009	0,8
18.6.2009	0,7
24.6.2009	1,2
1.7.2009	2,5
10.7.2009	3,8
14.7.2009	4,2
17.7.2009	4,5
28.7.2009	4,5
29.7.2009	5,1
4.8.2009	5,7
7.8.2009	5,3
11.8.2009	5,7
13.8.2009	5,8
18.8.2009	5,7
20.8.2009	5,6
26.8.2009	4,9
2.9.2009	3,9
11.9.2009	3,9
25.9.2009	3,8
7.10.2009	3,6

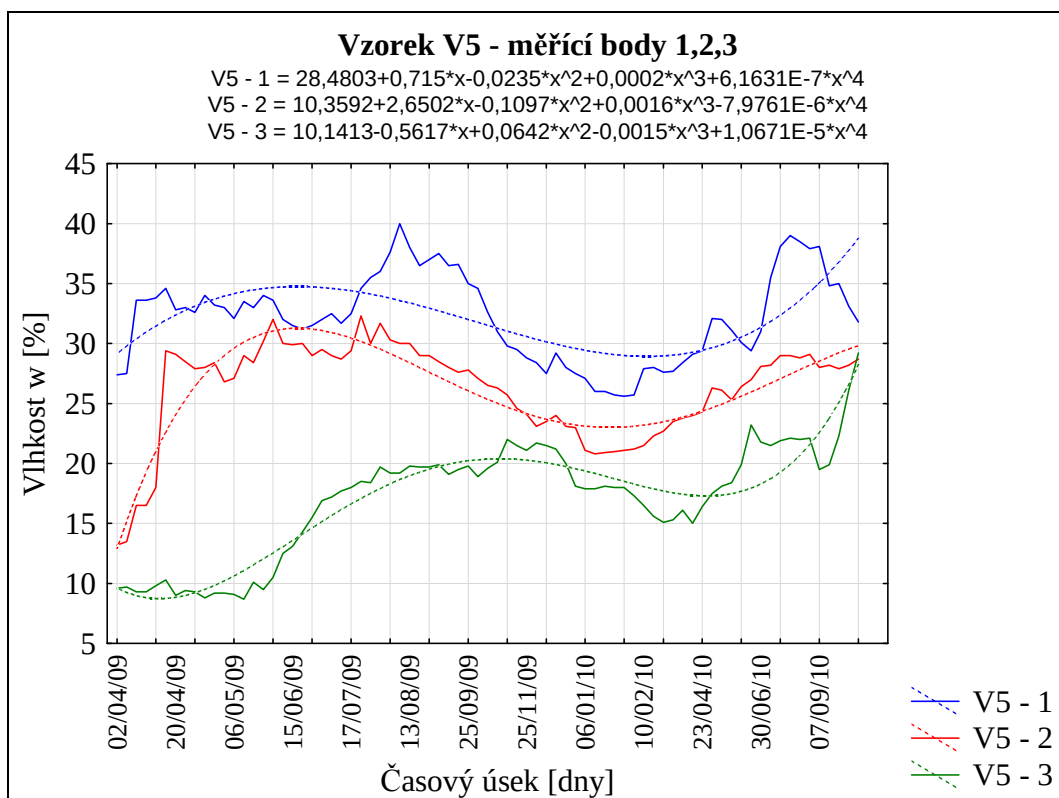
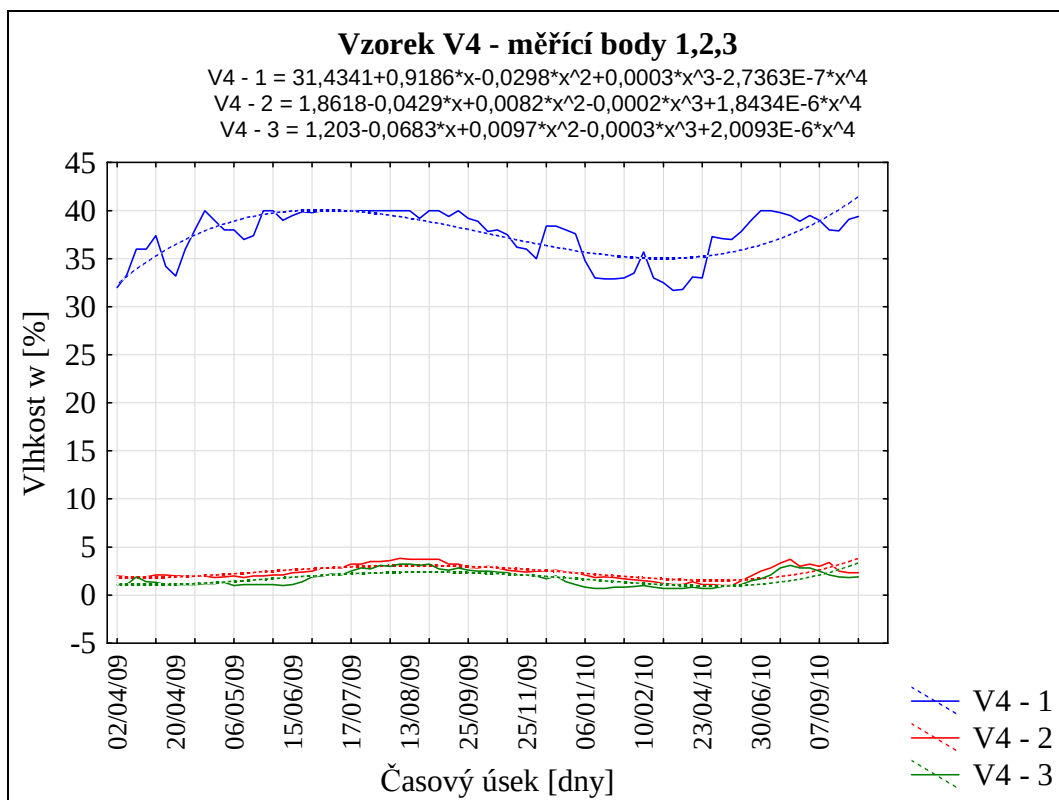
23.10.2009	3,4
28.10.2009	3,5
2.11.2009	3,6
12.11.2009	3,5
25.11.2009	3,4
1.12.2009	3,4
8.12.2009	3,3
9.12.2009	3,3
16.12.2009	2,6
21.12.2009	2,5
6.1.2010	2,1
8.1.2010	1,9
18.1.2010	1,8
25.1.2010	1,8
29.1.2010	1,7
2.2.2010	1,8
10.2.2010	1,4
23.2.2010	1,0
11.3.2010	1,0
29.3.2010	0,9
7.4.2010	1,0
16.4.2010	0,8
23.4.2010	0,8
7.5.2010	0,6
17.5.2010	1,1
25.5.2010	1,1
10.6.2010	1,5
27.6.2010	2,6
30.6.2010	2,7
14.7.2010	3,3
23.7.2010	4,5
3.8.2010	5,5
17.8.2010	5,4
26.8.2010	4,9
7.9.2010	3,5
17.9.2010	3,0
28.9.2010	3,1
2.10.2010	2,6
14.10.2010	2,4

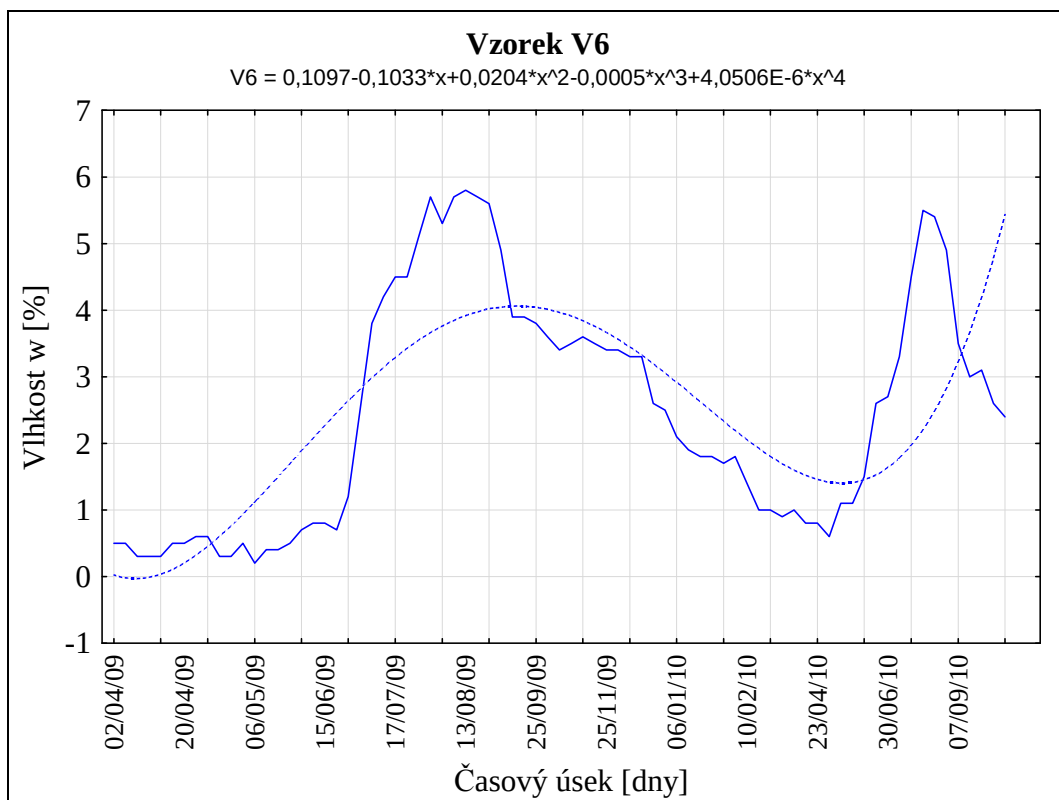
10.2 Grafy průběhu naměřených hodnot vlhkosti w

Ve spojnicových grafech níže jsou znázorněny průběhy naměřených hodnot u jednotlivých vzorků s proložením spojnice trendu typu polynomickeho, 4-tého stupně a jejich rovnice.









10.3 Hodnoty rozdílů mezi body 1 a 2 a účinnost

V1 - blok č.1		
datum měření	rozdíl mezi polohou 1 a 2 vlhkost w [% hm.]	poměr mezi hodnotami polohy 1 a 2 [%]
2.4.2009	30,4	93,8
3.4.2009	34,1	94,7
6.4.2009	37,0	96,1
7.4.2009	37,0	96,1
8.4.2009	34,8	95,9
16.4.2009	33,0	94,3
20.4.2009	32,6	95,3
22.4.2009	38,1	95,5
23.4.2009	38,3	95,8
28.4.2009	38,4	96,0
29.4.2009	38,7	96,0
30.4.2009	38,5	96,3
6.5.2009	37,9	95,2
7.5.2009	38,1	95,3
12.5.2009	37,3	93,3
13.5.2009	37,8	94,5
20.5.2009	36,8	92,0
1.6.2009	32,0	82,1
15.6.2009	31,4	80,7
18.6.2009	30,0	77,5
24.6.2009	29,7	76,5
1.7.2009	29,0	75,3
10.7.2009	28,7	74,9
14.7.2009	29,2	77,0
17.7.2009	31,2	78,0
28.7.2009	29,0	74,4
29.7.2009	27,0	67,5
4.8.2009	25,3	63,7
7.8.2009	27,4	68,5
11.8.2009	26,1	66,1
13.8.2009	27,0	67,5
18.8.2009	33,3	83,7
20.8.2009	32,5	81,3
26.8.2009	35,3	88,3
2.9.2009	35,8	89,9
11.9.2009	34,0	87,2
25.9.2009	34,5	86,3

7.10.2009	34,4	87,1
23.10.2009	33,8	87,6
28.10.2009	34,8	89,5
2.11.2009	35,5	88,8
12.11.2009	32,0	86,5
25.11.2009	31,9	86,7
1.12.2009	30,2	85,3
8.12.2009	35,5	88,8
9.12.2009	34,6	88,9
16.12.2009	35,1	90,0
21.12.2009	35,4	93,4
6.1.2010	32,7	94,8
8.1.2010	30,3	97,1
18.1.2010	30,6	97,1
25.1.2010	30,6	97,8
29.1.2010	31,1	97,2
2.2.2010	29,9	94,9
10.2.2010	33,2	97,4
23.2.2010	33,5	99,4
11.3.2010	34,9	98,9
29.3.2010	32,7	97,6
7.4.2010	32,6	97,3
16.4.2010	32,3	97,9
23.4.2010	31,2	97,5
7.5.2010	34,4	98,9
17.5.2010	33,8	97,4
25.5.2010	33,5	96,5
10.6.2010	31,4	93,7
27.6.2010	29,2	91,0
30.6.2010	30,6	90,5
14.7.2010	30,2	88,3
23.7.2010	29,6	84,6
3.8.2010	30,5	78,2
17.8.2010	31,3	79,2
26.8.2010	31,5	82,0
7.9.2010	31,3	84,1
17.9.2010	29,5	84,3
28.9.2010	29,5	85,5
2.10.2010	26,6	85,3
14.10.2010	27,2	88,6

V2 - blok č.2		
datum měření	rozdíl mezi polohou 1 a 2 vlhkost w [% hm.]	poměr mezi hodnotami polohy 1 a 2 [%]
2.4.2009	26,6	93,3
3.4.2009	32,2	94,7
6.4.2009	30,7	94,2
7.4.2009	30,7	94,2
8.4.2009	31,0	93,9
16.4.2009	28,8	94,4
20.4.2009	28,2	94,0
22.4.2009	33,5	95,7
23.4.2009	37,1	96,4
28.4.2009	38,4	96,0
29.4.2009	38,4	96,0
30.4.2009	38,4	96,0
6.5.2009	36,3	96,8
7.5.2009	37,9	95,9
12.5.2009	37,4	95,2
13.5.2009	38,2	95,5
20.5.2009	36,6	95,6
1.6.2009	37,2	95,4
15.6.2009	37,5	94,9
18.6.2009	37,7	94,7
24.6.2009	37,2	94,4
1.7.2009	37,3	93,7
10.7.2009	37,4	93,5
14.7.2009	36,4	93,8
17.7.2009	37,5	93,8
28.7.2009	37,5	93,8
29.7.2009	37,5	93,8
4.8.2009	37,4	93,5
7.8.2009	37,7	94,3
11.8.2009	37,3	94,4
13.8.2009	37,6	94,0
18.8.2009	37,5	93,8
20.8.2009	37,7	94,3
26.8.2009	38,1	95,3
2.9.2009	37,8	95,0
11.9.2009	37,3	95,2
25.9.2009	37,1	95,4
7.10.2009	37,4	95,9
23.10.2009	35,7	95,2
28.10.2009	36,7	96,3

2.11.2009	36,3	96,0
12.11.2009	36,0	97,0
25.11.2009	36,0	97,8
1.12.2009	35,3	97,5
8.12.2009	36,8	98,1
9.12.2009	36,6	98,1
16.12.2009	36,4	98,4
21.12.2009	35,1	98,6
6.1.2010	33,6	99,1
8.1.2010	33,0	99,4
18.1.2010	32,6	99,1
25.1.2010	31,8	99,1
29.1.2010	32,7	99,1
2.2.2010	34,0	99,4
10.2.2010	35,2	99,4
23.2.2010	35,5	99,7
11.3.2010	35,8	100,0
29.3.2010	35,3	99,2
7.4.2010	34,7	98,9
16.4.2010	35,3	98,6
23.4.2010	35,0	99,2
7.5.2010	36,1	98,6
17.5.2010	35,3	98,3
25.5.2010	35,8	97,8
10.6.2010	36,1	97,6
27.6.2010	36,1	97,3
30.6.2010	36,7	96,6
14.7.2010	36,4	95,3
23.7.2010	37,4	94,7
3.8.2010	37,7	94,3
17.8.2010	37,8	94,5
26.8.2010	36,9	94,9
7.9.2010	37,5	96,2
17.9.2010	38,5	96,3
28.9.2010	36,4	97,1
2.10.2010	36,2	97,3
14.10.2010	35,9	97,3

V3 - blok č.3		
datum měření	rozdíl mezi polohou 1 a 2 vlhkost w [% hm.]	poměr mezi hodnotami polohy 1 a 2 [%]
2.4.2009	27,2	96,8
3.4.2009	31,0	97,2
6.4.2009	35,9	97,0
7.4.2009	35,9	97,0
8.4.2009	35,5	97,0
16.4.2009	32,2	95,3
20.4.2009	30,5	95,9
22.4.2009	35,1	96,4
23.4.2009	35,8	96,8
28.4.2009	35,1	97,0
29.4.2009	35,3	97,2
30.4.2009	36,0	97,3
6.5.2009	35,8	97,5
7.5.2009	36,1	97,6
12.5.2009	36,5	96,1
13.5.2009	36,5	96,1
20.5.2009	35,3	94,4
1.6.2009	34,5	93,2
15.6.2009	34,9	92,3
18.6.2009	34,9	91,8
24.6.2009	35,6	91,0
1.7.2009	35,2	89,6
10.7.2009	35,1	88,4
14.7.2009	34,1	88,6
17.7.2009	34,2	87,7
28.7.2009	35,0	87,5
29.7.2009	34,0	87,2
4.8.2009	35,0	87,5
7.8.2009	34,4	87,3
11.8.2009	34,8	88,1
13.8.2009	35,6	89,0
18.8.2009	35,5	88,8
20.8.2009	35,6	89,0
26.8.2009	35,6	89,9
2.9.2009	35,6	90,4
11.9.2009	35,5	90,8
25.9.2009	35,3	90,5
7.10.2009	36,5	91,3
23.10.2009	36,9	92,3
28.10.2009	36,1	92,8

2.11.2009	35,6	92,5
12.11.2009	36,0	93,3
25.11.2009	36,0	94,2
1.12.2009	36,1	94,0
8.12.2009	36,1	95,0
9.12.2009	36,0	94,7
16.12.2009	35,7	95,2
21.12.2009	35,4	97,0
6.1.2010	35,4	98,1
8.1.2010	33,9	98,0
18.1.2010	33,8	98,0
25.1.2010	33,3	97,9
29.1.2010	34,4	98,3
2.2.2010	36,5	98,4
10.2.2010	36,6	98,4
23.2.2010	32,5	98,2
11.3.2010	32,8	98,5
29.3.2010	33,3	98,2
7.4.2010	32,7	97,6
16.4.2010	32,3	97,3
23.4.2010	32,2	97,3
7.5.2010	35,8	97,0
17.5.2010	35,6	96,7
25.5.2010	35,2	95,1
10.6.2010	34,7	94,0
27.6.2010	33,0	91,2
30.6.2010	33,0	90,4
14.7.2010	35,1	90,0
23.7.2010	35,3	89,4
3.8.2010	35,2	88,0
17.8.2010	35,0	88,4
26.8.2010	34,9	89,3
7.9.2010	34,0	89,5
17.9.2010	33,9	90,6
28.9.2010	34,7	91,6
2.10.2010	34,3	91,5
14.10.2010	34,4	92,0

V4 - blok č.4		
datum měření	rozdíl mezi polohou 1 a 2 vlhkost w [% hm.]	poměr mezi hodnotami polohy 1 a 2 [%]
2.4.2009	30,0	93,8
3.4.2009	31,4	94,3
6.4.2009	34,1	94,7
7.4.2009	34,1	94,7
8.4.2009	35,3	94,4
16.4.2009	32,1	93,9
20.4.2009	31,2	94,0
22.4.2009	34,0	94,4
23.4.2009	36,0	94,7
28.4.2009	38,0	95,0
29.4.2009	37,2	95,4
30.4.2009	36,1	95,0
6.5.2009	36,0	94,7
7.5.2009	35,2	95,1
12.5.2009	35,4	94,7
13.5.2009	38,0	95,0
20.5.2009	37,9	94,8
1.6.2009	36,9	94,6
15.6.2009	37,2	94,2
18.6.2009	37,5	94,0
24.6.2009	37,3	93,7
1.7.2009	37,2	93,0
10.7.2009	37,2	93,0
14.7.2009	37,2	93,0
17.7.2009	36,8	92,0
28.7.2009	36,8	92,0
29.7.2009	36,5	91,3
4.8.2009	36,5	91,3
7.8.2009	36,4	91,0
11.8.2009	36,2	90,5
13.8.2009	36,3	90,8
18.8.2009	35,5	90,6
20.8.2009	36,3	90,8
26.8.2009	36,3	90,8
2.9.2009	36,2	91,9
11.9.2009	36,8	92,0
25.9.2009	36,3	92,6
7.10.2009	36,1	92,8
23.10.2009	34,8	92,1
28.10.2009	35,2	92,6

2.11.2009	34,9	93,1
12.11.2009	33,7	93,1
25.11.2009	33,6	93,3
1.12.2009	32,5	92,9
8.12.2009	35,9	93,5
9.12.2009	35,8	93,2
16.12.2009	35,6	93,7
21.12.2009	35,3	93,9
6.1.2010	32,7	94,0
8.1.2010	31,2	94,5
18.1.2010	31,0	94,2
25.1.2010	31,1	94,5
29.1.2010	31,3	94,8
2.2.2010	31,9	95,2
10.2.2010	34,2	95,8
23.2.2010	31,6	95,8
11.3.2010	31,3	96,3
29.3.2010	30,6	96,5
7.4.2010	30,7	96,5
16.4.2010	31,7	95,8
23.4.2010	31,9	96,7
7.5.2010	36,2	97,1
17.5.2010	36,1	97,3
25.5.2010	36,0	97,3
10.6.2010	36,3	96,0
27.6.2010	37,0	94,9
30.6.2010	37,5	93,8
14.7.2010	37,2	93,0
23.7.2010	36,5	91,7
3.8.2010	35,8	90,6
17.8.2010	35,9	92,3
26.8.2010	36,3	91,9
7.9.2010	36,0	92,3
17.9.2010	34,6	91,1
28.9.2010	35,4	93,4
2.10.2010	36,8	94,1
14.10.2010	37,1	94,2

V5 - blok č.5		
datum měření	rozdíl mezi polohou 1 a 2 vlhkost w [% hm.]	poměr mezi hodnotami polohy 1 a 2 [%]
2.4.2009	14,2	51,8
3.4.2009	14,0	50,9
6.4.2009	17,1	50,9
7.4.2009	17,1	50,9
8.4.2009	15,8	46,7
16.4.2009	5,2	15,0
20.4.2009	3,7	11,3
22.4.2009	4,5	13,6
23.4.2009	4,7	14,4
28.4.2009	6,0	17,6
29.4.2009	4,8	14,5
30.4.2009	6,2	18,8
6.5.2009	5,0	15,6
7.5.2009	4,5	13,4
12.5.2009	4,6	13,9
13.5.2009	3,8	11,2
20.5.2009	1,6	4,8
1.6.2009	2,0	6,3
15.6.2009	1,6	5,1
18.6.2009	1,2	3,8
24.6.2009	2,5	7,9
1.7.2009	2,5	7,8
10.7.2009	3,5	10,8
14.7.2009	3,0	9,5
17.7.2009	3,1	9,5
28.7.2009	2,3	6,6
29.7.2009	5,5	15,5
4.8.2009	4,3	11,9
7.8.2009	7,3	19,4
11.8.2009	10,0	25,0
13.8.2009	8,0	21,1
18.8.2009	7,5	20,5
20.8.2009	8,0	21,6
26.8.2009	9,0	24,0
2.9.2009	8,5	23,3
11.9.2009	9,0	24,6
25.9.2009	7,2	20,6
7.10.2009	7,5	21,7
23.10.2009	6,1	18,7
28.10.2009	4,7	15,2

2.11.2009	4,1	13,8
12.11.2009	4,9	16,6
25.11.2009	4,7	16,3
1.12.2009	5,3	18,7
8.12.2009	4,0	14,5
9.12.2009	5,2	17,8
16.12.2009	4,9	17,5
21.12.2009	4,5	16,4
6.1.2010	6,0	22,1
8.1.2010	5,2	20,0
18.1.2010	5,1	19,6
25.1.2010	4,7	18,3
29.1.2010	4,5	17,6
2.2.2010	4,5	17,5
10.2.2010	6,4	22,9
23.2.2010	5,7	20,4
11.3.2010	4,9	17,8
29.3.2010	4,2	15,2
7.4.2010	4,6	16,2
16.4.2010	5,1	17,5
23.4.2010	5,1	17,3
7.5.2010	5,8	18,1
17.5.2010	5,9	18,4
25.5.2010	5,8	18,6
10.6.2010	3,7	12,3
27.6.2010	2,4	8,2
30.6.2010	2,9	9,4
14.7.2010	7,3	20,6
23.7.2010	9,1	23,9
3.8.2010	10,0	25,6
17.8.2010	9,7	25,2
26.8.2010	8,8	23,2
7.9.2010	10,1	26,5
17.9.2010	6,6	19,0
28.9.2010	7,1	20,3
2.10.2010	4,9	14,8
14.10.2010	3,1	9,7

10.4 Technické listy



Technický list č. 50 102-2
Číslo verze: 2
Datum verze: 2012-02-17
Stránka 1/2

Technický list

BITUBITAGIT PE V60S35

1. NÁZEV VÝROBKU: BITUBITAGIT PE V60S35

2. TECHNICKÁ SPECIFIKACE:

ČSN EN 13 707 + A2: 2009 Hydroizolační pásy a fólie - Vyztužené asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Definice a charakteristiky
ČSN EN 13 959:2005 + A1:2007 Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy do izolace proti vlhkosti a asfaltové pásy do izolace proti tlakové vodě - Definice a charakteristiky

3. ÚČEL POUŽITÍ:

- Hydroizolace střech. Ve skladbě střešního pláště se pás používá pro podkladní vrstvy a mezivrstvy. U vícevrstvých systémů se doporučuje pás kombinovat s pásem s nosnou vložkou z netkaného rohu ze syntetických vláken nebo skelné tkaniny. Ve skladbě střešního pláště je možné dále pás využít jako parozábranu.
- Hydroizolace podzemních částí staveb a podzemních objektů proti zemní vlhkosti. Pás se navrhuje proti zemní vlhkosti zpravidla v jedné vrstvě.

4. ZPŮSOB POUŽITÍ:

Pásy se zpracovávají lepením nebo natavováním na vhodný podklad. Pro funkci parozábrany v případě silikátového podkladu se pás bodově natavuje. Minimální teplota ovzduší i vlastního pásu při zpracování je +5 °C. Velikost příčných a podélných spojů (přesahů) je 100 (min. 80) mm.

5. SLOŽENÍ PÁSU

Uprava horního povrchu pásu: Jemnozrný minerální posyp.

Asfaltová vrstva nad nosnou vložkou: Směs oxidovaného asfaltu s minerálními plnivými v celkové tloušťce min. 1 mm.

Nosná vložka: Nosná vložka ze skelné rohože.

Asfaltová vrstva pod nosnou vložkou: Směs oxidovaného asfaltu s minerálními plnivými v celkové tloušťce min. 1 mm.

Uprava dolního povrchu pásu: Lehce tavitelná polymerní folie.

6. BALENÍ, ZNAČENÍ, DOPRAVA, SKLADOVÁNÍ, ZÁRUKA

Balení: Pásy se dodávají v rolích o rozměrech 1m x 10m x 3,5mm. Role jsou zabezpečeny proti rozbalení pomocí balících pásek. Horní balící páska obsahuje zelený název výrobku, střední páska obsahuje podmínky použití a dolní páska obsahuje logo a adresu společnosti. Výrobky se dodávají na paletách fixovaných ve vertikální poloze. Naše společnost je zapojena do systému sdruženého plnění se společností EKOKOM.

Značení: Údaje o výrobku jsou uvedeny na balící pásce nebo na identifikačním štítku, případně jejich kombinací a splňují požadavky příslušných norem.

Doprava: Doprava rolí se provádí ve vertikální poloze v uzavřených dopravních prostředcích. Přepravu v nekrytých dopravních prostředcích lze provést pouze v tom případě, že výrobky jsou přepravovány na paletách zabezpečených smršťovací fólií.

Skládování: Role se skladují ve vertikální poloze na paletách. Role musí být chráněny před přímými povětrnostními vlivy, hlavně před slunečním zářením a jinými zdroji tepla, které by mohly způsobit jejich deformaci.

Záruka: Záruka na funkčnost je 5 roků.

rozměr pásu (š x d x tl.)	Počet rolí na paletě (ks)	Plocha role (m ²)	Plocha na paletě (m ²)	Váha palety Brutto cca (kg)
1x10mx3,5mm	20	10	200	962

7. CERTIFIKAČNÍ ZNAČKA

1023-CPD-0234F/c

1023-CPD-0377F





BITUBITAGIT PE V60S35

8. TECHNICKÉ PARAMETRY PÁSU

Charakteristika	Zkušební metoda/klasifikace	Jednotka	Hodnota nebo údaj
Dle ČSN EN 13 707 + A2, ČSN EN 13969 + A1			
Zjevné vady:	ČSN LN 1850-1:2000	-	bez zjevných vad
Délka:	ČSN LN 1848-1:2000	m	≥ 9,90
Šířka:	ČSN LN 1848-1:2000	m	≥ 0,99
Plošná hmotnost *:	ČSN LN 1849-1:2000	kg/m ²	4,65
Přímost:	ČSN LN 1848-1:2000	20 mm/10 m	vyhovuje
Tloušťka:	ČSN LN 1849-1:2000	mm	3,5+/-0,2
Vodotěsnost (10 kPa/24h):	ČSN LN 1928:2001	-	vyhovuje
Reakce na oheň:	ČSN LN 13501-1+A1:2010 ČSN LN ISO 11925-2:2011	-	třída L
Největší tahová síla - příčný směr:	ČSN LN 12311-1:2000	N/50 mm	300+/-80
Největší tahová síla - podélný směr:	ČSN LN 12311-1:2000	N/50 mm	600+/-150
Největší protažení - příčný směr:	ČSN LN 12311-1:2000	%	4,0+/-2,0
Největší protažení - podélný směr:	ČSN LN 12311-1:2000	%	4,0+/-2,0
Ohebnost při nízké teplotě:	ČSN LN 1109:2000	°C	≤ 0
Odolnost proti stékání při zvýšené teplotě:	ČSN LN 1110:2011	°C	≥ 80
Propustnost vodních par:	ČSN LN 1931:2001	-	3500+/-7000
Odolnost proti prorhávání (délka hřebíku) - příčný směr:	ČSN LN 12310-1:2000	N	100+/-30
Odolnost proti prorhávání (délka hřebíku) - podélný směr:	ČSN LN 12310-1:2000	N	100+/-30

výrobek neobsahuje nebezpečné látky

* Orientační údaj



LITHOPLAST, s.r.o., Branka 60, 624 00 Brno
 IČ 63496305, DIČ CZ63496305
 Tel.: +420 537 021 960, Fax: +420 539 017 214
 Web: www.lithoplast.cz, E-mail: lithoplast@lithoplast.cz
 Pobočky: Brno, Zdar nad Sázavou, Lanškroun

TECHNICKÝ LIST VÝROBKU PENEFOF 750

TABULKA ROZMĚRŮ

PENEFOF 750 – role

Objemová hmotnost	kg/m ³	750	750	750	750	750	750	750	750
Šířka	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tloušťka	mm	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	3	4
Délka	bm	100	50	50	50	50	30	30	30
Balení	m ² /roli	100	50	50	50	50	30	30	30
Plošná hmotnost	kg/m ²	0,45	0,6	0,75	0,9	1,125	1,5	2,25	3
Hmotnost balení	kg	45	30	37,5	45	56,25	45	67,5	90

Objemová hmotnost	kg/m ³	750	750	750	750	750	750	750	750
Šířka	mm	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Tloušťka	mm	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	3	4
Délka	bm	100	50	50	50	40	30	20	20
Balení	m ² /roli	140	70	70	70	56	42	28	28
Plošná hmotnost	kg/m ²	0,45	0,6	0,75	0,9	1,125	1,5	2,25	3
Hmotnost balení	kg	63	42	52,5	63	63	63	63	84

PENEFOF 750 – desky

Barva - vzhled		Č	Č	Č	Č	Č
Objemová hmotnost	kg/m ³	750	750	750	750	750
Šířka	mm	2,0	2,0	1,5	1,5	2,0
Tloušťka	mm	1010	455	1400	1400	1400
Délka	bm	0,455	1,515	1,200	1,000	1,000
Balení	m ² /ks	0,4596	0,6893	1,6800	1,4000	1,4000
Plošná hmotnost	kg/m ²	0,6893	1,0340	1,8900	1,5750	2,1000
Hmotnost balení	kg/10ks	6,893	10,340	18,900	15,750	21,000



3001 a 3015

LITHOPLAST, s.r.o. IČO 63496305

06

1020 - CPD - 060024753

EN 13967
PENEFOF 750

Izolační pás proti vlhkosti, typ A

Reakce na oheň	ČSN EN 13501	F	
Tahové vlastnosti	ČSN EN 12311-2	metoda A (tl. 1,0 mm)	tělísko dle ISO 1798
Pevnost v tahu v podélném směru		380 N/50mm	7,6 N/mm ²
Pevnost v tahu v příčném směru		300 N/50mm	6,0 N/mm ²
Tažnost v podélném směru		230 %	
Tažnost v příčném směru		230 %	
Odolnost proti statickému zatížení	ČSN EN 12730	metoda 3	
		vyhovuje při 20 kg	
Vodotěsnost	ČSN EN 1928	metoda 3	
		vyhovuje při 60 kPa	
Odolnost proti nárazu	ČSN 12691	D 20 mm bez perforace	
Smyková odolnost	ČSN EN 12317-2	průměr 336,6 N/50mm (tl. 1 mm)	
Ekviv. dif. tloušťka s _d	ČSN EN ISO 7783-2	průměr 148 m (pro tl. 1 mm)	
Příměst	ČSN EN 1848	vyhovuje	

Rozměry výrobku	provozní předpisy	
Objemová hmotnost		750 kg/m ³ ± 50 kg/m ³
Tloušťka		0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0 mm ± 10%
Šířka		1000; 1400 mm ± 5 mm
Délka		dle tl. 20-100 bm. ± 0,5 m
Součinitel difuze radonu		K124/02/95 13.10 ⁻¹² ± 1,0.10 ⁻¹² m ² /s