

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

DIAGNOSTIKA PORUCH A VAD PODLAH V BYTOVÉ A OBČANSKÉ VÝSTAVBĚ

DIAGNOSTICS OF FLOORING FAILURES AND DEFECTS IN THE HOUSING
AND CIVIC CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ROMAN VRTAL

VEDOUČÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL SCHMID, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. ROMAN VRTAL
Název	Diagnostika poruch a vad podlah v bytové a občanské výstavbě
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013

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

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

Podklady a literatura

Schmid, P. a kol. Základy zkušebnictví, FAST VUT v Brně

Hobst, L. a kol.. Diagnostika stavebních konstrukcí, FAST VUT v Brně

Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů, FAST VUT v Brně

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby

ČSN 74 4505 Podlahy - Společná ustanovení

a další související normy a odborná literatura dle řešerše problematiky

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Analýza možností diagnostického průzkumu podlah na bázi síranu vápenatého při hodnocení poruch a vad dle řešerše dostupné literatury a norem. Návrh vhodné metodiky pro realizaci diagnostických prací při posuzování aktuálního stavu předmětných konstrukcí. Aplikace a vyhodnocení zvolené metodiky na reálné konstrukci. Experimentální analýza stávající skladby podlahy na únosnost při lokálním zatížení.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Předmětem předkládané diplomové práce je popis procesu přípravy, realizace a následného ošetřování podlah na bázi síranu vápenatého, včetně problémů, které s danou problematikou souvisí. Práce si klade za cíl podrobně seznámit čtenáře s metodami používanými při diagnostice poruch a vad podlah v bytové a občanské výstavbě včetně praktických aplikací těchto metod na reálných konstrukcích. Součástí práce je také experimentální analýza reálné skladby podlahy na únosnost při lokálním zatížení.

Abstract

The object of the thesis is a description of preparation process, realization and subsequent treatment of floors based on calcium sulphate, including problems related to the issue. The aim of the work is to closely acquaint the reader with methods used in diagnostics of flooring failures and defects in the housing and civic construction, including practical applications of these methods on real structures. The work also includes experimental analysis of a real floor construction during local load effect.

Klíčová slova

Podlaha, anhydrit, síran vápenatý, podlahový potěr, porucha, vada, zkušební metody, zkouška pevnosti v tahu za ohybu, zkouška pevnosti v tlaku, vlhkost.

Key words

Floor, anhydrite, calcium sulphate, floor screed, failure, defect, test methods, tensile bending test, compression test, humidity.

Bibliografická citace VŠKP

VRTAL, R. *Diagnostika poruch a vad podlah v bytové a občanské výstavbě*. Brno, 2014. 86 s., 23 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví.

Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 1. 2014

.....

podpis

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl především poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu doc. Ing. Pavlu Schmidovi, Ph.D., za jeho metodické vedení, obětavou pomoc a cenné odborné rady při tvorbě práce, zejména při praktických laboratorních zkouškách a odběru vzorků.

Dále bych rád poděkoval panu Miroslavu Vaňkovi za jeho ochotu, vstřícnost a především za poskytnutí příležitosti osobně se podílet na mnoha realizacích litých anhydritových potěrů, což mne přimělo věnovat se tomuto tématu podrobně a do hloubky.

V neposlední řadě patří můj velký dík panu Ing. Petru Spalovi, jehož připomínky, rady a nápady velikou měrou přispěly k vypracování této práce.

OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Podlahy – Společná ustanovení (ČSN 74 4505).....	12
2.1	Změny v normě.....	12
2.1.1	Problematika trhlin v betonových podlahách	12
2.1.2	Problematika rovinnosti.....	12
2.1.3	Nejmenší návrhové tloušťky potěrů v budovách občanské a bytové výstavby.....	13
2.1.4	Vlhkost potěru.....	13
2.1.5	Zkoušení.....	13
2.2	Technické požadavky	14
2.2.1	Charakteristiky viditelného povrchu.....	14
2.2.2	Celková rovinnost povrchu vrstvy	14
2.2.3	Místní rovinnost povrchu.....	14
2.2.4	Přímost spár	16
2.2.5	Tloušťka vrstvy potěru.....	16
2.2.6	Rozměrová stálost.....	17
2.2.7	Mechanická odolnost a stabilita.....	17
2.2.8	Tvrdost povrchu a odolnost proti opotřebení.....	18
2.2.9	Odolnost proti kontaktnímu namáhání	18
2.2.10	Působení vody a vlhkosti	19
2.2.11	Skluznost.....	19
2.3	Podlahy v bytové a občanské výstavbě	20
3	Podlahy na bázi síranu vápenatého	23
3.1	Síran vápenatý - anhydrit.....	23
3.1.1	Přírodní anhydrit	23
3.1.2	Syntetický anhydrit	24
3.2	Konstrukční skladba podlahy	24
3.2.1	Spojený potěr	24
3.2.2	Potěr na oddělovací vrstvě.....	26
3.2.3	Potěr na izolační vrstvě.....	27
3.2.4	Potěr pro podlahové vytápění	28
3.3	Popis technologie.....	30

3.3.1	Přípravné práce – zakládání spár	30
3.3.2	Realizace potěru.....	31
3.3.3	Vysychání, zrání a dodatečné ošetřování potěru	35
4	Poruchy a vady podlah.....	40
4.1	Poruchy dřevěných podlah bytového domu	41
4.2	Poruchy anhydritové podlahové desky	43
4.3	Trhliny v povrchu podlahy	44
5	Zkušební metody.....	46
5.1	Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku	46
5.1.1	Podstata zkoušky.....	46
5.1.2	Postup zkoušení	46
5.2	Stanovení přídržnosti (odtrhová zkouška).....	48
5.2.1	Podstata zkoušky.....	48
5.2.2	Postup zkoušení	48
5.3	Metody pro stanovení vlhkosti podkladních vrstev podlah.....	49
5.3.1	Vlhkost a transport vody v materiálech	49
5.3.2	Destruktivní metody měření vlhkosti	50
5.3.3	Nedestruktivní metody měření vlhkosti.....	53
6	Experimentální část.....	57
6.1	Laboratorní zatěžovací zkouška modelu výseku posuzované skladby podlahy	57
6.1.1	Úvod.....	57
6.1.2	Zatěžovací postup a hodnocení zkoušky	57
6.1.3	Experimentální model zatěžovací zkoušky.....	59
6.1.4	Zatížení zkoušených prvků	59
6.1.5	Výsledky a vyhodnocení zatěžovacích zkoušek	61
6.1.6	Závěr	62
6.2	Zkouška přídržnosti na rozhraní spojovacích můstků a soudržnosti materiálů hodnocené podlahy	64
6.2.1	Úvod.....	64
6.2.2	Postup zkoušení	64
6.2.3	Vyhodnocení zkoušek.....	65
6.2.4	Závěr	66
6.3	Zkouška pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku vzorků odebraných při realizaci potěru na bázi síranu vápenatého	67

6.3.1	Úvod.....	67
6.3.2	Realizace potěru, kontrolní prohlídka v raném stáří.....	67
6.3.3	Příprava zkušebních těles.....	68
6.3.4	Zkouška pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku	70
6.3.5	Vyhodnocení zkoušek.....	73
6.3.6	Závěr	79
7	Závěr	81
8	Seznam zdrojů.....	83
8.1	Literatura	83
8.2	Normy.....	83
8.3	Internet.....	84
9	Přílohy.....	87

1 ÚVOD

Navzdory nepopiratelné popularitě betonu ve stavebnictví lze nalézt řadu odvětví, v nichž je stále častěji tento materiál nahrazován modernějšími modifikacemi. Jedním z takových odvětví jsou právě podlahy realizované v objektech občanských staveb.

V současnosti nejpoužívanějším materiálem pro tyto podlahové konstrukce je anhydrit, jinými slovy síran vápenatý. Oproti tradičním betonovým podlahám nabízí lité potěry na bázi síranu vápenatého řadu výhod. Mezi prvními lze jmenovat vysokou pevnost v tahu za ohybu bez použití výztuže. Ta vzhledem k rozdílnému chování pojiva při chemické reakci s vodou, a tedy prakticky nulového výskytu mikrotrhlin, ztrácí na významu. S tím souvisí nižší konstrukční tloušťka vrstvy, která má za následek nižší hmotnost, a tudíž menší zatížení konstrukce. To najde své opodstatnění především u rekonstrukcí starších podlah, kde je primárním požadavkem maximální eliminace přetížení stávajících stropních konstrukcí. Současně je tím umožněno zvýšení tepelného odporu z důvodu možnosti použití větší tloušťky vrstvy tepelné izolace na úkor tloušťky anhydritové desky.

Při dodržení správné technologie provádění lze docílit vysoké hutnosti materiálu, tedy výrazné redukce vzduchových mezer a dutin, což umožňuje lepší přenos tepla. Této vlastnosti je bohatě využíváno především u systémů podlahového vytápění. Samonivelační schopnost tohoto materiálu zapříčiněná vysokou tekutostí je klíčovým faktorem pro snadné docílení rovinnosti povrchu budoucí podlahy a zároveň jednou z nejdůležitějších vlastností anhydritového potěru. Snaha docílit téže tekutosti u betonu bez použití ztekucovacích prostředků by vedla k výraznému smršťování a kroucení betonové desky, a tedy i vzniku nežádoucích trhlin.

Mezi další nesporné výhody této technologie patří nesrovnatelně vyšší rychlost realizace, než je tomu u klasických betonových podlah, umožněná zejména již zmiňovanou tekutostí čerstvého potěru.

Výše uváděné výhody jako nižší konstrukční tloušťka vrstvy, a tedy i úspora materiálu, rychlost realizace či absence betonářské výztuže s sebou logicky přinášejí značnou úsporu finančních prostředků. Tím je docíleno nižších nákladů na provádění anhydritových podlah i přes vyšší počáteční cenu použitého materiálu.

Stejně jako u kteréhokoli jiného materiálu lze i zde nalézt nevýhody. První z nich je zcela nepochybně výrazný pokles pevnostních parametrů v případě vystavení podlahové

konstrukce působení zvýšené vlhkosti. Tento fakt prakticky vylučuje použití anhydritových potěrů v exteriérech. Toto riziko je u vnitřního prostředí sice značně redukováno, nikoli však zcela vyloučeno. Negativní dopad tohoto nebezpečí je kompenzován skutečností, že v případě vysušení materiálu do výchozího stavu dochází k opětovnému nárůstu pevností.

Druhou a zřejmě i poslední nevýhodou je vytvoření tzv. šlemu. Jedná se o tenkou, cca 1 mm silnou, nesoudržnou vrstvu materiálu, která se vytvoří na povrchu každého nově realizovaného potěru. Tuto vrstvu lze odstranit během prvních 48 hodin škrabkou, případně až po vyzrání materiálu za pomoci podlahové brusky. Odstranění vrstvy je nutné z důvodu zajištění požadované přídržnosti podlahové desky s finální nášlapnou vrstvou.

Cílem této práce je podrobně objasnit technologii provádění podlah na bázi síranu vápenatého včetně přípravy a následného ošetřování s uvedením poruch a vad, se kterými se lze v oblasti dané problematiky setkat. Pozornost bude věnována taktéž nejčastěji používaným diagnostickým metodám, které umožňují identifikaci těchto problémů a jejich praktickým aplikacím na reálných konstrukcích.

První praktickou zkouškou bude experimentální analýza reálné skladby podlahy realizovaná za účelem posouzení únosnosti zkoušené konstrukce při lokálním zatížení. Druhá praktická zkouška bude věnována aplikaci odtrhové zkoušky pro stanovení přídržnosti povrchových vrstev zkoumané podlahy bytového domu a jejímu následnému vyhodnocení. Třetí zkouška bude zaměřena na porovnání pevnostních parametrů vyzrálého anhydritového potěru na vzorcích zkušebních trámů a na vzorcích odebraných z reálné konstrukce vyrobených z jedné směsi. V závěru třetí zkoušky praktické části bude věnována pozornost působení zvýšené vlhkosti na materiál použitý při realizaci litého anhydritového potěru.

2 PODLAHY – SPOLEČNÁ USTANOVENÍ (ČSN 74 4505)

Během posledních 20 let došlo k výraznému pokroku v oblasti realizace podlah občanských staveb, což s sebou přineslo potřebu novelizovat technické požadavky a předpisy. Samotná norma pro podlahy ČSN 74 4505 z roku 1994 byla revidována v roce 2008 a následně v roce 2012. Cílem bylo opravit nedostatky normy vyplývající z jejího použití v praxi, doplnění o zkušenosti získané odbornou veřejností a zejména pak aktualizace normy do takové míry, aby odrážela zmiňovaný pokrok.

Ačkoli je snahou autorů co nejpečlivěji přiblížit problematiku realizací podlah, jedná se stále o velice širokou oblast a norma ČSN 74 4505 slouží uživatelům především k přehledu základních legislativních a technických požadavků s příslušnými odkazy na jiné dokumenty, podrobně se věnující konkrétním typům podlah a druhům podlahových materiálů.

Následující text se věnuje nejdůležitějším změnám, ke kterým došlo v rámci aktualizace této normy a následně podrobnému popisu technických požadavků podlah, zejména pak potěrů na bázi síranu vápenatého.

2.1 Změny v normě

2.1.1 Problematika trhlin v betonových podlahách

Původní tolerance výskytu trhlin o šířce až 0,4 mm v závislosti na stupni vlivu prostředí byla z důvodu možného snížení trvanlivosti takto postižených míst zpřísněna na hodnotu 0,1 mm.

2.1.2 Problematika rovinnosti

Aktuální verze klade zvýšený důraz na rozlišování pojmů „místní rovinnost“ a „celková rovinnost“. Zatímco odchylka od celkové rovinnosti je odchylka skutečného povrchu od polohy povrchu, která je specifikována v návrhu podlahy, odchylkou místní rovinnosti je myšlena odchylka skutečného povrchu od proložené odměrné úsečky délky obvykle 2 m. Postup měření těchto vlastností je uveden níže.

2.1.3 Nejmenší návrhové tloušťky potěrů v budovách občanské a bytové výstavby

Rozšíření litých cementových potěrů v posledních letech mělo za následek doplnění tabulek týkajících se nejmenších návrhových tloušťek plovoucích potěrů (tab. 2.6) a požadavků na výsledky zkoušek pevností v tahu za ohybu provedených na tělesech odebraných z konstrukce (tab. 2.7) o tento materiál. Tyto požadavky byly sjednoceny tak, aby vystihovaly použitou technologii – litý potěr × potěr ze zavadlé směsi – a neznevýhodňovaly lité cementové potěry.

Současně bylo upřesněno, že zatížení uvedené v tabulkách je výpočtové a nově bylo specifikováno bodové zatížení (viz níže).

2.1.4 Vlhkost potěru

Oproti dřívější verzi je umožněna specifikace méně přísných požadavků na maximální vlhkost potěru před pokládkou náslapné vrstvy výrobcem příslušné podlahové krytiny. To bylo umožněno zejména z důvodu značného vlivu těchto požadavků na dobu výstavby. Je však doporučeno písemné zaznamenání odlišného požadavku pro možnost budoucího ověření v případě vzniku poruch.

2.1.5 Zkoušení

Změny se dotkly zkušební metody pro měření místní rovinnosti. Vzhledem ke kritikám použití posuvného měřítka při této metodě byl tento způsob nahrazen měřením pomocí odměrného klínu.

V případě měření vlhkosti byl doplněn chybějící požadavek na minimální četnost zkušebních míst. Dále byly zaktualizovány odkazy na normy definující zkušební postupy při zkoušení pevnosti v tahu povrchových vrstev, přídržnosti povrchové úpravy, odolnosti proti opotřebení, vzduchové a kročejové neprůzvučnosti a elektrických a magnetických vlastností. Nově zde byly doplněny zkušební postupy pro stanovení stlačitelnosti materiálu pro zvukové a tepelné izolace a pro stanovení mrazuvzdornosti. [29]

2.2 Technické požadavky

2.2.1 Charakteristiky viditelného povrchu

Na povrchu podlahy se nesmí vyskytovat žádné vady, např. trhliny, rýhy, kaverny, puchýře apod. Jednotlivé prvky podlahových krytin nesmí mít olámané hrany. Výskyt trhlín se připouští pouze u betonových podlah, a to o maximální šířce 0,1 mm. Veškeré styky podlahy a stěn musí být plynulé, obvykle přímé. Totéž platí pro prostupy podlahou, dilatační a smršťovací spáry.

Celkový vzhled podlahy se posuzuje pohledem z výšky 1,6 m při takových světelných podmínkách, za nichž se podlaha nejvíce využívá.

2.2.2 Celková rovinnost povrchu vrstvy

Funkční požadavky na podlahu vymezují maximální dovolené odchylky od celkové rovinnosti povrchu nášlapné vrstvy a měly by být zohledněny v návrhu podlahy. Doporučuje se, aby byly stejným způsobem definovány i maximální hodnoty odchylek pro podkladní vrstvy. V případě, že má být na podlaze umožněno stohování manipulačních jednotek, je nutné dodržet požadavky pro maximální sklon dle příslušné normy ČSN 26 9030. Je-li v podlaze instalována vpust' nebo odvodňovací žlábek, nesmí vyčnívat z povrchu podlahy. Dále je nutné zamezit vzniku kaluží, jenž by mohl být zapříčiněn protispádem na podlaze se sklonem větším než 1 %.

Odchylky od předepsané roviny se měří geodeticky, a to pomocí měřicích bodů (10 x 10 mm) rovnoměrně rozmístěných po místnosti. Měření se provádí nejméně v 5 zkušebních místech na každých 100 m² podlahy. Současně je minimální počet zkušebních míst v jedné místnosti 5. Měřené body musí být umístěny v minimální vzdálenosti 100 mm od nejbližší svislé plochy.

2.2.3 Místní rovinnost povrchu

Mezní odchylky místní rovinnosti nášlapné vrstvy uvádí tab. 2.1. V případě, že výrobce podlahové krytiny či podlahoviny vyžaduje v technické dokumentaci menší hodnotu, musí být tato hodnota dodržena.

Tab. 2.1 Mezní odchylky místní rovinnosti nášlapné vrstvy [6]

Nášlapná vrstva	Mezní odchylka
Podlahy v místnostech pro trvalý pobyt osob (byty včetně koupelny a WC, kanceláře, nemocniční pokoje, kulturní zařízení, obchody, komunikace uvnitř objektu, apod.)	± 2 mm
Ostatní místnosti	± 3 mm
Výrobní a skladovací haly, garáže	± 5 mm

V tab. 2.2 jsou uvedeny mezní rozdíly výškových úrovní, jejichž hodnoty nesmí být v místech, kde jsou v podlaze realizovány dilatační, smršťovací či jiné spáry nezakryté přechodovou lištou, překročeny. Maximální rozdíl výškových úrovní i v případě zakrytí přechodovou lištou či prahem činí 20 mm.

Tab. 2.2 Mezní rozdíly ve výškové úrovni nášlapné vrstvy v dilatační nebo smršťovací spáře [6]

Typ podlahy	Mezní rozdíl
Podlahy v místnostech pro trvalý pobyt osob (byty včetně koupelny a WC, kanceláře, nemocniční pokoje, kulturní zařízení, obchody, komunikace uvnitř objektu, apod.)	2 mm
Ostatní místnosti	2 mm
Výrobní a skladovací haly, garáže	2 mm

Samotný návrh podlahy může předepisovat jiné požadavky na odchylky místní rovinnosti, rozdíly ve výškové úrovni ve spárách, případně rozdíly ve výškové úrovni hran sousedních dlaždic. Vždy je zapotřebí přihlédnout k požadavkům strojního a manipulačního zařízení, jež bude v těchto prostorách provozováno. Rovněž je nutné zohlednit hygienické požadavky v potravinářských provozech či bezpečnost provozu na podlaze v provozech s možností tvorby kaluží.

Ke stanovení odchylek místní rovinnosti je použita dvoumetrová lat', na jejíchž koncích jsou podložky o půdorysné ploše 10 x 10 mm až 20 x 20 mm. Za pomoci odměrného klínu se změří maximální a minimální vzdálenost povrchu vrstvy od spodního líce měřicí latě. Délka klínu je 220 mm a tloušťka 20 mm, přičemž jeho sklon se zvolí podle potřeby. Maximální a minimální odchylky se stanoví odečtením výšky podložek od změřen-

ných hodnot. Stejně jako v předchozím případě je minimální počet rovnoměrně rozmístěných zkušebních míst v jedné místnosti pět, přičemž tento počet platí pro každých 10 m² podlahy.

V případě měření rozdílů ve výškové úrovni v místech smršťovacích a dilatačních spár je použito krátké pravítko položené kolmo na spáru a odměrný klín, přičemž se provedou nejméně tři měření na 10 m spáry, případně dvě měření u kratších spár.

2.2.4 Přímost spár

Limitní hodnoty odchylek celkové přímosti hran ve viditelných spárách uvádí tab. 2.3.

Tab. 2.3 Mezní odchylky celkové přímosti hran viditelných spár [6]

Typ podlahy	Délka spáry			
	do 1 m	1 m až 4 m	4 m až 8 m	více než 8 m
Podlahy v místnostech pro trvalý pobyt osob (byty včetně koupelny a WC, kanceláře, nemocniční pokoje, kulturní zařízení, obchody, komunikace uvnitř objektu, apod.)	± 2 mm	± 5 mm	± 8 mm	± 12 mm
Ostatní místnosti	± 4 mm	± 6 mm	± 10 mm	± 15 mm
Výrobní a skladovací haly, garáže	± 4 mm	± 6 mm	± 10 mm	± 15 mm

Měření se provádí pomocí napnuté struny či geodetickým měřením. Srovnávací přímka je proložena body umístěnými na hraně spáry 300 mm od jejích konců. Odchylky od přímosti jsou pak zastoupeny jednotlivými vzdálenostmi osy spáry od této přímky.

2.2.5 Tloušťka vrstvy potěru

V tab. 2.4 jsou uvedeny dovolené odchylky od projektem předepsané tloušťky vrstvy, přičemž reálná tloušťka vrstvy musí být v souladu s technickou dokumentací výrobce materiálu této vrstvy. Průměrná hodnota tloušťky vrstvy potěru může být maximálně 1,2násobek navrhované tloušťky. Pro opačný případ je nutné zvýšenou hmotnost potěru posoudit statickým výpočtem.

Kontrola skutečně provedené tloušťky vrstvy potěru se nejčastěji provádí pomocí sond či jádrových vývrtů.

Tab. 2.4 Dovolené odchylky od projektem předepsané tloušťky vrstvy potěru [6]

Předepsaná tloušťka [mm]	Tloušťka vrstvy potěru [mm]	
	Nejmenší hodnota	Průměr
10	≥ ^a	≥ 10
15	≥ ^a	≥ 15
20	≥ 15	≥ 20
25	≥ 20	≥ 25
30	≥ 25	≥ 30
35	≥ 30	≥ 35
40	≥ 30	≥ 40
45	≥ 35	≥ 45
50	≥ 40	≥ 50
60	≥ 45	≥ 60
70	≥ 50	≥ 70
80	≥ 60	≥ 80
> 80 ^b	≥ ^a	≥ předepsaná tloušťka
^a Musí být odsouhlaseno projektantem podle konkrétních podmínek		
^b U cementových potěrů by měly být vzaty v úvahu zásady technologie betonu vedené v ČSN EN 206-1		

2.2.6 Rozměrová stálost

Při návrhu podlahy je zapotřebí brát zřetel na objemové změny použitých materiálů, jež jsou doprovázeny např. tvorbou mikrostruktury materiálu, změnou vlhkosti či teploty. Stanovení smrštění a rozpínání je podrobně popsáno v [14]. Zkouška probíhá na zkušebních tělesech o rozměrech 40 x 40 x 160 mm, která neobsahují kamenivo s částicemi většími než 8 mm. Měří se relativní změny délky ve směru podélné osy tělesa v důsledku změny obsahu vlhkosti. [6], [14]

2.2.7 Mechanická odolnost a stabilita

Hodnocení mechanické odolnosti a stability podlahových potěrů je zastoupeno pevností v tahu za ohybu, jejíž úrovně jsou uvedeny v tab. 2.6. Dále musí materiály použité pro podlahové potěry odpovídat požadavkům [15]. Hodnoty uvedené v tab. 2.6 odpovídají výsledkům zkoušek, které byly provedeny na zkušebních tělesech vyráběných přímo na staveništi nebo na tělesech, které byly odebrány z hotových vrstev. Podrobný postup zkoušky pevnosti v tahu za ohybu je popsán v samostatné kapitole níže.

Alternativním způsobem kontrolního zjištění pevnosti v tahu za ohybu je u cementových potěrů tzv. odtrhová zkouška nebo také zkouška přídržnosti, která spočívá ve stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev. Podrobný popis zkoušky je rovněž popsán dále v textu. [6]

2.2.8 Tvrdost povrchu a odolnost proti opotřebení

Tyto vlastnosti musí odpovídat příslušným normám výrobku jednotlivých typů nášlapných vrstev. Úroveň těchto parametrů musí při daném typu provozu zaručovat životnost nášlapné vrstvy, která je výrobcem specifikována.

Tvrdost povrchu se stanoví jako hloubka, která přetrvává v důsledku vtlačení ocelové kuličky, jež byla umístěna na povrchu zkušební tělesa za působení normalizovaného tlaku. Tvrdost se následně spočítá jako podíl zatížení vyvozeného na ocelovou kuličku a plochy vtlačení vypočtené z hloubky vtlačení. [11]

Odolnost proti obrusu se posuzuje v souladu s [9] (metoda Böhme), podle níž musí být odolnost menší než $6 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$. Druhou normou, podle které se odolnost proti obrusu posuzuje, je [10] (metoda BCA), která udává maximální hodnotu hloubky probrusu 0,2 mm. [6]

Při zkoušce odolnosti proti obrusu metodou Böhme se zhotovená zkušební tělesa vloží do zkušební přístroje na brusnou dráhu, na kterou se nasype brusivo. Otáčením brusného kotouče je zkušební těleso broušeno při zatížení silou 294 N v daném počtu cyklů. [9]

Podstatou zkoušky odolnosti povrchu potěrového materiálu proti obrusu metodou BCA je měření průměrné hloubky obrusu, jenž je způsoben zkušebním přístrojem se třemi tvrzenými ocelovými kolečky s normalizovanou zátěží, která se pohybují po kruhové dráze stanoveným počtem otáček. Naměřená průměrná hloubka obrusu na kruhové dráze se použije k určení odolnosti povrchu potěru proti obrusu v daných zkušebních podmínkách. [10]

2.2.9 Odolnost proti kontaktnímu namáhání

Nejen v případě nášlapných vrstev bytové a občanské výstavby, ale i u průmyslových podlah je nutné vždy prokázat, zda velikost kontaktního napětí není větší než pevnost v tlaku použitého materiálu (např. pod koly manipulačních prostředků, nohami regálů apod.). Toto napětí se stanovuje pomocí tzv. Hertzových vzorců.

V případě realizace nášlapných vrstev z materiálů s nižším modulem pružnosti, jakými jsou např. plastové, pryžové či textilní podlahoviny, musí být kontaktní napětí menší než 40 % pevnosti nášlapné vrstvy v tlaku. Důvodem je zamezení trvalých deformací povrchu a vzniku viditelně patrných defektů. [6]

2.2.10 Působení vody a vlhkosti

Je-li podlaha vystavena působení provozní či srážkové vody, musí být zajištěna vodotěsnost podlahového souvrství a musí být znemožněno vnikání vlhkosti do ostatních konstrukcí nebo průnik do nižších podlaží. Vodotěsná vrstva musí být vytažena na všechny prostupující konstrukce (stěny, sloupy) alespoň 100 mm nad povrch podlahy a napojení podlahy na tyto konstrukce musí být rovněž vodotěsné.

Jedná-li se o prostředí, které může být dlouhodobě vystaveno působení vody či vlhkosti, není doporučeno použití potěrů na bázi síranu vápenatého. Vliv působení vody a vlhkosti na mechanickou odolnost potěrů na bázi síranu vápenatého je stejně jako metody zjišťování vlhkosti podrobně popsán v samostatné kapitole níže.

Je-li to zapotřebí, je nutné chránit podlahy před pronikáním par stropem parotěsnou zábranou. Před pokládkou nášlapné vrstvy je nutné prokázat, že vlhkost potěru je nižší než hodnoty, které udává tab. 2.7. [6]

2.2.11 Skluznost

Jedná se o vlastnost, která významným způsobem ovlivňuje bezpečnost užívání podlah při chůzi, sportovní činnosti či dopravě. Může se měnit s vlhkostí a znečištěním nášlapné vrstvy. Uvážení těchto hledisek by proto mělo být nedílnou součástí návrhu nášlapné vrstvy. Dále je nutné zabránit případným pádům v důsledku zakopnutí či uklouznutí. Z tohoto důvodu musí být povrch podlahy v komunikačních oblastech rovný, bez náhlých nerovností nebo změn skluznosti.

Podlahy bytových a pobytových místností musí mít povrchovou úpravu, která vyhovuje těmto hodnotám:

- součinitel smykového tření nejméně 0,3 nebo
- hodnota výkyvu kyvadla nejméně 30 nebo
- úhel kluzu nejméně 6°.

Jestliže není podlaha krytá před deštěm, musí být zaručeno splnění těchto požadavků i při mokřém povrchu.

U podlah částí staveb, které jsou využívány veřejností, zahrnující také pasáže, veřejné terasy, balkóny a kryté průchody platí tyto hodnoty:

- součinitel smykového tření nejméně 0,5 nebo
- hodnota výkyvu kyvadla nejméně 40 nebo
- úhel kluzu nejméně 10°.

V případě, že jsou uvedené podlahy vystaveny působení srážek, musí být tyto parametry rovněž splněny i za mokra.

Postup pro stanovení součinitele smykového tření je uveden v [16]. Princip spočívá v horizontálním nuceném klouzání zkušebnímu standardu po povrchu zkušebnímu tělesa za předpokladu, že zatížení působí konstantně při neměnné teplotě. Naměřená třecí síla pak slouží ke stanovení součinitele smykového tření.

2.3 Podlahy v bytové a občanské výstavbě

Tato kapitola se zabývá především návrhem samotné podlahy, její skladbou, prováděním a rovněž minimální tloušťkou potěru v závislosti na použité pevnostní třídě a předpokládaném plošném a bodovém zatížení.

V samotném návrhu podlahy je pak zapotřebí stanovit celou řadu aspektů, mezi nimiž jsou nejdůležitější především podmínky úspěšné funkce podlahy po dobu její předpokládané životnosti, skladba podlahové konstrukce včetně jednotlivých vrstev, rozmístění dilatačních spár, na což úzce navazuje řešení dilatačních spár nosné konstrukce, které prochází podlahou, řešení prostupů technologických zařízení podlahou, napojení podlahy na stěnu apod.

Požadavky na místní rovinnost povrchu spodních vrstev, jež jsou definovány v návrhu podlahy, musí vycházet z požadavků následné vrstvy na podklad. V případě, že použitá technologie neumožňuje splnění těchto požadavků, je nutné doplnit skladbu o vyrovnávací vrstvu vloženou mezi tyto vrstvy.

Účelem dilatační spáry je umožnit nosné konstrukci pohyb. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby byly tyto spáry respektovány ve všech vrstvách podlahové konstrukce a byly

vyplněny hmotou, jež tento pohyb umožňuje. Šířka spáry je závislá na velikosti předpokládaného pohybu dilatačních celků.

Tab. 2.5 Nejmenší návrhové tloušťky plovoucích potěrů při stlačitelnosti podkladních vrstev ≤ 3 mm (≤ 5 mm pro bodové zatížení ≤ 2 kN a pro plošné zatížení ≤ 3 kN.m⁻²) [6]

Materiál potěru	Třída pevnosti v tahu za ohybu podle ČSN EN 13813	Předepsaná tloušťka potěru			
		Plošné zatížení $\leq 2,0$ kNm ⁻²	Plošné zatížení $\leq 3,0$ kNm ⁻²	Plošné zatížení $\leq 4,0$ kNm ⁻²	Plošné zatížení $\leq 5,0$ kNm ⁻²
			Bodové zatížení $\leq 2,0$ kN	Bodové zatížení $\leq 3,0$ kN	Bodové zatížení $\leq 4,0$ kN
Litý potěr, cementový nebo na bázi síranu vápenatého	F4	≥ 35	≥ 50	≥ 60	≥ 65
	F5	≥ 30	≥ 45	≥ 50	≥ 55
	F7	≥ 30	≥ 40	≥ 45	≥ 50
Potěr ze zavhlé směsi, cementový nebo na bázi síranu vápenatého	F4	≥ 45	≥ 65	≥ 70	≥ 75
	F5	≥ 40	≥ 55	≥ 60	≥ 65
	F7	≥ 35	≥ 50	≥ 55	≥ 60

Tab. 2.5 uvádí hodnoty minimální tloušťky nevyztužených cementových a anhydritových plovoucích potěrů při stlačitelnosti podkladních vrstev ≤ 3 mm v závislosti na jejich výpočtovém zatížení. V případě, že maximální hodnota plošného zatížení je nižší než 3,0 kN.m⁻² a bodové zatížení je menší než 2,0 kN, je možné použít hodnoty tloušťek uvedených v této tabulce i pokud je stlačitelnost podkladních vrstev ≤ 5 mm.

Při návrhu podlahové konstrukce je zapotřebí vzít v úvahu maximální zatížení působící na podlahu po celou dobu životnosti podlahy, včetně doby výstavby budovy. Pojem „bodové zatížení“ je charakterizován osamělým břemenem působícím na minimální půdorysnou plochu čtverce 25 x 25 mm nebo kruhu o průměru 32 mm.

Nastane-li situace, kdy je uvažováno větší nebo atypické zatížení podlahy, případně větší stlačitelnost podkladních vrstev, je nutný návrh vrstvy plovoucího potěru na základě statického výpočtu. Totéž platí pro potěry, jež nesplňují minimální tloušťku – vyztužené cementové potěry, apod.

Je-li pro realizaci monolitické podlahové vrstvy použit materiál podléhající smršťování (např. beton), je nutné rozdělení této vrstvy smršťovacími spárami. Ty musí být vytvořeny pomocí bednění již při ukládání směsi nebo musí být nařezány ještě před vzní-

kem trhlin (obvykle se udává doba 24 hodin od zamíchání směsi). Vzdálenost těchto spár je ovlivněna především konzistencí použité směsi a dávkou cementu. Po odeznění procesu smršťování – při teplotě 20 °C se uvažuje doba 28 dnů – by měly být smršťovací spáry zmonolitněny.

Následující tabulka uvádí hodnoty pevnosti v tahu za ohybu odpovídající zkouškám prováděných na tělesech odebraných z hotových potěrů.

Tab. 2.6 Požadavky na výsledky zkoušek pevností v tahu za ohybu provedených na tělesech odebraných z konstrukce [6]

Materiál potěru	Třída pevnosti v tahu za ohybu podle ČSN 13813	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	
		Min. hodnota	Průměr
Litý potěr, cementový nebo na bázi síranu vápenatého	F4	≥ 3,5	≥ 4,0
	F5	≥ 4,5	≥ 5,0
	F7	≥ 6,5	≥ 7,0
Potěr ze zavlhlé směsi, cementový nebo na bázi síranu vápenatého	F4	≥ 2,0	≥ 2,5
	F5	≥ 2,5	≥ 3,5
	F7	≥ 3,5	≥ 4,5
Zkouška pevnosti v tahu za ohybu se provádí podle ČSN EN 13892-2, ve stáří materiálu alespoň 28 dní, na vysušených tělesech.			

V tab. 2.7 jsou uvedeny nejvyšší dovolené vlhkosti potěru nebo betonu pod nášlapnou vrstvou v hmotnostních %. V případě, že je výrobcem materiálu nášlapné vrstvy požadována jiná hodnota nejvyšší dovolené vlhkosti podkladu, platí požadavek výrobce. Je-li součástí podlahy systém podlahového vytápění, je nutné snížení hodnoty nejvyšší dovolené vlhkosti o 0,5 % u cementového potěru a o 0,2 % u potěru na bázi síranu vápenatého. [6]

Tab. 2.7 Nejvyšší dovolená vlhkost cementového potěru nebo potěru na bázi síranu vápenatého v hmotnostních % v době pokládky nášlapné vrstvy [6]

Nášlapná vrstva	Cementový potěr, beton	Potěr na bázi síranu vápenatého
Kamenná nebo keramická dlažba	5,0 %	0,5 %
Lité podlahoviny na bázi cementu	5,0 %	Nelze provádět
Syntetické lité podlahoviny	4,0 %	0,5 %
Paropropustná textilie	5,0 %	1,0 %
PVC, linoleum, guma, korek	3,5 %	0,5 %
Dřevěné podlahy, parkety, laminátové podlahoviny	2,5 %	0,5 %

3 PODLAHY NA BÁZI SÍRANU VÁPENATÉHO

3.1 Síran vápenatý - anhydrit

3.1.1 Přírodní anhydrit

Původem tohoto anhydritu jsou, jak samotný název napovídá, výhradně přírodní zdroje. Získává se především těžbou v podzemních dolech. Na rozdíl od sádrovce, jenž vodu obsahuje, se jedná o bezvodý síran vápenatý CaSO_4 . Struktura bývá zrnitá a barva od bílé, přes šedou, žlutavou a červenou až po průsvitnou či průhlednou. Ve vzácných případech můžeme nalézt velmi dobře vyvinuté krystaly. Ve většině případů bývá součástí ložisek, uloženin, jejichž vznik byl zapříčiněn vysrážením z mořské vody při vysychání lagun a moří v minulosti. Jiný způsob vzniku je dehydratací (ztrátou vody) sádrovce v evaporativních usazeninách. Stejný proces je možný i v opačném směru, tedy sádrovec může vzniknout hydratací anhydritu.

Využívá se především na výrobu stavebních surovin, vybrané typy potom slouží jako sochařský kámen. Po těžbě anhydritu dochází většinou k namletí na jemný prášek, čímž je dosaženo zvýšení jeho reaktivity, a tím použitelnosti ve stavebnictví. Mezi nevýhody patří nedokonalá čistota pramenící z jeho původu. Je proto nezbytná pečlivá kontrola čistoty složení, aby byl maximálně eliminován vznik odlišností ve vlastnostech materiálů z něj vyrobených. [1], [18]



Obr. 3.1 Přírodní krystal anhydritu [29]

3.1.2 Syntetický anhydrit

Syntetický anhydrit

Syntetický neboli uměle vyrobený anhydrit je získán přímo ve formě bezvodého síranu vápenatého, a to jako vedlejší produkt při výrobě kyseliny fluorovodíkové (HF) reakcí kalcie (CaF_2) a olea (velmi koncentrovaná H_2SO_4) za zvýšené teploty. Před použitím takovým způsobem získané suroviny ve stavebním průmyslu je nezbytné mletí anhydritu a jeho částečná modifikace reaktivním vápnem. [18]

Termický anhydrit

Výchozí látkou pro výrobu termického anhydritu je již syntetický produkt – energosádrovec. Jedná se o sekundární materiál, který vzniká odsiřováním jednotek tepelných elektráren. Vyniká zejména vysokou čistotou a vysokým obsahem dihydrátu síranu vápenatého, zejména pak u sádrovců získaných z černouhelných elektráren. Odpadá z běžného odsiřovacího procesu mokřím způsobem jako vlhký prášek jemného zrna, čímž se odlišuje od přírodního sádrovce, který je dodáván jako suchý, drcený materiál. Zásadní rozdíl mezi těmito dvěma druhy sádrovce spočívá ve fyzikálních vlastnostech, jimiž jsou zejména velikost zrna, tvorba krystalů a zejména pak sypná hmotnost. Pro výpal energosádrovce na anhydrit je zapotřebí zvolit vhodný agregát v závislosti na zamýšleném výrobku. Mezi nejčastější agregáty patří různé druhy rotačních i jiných pecí a jejich kombinace. Hraniční teploty se v literatuře uvádějí od 500 °C do 700 °C v závislosti na dané fázi anhydritu.

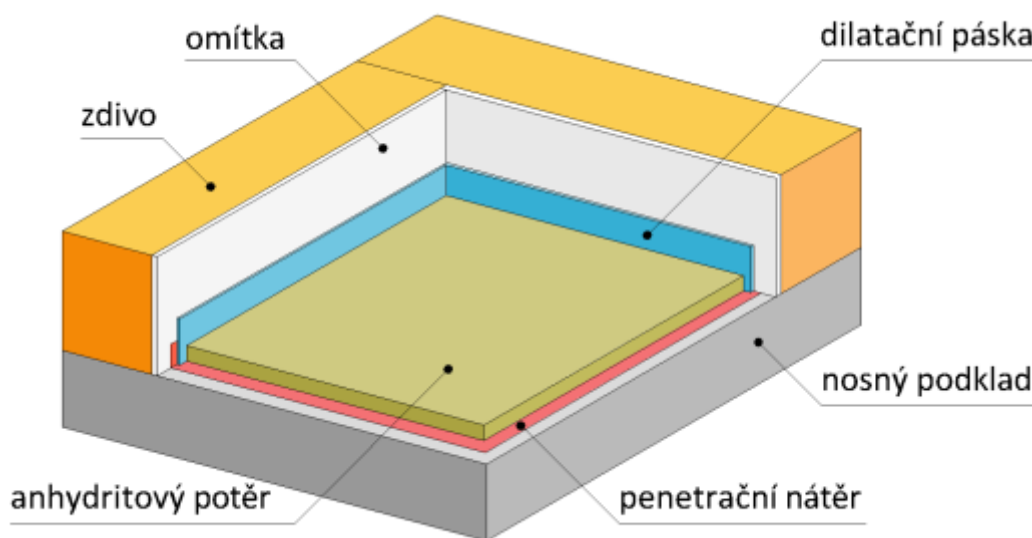
Takto uměle vytvořený anhydrit v jemně mletém stavu může být použit v originální podobě např. jako plnivo do barev a laků, v papírenském průmyslu či jako regulátor tuhnutí při výrobě pórobetonu. Mnohem významnější je však využití ve stavebnictví jako výchozí surovina pro přípravu anhydritového pojiva pro samonivelační podlahové směsi. [18], [21]

3.2 Konstrukční skladba podlahy

3.2.1 Spojený potěr

Spojený potěr se využívá v případech, kdy je zapotřebí vyrovnání nerovného povrchu nosného podkladu. Spojení potěru s nosným podkladem je realizováno pevně a v celé své ploše. Je přitom nutné věnovat zvýšenou pozornost vlhkosti, která může vzlínat z podkladu. Před vlastní pokládkou litého potěru musí být již prokazatelně dokončen proces vytvrzení

podkladního betonu. Samozřejmostí je převzetí konstrukčních spár do tekutého potěru v odpovídající šíři.



Obr. 3.2 Spojený potěr

Příprava podkladu a postup

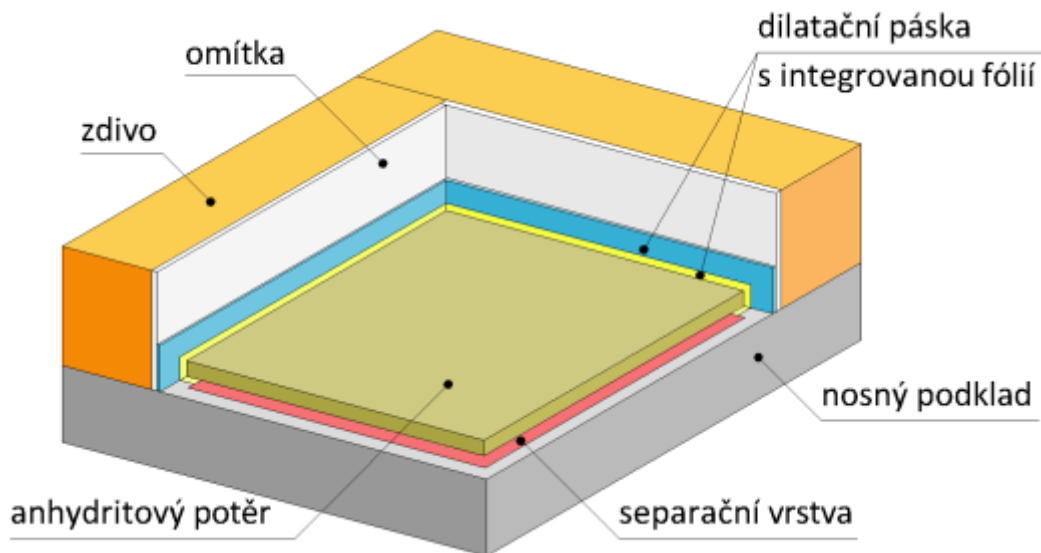
Aby bylo zajištěno pevné spojení podkladu a litého potěru, které je předpokladem pro přenos eventuálních sil, musí být splněno:

- podklad musí být čistý, suchý, přilnavý a bez prasklin či volných částic, které by zabráňovaly pevnému spojení potěru s podkladem
- savé podklady (betonový nebo cementový potěr) je nutno vždy ošetřit penetrací a zabránit tak nadměrnému vysychání
- konstrukční spáry musí být převzaty do litého potěru v celé své šířce
- rovinnost podkladu musí odpovídat podmínkám, které jsou stanoveny příslušnými normami
- tloušťka vrstvy potěru nesmí být menší než minimální hodnota 20 mm
- dilatační pásy musí být aplikovány kolem veškerých stěn, otvorů a výstupů.

[18], [19]

3.2.2 Potěr na oddělovací vrstvě

Tento způsob se použije v případě, že z určitých důvodů není vhodné uskutečnit pokládku spojeného potěru. Často se využívá například k časově i ekonomicky nenáročné rekonstrukci podlah ve starých zástavbách. Oddělovací vrstva umožňuje, aby se deska potěru mohla volně pohybovat na podkladu. Opět je důležité dodržet převzetí konstrukčních spár.



Obr. 3.3 Potěr na oddělovací vrstvě

Příprava podkladu a postup

Oddělovací vrstva se pokládá na čistý a suchý podklad. Je zapotřebí vyspravit veškeré díry a praskliny a zarovnat všechny vyvýšeniny, potrubí a jiné překážky tak, aby vznikl nosný rovný podklad. Na všechny vzestupné části (stěny, sloupy, topení) je třeba instalovat krajové dilatační pásy min. tl. 5 mm. Neméně důležité je řádné položení separační vrstvy, nejlépe ve dvou vrstvách, přičemž jednu vrstvu lze takto považovat za parotěsnou zábranu. Doporučuje se jednotlivé pásy separační vrstvy svařit nebo slepit, aby byla zajištěna vodotěsná vana. V případě, že nedojde ke svaření jednotlivých pásů, měly by být tyto pásy položeny s přesahem alespoň 100 mm. Dále by se měl maximálně eliminovat výskyt jakýchkoliv vln a překladů na separační vrstvě.

Jako materiál vhodný pro separační vrstvu se uvádí:

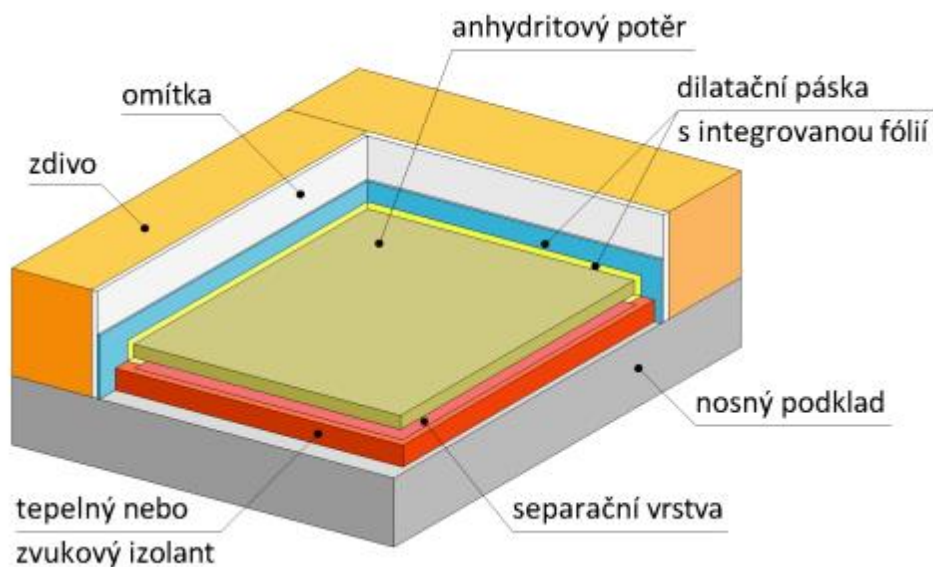
- polyethylenová fólie

- papír, povrstvený umělou hmotou
- papír, nasycený bitumenem
- netkaná tkanina ze skelného vlákna
- jiné výrobky se srovnatelnými vlastnostmi.

[18], [19]

3.2.3 Potěr na izolační vrstvě

Tento typ konstrukce je vyžadován především v bytové a občanské výstavbě, kde jsou kladeny zvýšené požadavky na zvukovou izolaci. Minimální síla vrstvy potěru je závislá na očekávaném provozním zatížení a na stabilitě izolační vrstvy. Pečlivá volba vhodného materiálu je velice důležitá z důvodu zvukově a tepelně izolačních vlastností. V případě, že jsou zvukově a tepelně izolační materiály umístěny společně v jedné izolační vrstvě, je důležité, aby byl materiál s nižší stlačitelností umístěn nahoře. Ochrana izolační vrstvy proti vztlínání vlhkosti by měla být navržena projektantem. Stejně jako v předchozím případě je nutné srovnat vyrovňovacím potěrem nebo přídatnou izolační vrstvou veškeré potrubí a jiné překážky. Konstrukční spáry musí být převzaty i do tekutého potěru. Při pokládce izolačních vrstev a potěru musí být již stěny omítnuté.



Obr. 3.4 Potěr na izolační vrstvě

Příprava podkladu a postup

Oddělovací vrstva se pokládá na čistý a suchý podklad. Veškeré díry a praskliny musí být uzavřeny a případné nerovnosti odstraněny, aby izolační vrstva dosedala v celé ploše. Pokládání jednotlivých izolačních desek se provádí těsně na sraz, v případě vícevrstvé izolace je nutné posunout srazy v horní vrstvě tak, aby nebyly přímo nad srazy v nižší vrstvě. Pokládka kročejové izolace je povolena pouze ve dvou vrstvách. Na všechny vzestupné části (stěny, sloupy, topení) je třeba instalovat krajové dilatační pásy. Tyto pásy musí být dimenzovány tak, aby na všech stranách byla jejich stlačitelnost minimálně 5 mm, čímž je zabráněno vzniku tepelných a akustických mostů. Následuje překrytí izolační vrstvy separační fólií, z níž je zapotřebí vytvořit nepropustnou vanu. Minimální vrstva potěru je dána pevnostní třídou tekutého potěru. Odstranění přesahujícího krajového pásu se realizuje až po provedení nášlapné vrstvy, čímž je zabráněno zaplnění spáry a vzniku akustického mostu. [18], [19]

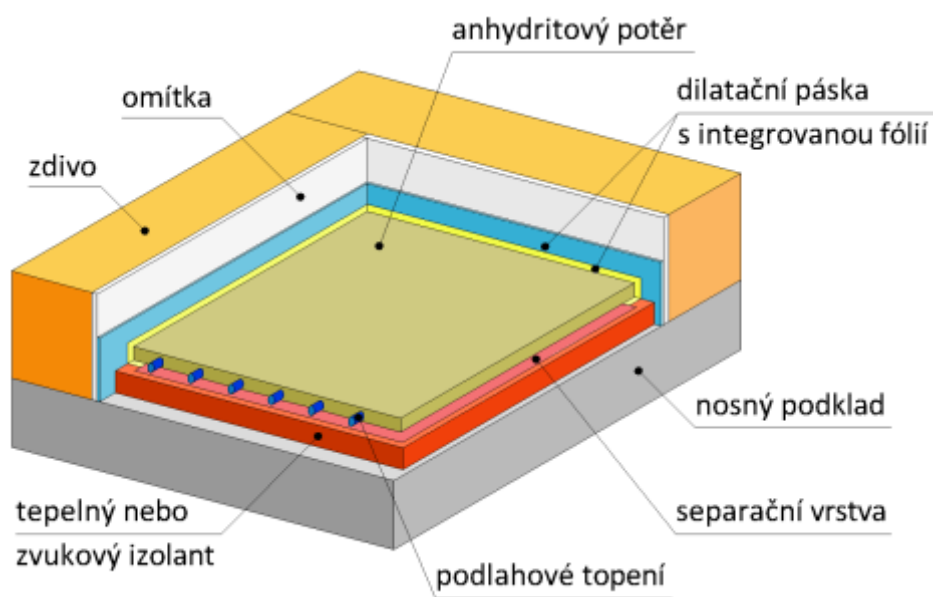
3.2.4 Potěr pro podlahové vytápění

Jedná se o přímo vytápěný plovoucí potěr. Vysoká tekutost anhydritového potěru zajišťuje téměř dokonalé opláštění vodičů topení zcela bez jakýchkoliv mezer, čímž je zajištěn optimální přenos tepla. Síla vrstvy potěru potom závisí na umístění vodičů topení v potěru.

Pro projektování a realizaci topného potěru je zapotřebí dodržet stejná pravidla a zásady jako při pokládce potěru na izolační vrstvě. K tomu je nutné připočíst některé další zásady:

- doporučuje se použití izolační vrstvy se stlačitelností do 5 mm
- tloušťka krajového pásu musí být min. 10 mm, aby byla umožněna eliminace podélného roztažení podlahy, na všech stranách musí být zajištěn volný pohyb desky potěru v délce min. 5 mm – tyto pohyby vznikající v důsledku změny teplot nesmí být omezovány a musí být přitom dodrženy i stavebně – fyzikální požadavky (zvuková izolace)
- z důvodu dosažení pravidelného zakrytí vodičů topení je vhodné instalovat izolační materiály a potrubí topení do roviny
- před finální pokládkou podlahových krytin je nezbytné provést kontrolu zbytkové vlhkosti CM přístrojem na místech stanovených ve spolupráci projektanta a firmy, jež pokládku potěru provedla.

Stejně jako u předchozích případů i zde platí zásada převzetí konstrukčních spár do potěru. Navržené topné okruhy nesmí tyto konstrukční spáry protínat. S ohledem na nízký koeficient roztažnosti anhydritových potěrů se dilatační spáry instalují pouze ve výjimečných případech (např. mezi vytápěnými plochami se značným teplotním rozdílem). Před samotnou pokládkou potěru musí být provedena zkouška vodotěsnosti teplovodního potrubí a během aplikace litého potěru musí být naplněno vodou. V případě, že jsou použity topné fólie či elektrické kabely, je postupováno v souladu s pokyny dodavatelů topného systému a je třeba dodržet veškerá bezpečnostní opatření.



Obr. 3.5 Potěr pro podlahové vytápění

Příprava podkladu a postup

Podklad musí splňovat stejné požadavky jako při pokládce potěru na izolační vrstvě. Minimální nominální síla vrstvy potěru závisí na pevnostní třídě tekutého potěru, je však zapotřebí dodržet pravidlo minimální vrstvy 35 mm nad horní hranou trubky teplovodního systému.

Ohřev

Během procesu ohřevu a stejně tak při následném užívání topení musí být vyloučeno dlouhodobé překročení vstupní teploty nad 55 °C. Krátkodobě je možné zvýšení teploty i na 60 °C. Od pokládky potěru musí k začátku procesu vytápění uplynout nejméně 7 dní. Podrobný popis postupného ohřevu je popsán níže. [18], [19]

3.3 Popis technologie

3.3.1 Přípravné práce – zakládání spár

I přes malou teplotní roztažnost tekutého potěru na bázi anhydritu, jež nám umožňuje pokládání ploch značných rozměrů, je třeba dbát na některá důležitá pravidla.

Spára

Jedná se o mezeru mezi dvěma plochami, které jsou realizovány v celé hloubce anhydritového potěru či pouze v jeho části.

Pracovní spára

Tato spára je vytvořena na kraji pracovního pole, a to při přerušení práce nebo ukončení pracovní činnosti daného časového úseku (pracovního dne).

Konstrukční spára

Konstrukční spára je vytvořena v podkladu a je nutné ji realizovat ve stejné šířce také v anhydritovém potěru, a to na stejném místě. Tato spára plní funkci dilatační. Aby tato funkce byla zajištěna, je bezpodmínečně nutné, aby byla konstrukční spára vždy převzata do tekutého potěru. V případě keramické dlažby je nutné ji přiznat i zde.

Okrajová spára

Nachází se v místě, kde dochází ke styku anhydritového potěru a přilehlých vztyčných obvodových ploch. Plní rovněž funkci dilatační, a to mezi potěrem a stěnou, případně ostatními vzestupnými stavebními prvky (sloupy, trubky, dveře,...). Okrajová spára je tvořena dilatačním pásem. Tloušťka tohoto pásu je závislá na druhu potěru. Jedná-li se o potěr, který není vytápěný, neměla by tloušťka pásu být menší než 5 mm. Je-li v potěru realizováno podlahové vytápění, musí být tloušťka pásu minimálně 10 mm. V případě, že se jedná o plochy značných rozměrů s vypuštěním spár, musí být okrajová spára dimenzována s ohledem na teplotní rozdíly, velikost podlahy a součinitel teplotní roztažnosti.

Pohybová spára

Tato spára umožňuje nezávislý pohyb jednotlivých vrstev potěru navzájem vznikajícího vlivem fyzikálního působení (kolísání teploty, vibrace, apod.). Rovněž má za následek eliminaci kročejového hluku šířícího se vrstvou anhydritového potěru. Je vyplněna pružným materiálem požadované tloušťky a stlačitelnosti. Provádí se v celé výšce vrstvy potě-

ru. Zabudování pohyblivých spár se osvědčilo zejména v případě nepříznivé geometrie prostoru, podmínek vysychání a nevhodného temperování. V těchto případech může docházet ke vzniku zvýšených pnutí ve dveřních průchodech a na vystupujících rozích. Spára je vyrobena např. okrajovou dilatační páskou (min. tl. 10 mm), případně lištou, která je polepena spárovou páskou.

V případě anhydritového potěru s částečným podlahovým vytápěním v jedné ploše je nutné dbát na to, aby tyto části byly odděleny od nevytápěných částí širších než 1 m pohybovou spárou. Rovněž je třeba vzít v potaz plánované podlahové vytápění a na základě úvahy provést dilatace.

Nevytápěné podlahové konstrukce

U nevytápěných ploch s tekutým potěrem se zpravidla realizace spár neuskutečňuje. Výjimku tvoří spáry vytvořené z důvodu eliminace přenosu zvuku a kmitání. Je důležité si uvědomit, že v případě velkých prosklených ploch dochází vlivem intenzivního působení slunečního záření k nepravdělnému zahřívání plochy s potěrem a v případě podlah s tuhou podlahovou krytinou se doporučuje založení dilatačních spár, pokud délka strany přesahuje 20 m. Samozřejmostí je přizpůsobení těchto spár geometrii a vzoru podlahové krytiny.

V některých případech je dilatace naprosto nezbytná. Jedná se o případy, kdy dilataujeme vytápěnou a nevytápěnou plochu, dále jestliže na sebe navazují plochy s rozdílnými tloušťkami potěru a zejména pak v případě přechodu mezi různými niveletami povrchu lité podlahy. [18], [19]

3.3.2 Realizace potěru

Konečné vlastnosti podlahy (např. rovinnost) jsou výrazně ovlivňovány samotnou pokládkou potěru, a proto je nutné maximálně dbát na dodržení správné technologie, doby zpracovatelnosti směsi apod.

Nastavení správné konzistence

Prvním krokem je nastavení správné konzistence potěru, kterou lze ověřit speciálními metodami (např. metoda Hägermannova trychtýře a plastové desky s měřícím terčem). Množství vody, kterou použijeme pro namíchání směsi, ovlivňuje kvalitu vrstvy potěru. Jestliže je použito nadměrné množství vody, pak povrch odlité vrstvy bude měkký i po ztuhnutí směsi. V opačném případě, kdy je vody nedostatek, nedojde ke snížení kvality, avšak tato skutečnost má za následek vyšší obtížnost dosažení přesnosti při nivelizaci hladiny potěru.

Určení požadované výšky

Správné a přesné určení požadované výšky roznášecí podlahové desky je základem pro přesnou realizaci potěru, jež významně ovlivňuje další stavební práce, např. pokládku nášlapných vrstev apod. Tato výška musí být v souladu s minimální možnou tloušťkou potěru, která je dána předpisem.

Kontrola realizované tloušťky potěru

Během pokládky je zapotřebí průběžně kontrolovat výšku realizované vrstvy litého potěru. K této činnosti se používají zpravidla dva odlišné systémy.

Laser

První možností je použití rotačního laseru s detektorem. Jedinou nutnou přípravou při tomto systému je stanovení konečné výšky roznášecí desky potěru. Dosažení požadované výšky je při následné realizaci pokládky signalizováno nejčastěji akustickým signálem vydávaným digitálním detektorem umístěným na nivelační lati. V případě, že se hladina potěru nenachází v požadované výšce, zpracovatel dodá, resp. odejme potřebné množství směsi rádlom či nohou. Po zalití celé místnosti je vhodné provést finální namátkovou kontrolu výšky, aby se předešlo eventuálním chybám. Výhoda této metody spočívá především ve vysoké rychlosti pokládky a okamžité kontroly v jakémkoliv potřebném místě.



Obr. 3.6 Rotační laser



Obr. 3.7 Nivelační trojnožka [30]

Nivelační trojnožky

Druhá možnost průběžné kontroly výšky potěru je zastoupena nivelačními trojnožkami. Trojnožky je však nutné umístit před uskutečněním samotné pokládky, a to v dostatečném časovém předstihu před touto realizací. Jejich nivelace probíhá například pomocí laseru, nebo vodováhy. Poté jsou ponechány po dobu realizace až do okamžiku, kdy je provedena první hrubá nivelace směsí. Následuje odstranění trojnožek a finální úprava povrchu. Rozteče jednotlivých trojnožek se volí maximálně do vzdálenosti 2 m. Mezi výhody této metody patří vysoká přesnost, avšak na úkor poměrně nízké rychlosti.

Lití potěru

K lití potěru se používají gumové čerpací hadice (obr. 3.8), přičemž se doporučuje dodržet maximální vzdálenost konce hadice od pevného podkladu maximálně 20 cm. Tento postup má co nejvíce zamezit nežádoucímu znečištění stěn či jiných konstrukcí. Rychlost lití závisí především na zkušenostech pracovníků provádějících potěr, zejména pak na rychlosti kontroly realizované výšky. Postup lití je přirozeně od nejvzdálenějších míst stavby směrem k východu, aby nedocházelo ke znehodnocení již realizovaných ploch.



Obr. 3.8 Lití potěru [31]

Hutnění

Jedná se o finální úkon prováděný v rámci zpracování potěru. Jakmile dojde k dosažení požadované výšky potěru, je zapotřebí směs i přes její samonivelační vlastnosti ztuhnout a provést závěrečnou nivelaci. Maximální časový odstup nivelace od nalití směsi je cca 25 min, doporučuje se však nivelaci provádět bezprostředně po nalití, kdy je konzistence směsi nejvhodnější. Je vhodné nivelovat po jednotlivých místnostech, následně pokračovat chodbami a dalšími vedlejšími prostory.



Obr. 3.9 Hutnění potěru pomocí nivelační latě [32]

Samotná nivelace se provádí za pomoci tzv. „nivelačních latí“ (obr. 3.9), a to nejlépe ve třech krocích. První dvě hutnění je vhodné provádět v celé tloušťce potěru ve dvou na sebe kolmých směrech. Třetí a poslední nivelování se provádí pouze v povrchové části potěru a jeho účelem je pouze jemné urovnání povrchu, které ve svém důsledku umožňuje dosažení požadované rovinnosti 2 mm / 2 m. Vedle urovnání povrchu však hraje hutnění ještě důležitější roli – má za následek homogenizaci potěru a jeho odvzdušnění, čímž je výrazným způsobem ovlivněno dodržení pevnostních charakteristik a optimální tepelné vodivosti. Po této finální úpravě povrchu potěru se do něj již nedoporučuje vstupovat, či ho jinak znehodnocovat. V opačném případě může dojít i přes důslednou opravu daného místa k problémům s možnými lokálními rovinnostními defekty. [18], [19]

3.3.3 Vysychání, zrání a dodatečné ošetřování potěru

Vývoj počátečních pevností

Jedná se o závěrečnou fázi realizace litého potěru, avšak o to větší důraz je nutné klást na dodržení všech zásad. Kvalita a důkladná péče o litý potěr výrazným způsobem ovlivňuje jednak konečné vlastnosti a jednak rychlost, s jakou těchto vlastností dosáhneme.

Pochůznost

První a zásadní nutností bezprostředně po realizaci potěru je jeho ochrana před průvanem a přímým slunečním zářením. Při současném dodržení dalších podmínek popsanych výše lze očekávat, že potěr bude pochůzný nejpozději po 48 hodinách od realizace pokládky. V případě, že dojde ke změně okolních podmínek, zejména pak ke změně teploty, je možné, že se doba pro pochůznost může prodloužit. Na rozdíl od cementových směsí tuhne potěr při vyšších teplotách pomaleji a při nižších rychleji. To může mít za následek zmiňovaný efekt. Tato anomálie však nemá žádný vliv na konečné vlastnosti.

Zatížitelnost

Částečné zatížení potěru, spočívající ve formě lehkých stavebních prací s vyloučením bodového zatížení, je u většiny případů reálné po přibližně 5 dnech. V žádném případě však nelze potěr zatížit v plném rozsahu, jelikož není plně vyzrálý a vyschlý. Je zapotřebí zmínit skutečnost, že navzdory projektovanému zatížení uvažovanému pro danou podlahu je možné často na stavbách spatřit složené palety s různým stavebním materiálem, jež vyvolávají mnohdy vyšší zatížení na metr čtvereční částečně vyzrálého potěru, než je uvažováno pro plně vyzrálý potěr v době provozu. Tento fakt pak může mít za následek vznik prasklin či jiných problémů realizovaného potěru.

Zrání a vysychání

Jedná se o velice důležitou část realizace litých potěrů. Stejně jako u betonu je konečných vlastností u těchto materiálů dosaženo v určitém časovém horizontu, nicméně velmi důležitou roli zde hraje i míra vysušení, resp. zbytková vlhkost. Standardně se jako doba nutná pro získání deklarovaných vlastností udává 28 dní. Materiál je však nutné vysušit do maximální zbytkové vlhkosti 1 hm. %. Splnění těchto dvou podmínek umožňuje kontrolovat a spoléhat na deklarované pevnosti.

Vysoušení

Po uplynutí prvních 48 hodin je nutné zajistit postupné vysoušení potěru. Nejvhodnější metodou je přirozená cirkulace vzduchu a odpovídající teplota. V případě, že nejsou dodrženy podmínky od začátku vysoušení potěru po prvních 48 hodinách, vzniká zde riziko následných objemových změn potěru, jejichž příčinou je vysoká zbytková vlhkost potěru způsobující tzv. „sekundární krystalizaci“. Ta je doprovázena výrazným roztahováním (bobtnáním) potěru. Naproti tomu není vhodné ani příliš radikální vysušování, jež by mohlo mít za následek lokální přehřátí potěru a vznik případných prasklin. Z těchto důvodů není doporučeno použití naftových či plynových hořáků, které procesem spalování zanášejí do prostoru vlhkost. Vhodnou alternativou jsou např. kondenzační vysoušeče. S výjimkou léta je doporučeno tzv. nárazové větrání, kdy dojde nejprve k vyhřátí prostor s realizovaným potěrem a následuje intenzivní vyvětrání vlhkosti. Tento postup se dle potřeby opakuje i několikrát denně. Vzhledem ke značnému množství podmínek, na nichž je proces vysoušení závislý, je obtížné přesně specifikovat a zobecnit délku vysychání potěrů.

Zrání

Tento proces, který nazýváme krystalizací materiálu, je časově omezený a ve většině případů je ukončen přibližně po 14 dnech. Po uplynutí této doby jsou konečné pevnostní charakteristiky závislé pouze na míře reziduální vlhkosti.

Vysoušení na podlahovém topení

U topného potěru je velice důležité neopomenout tzv. proces postupného zvyšování teploty. I v případě, že došlo k vysychání potěru za běžných podmínek, tzn. bez pomoci topení, musí být ještě před zahájením pokládky podlahové krytiny zapnuto topení a musí se provést postupné zvyšování teploty a následně její postupné snižování. Aby byla otestována řádná funkce a zejména dosažení vyzrálosti pro pokládku, je zapotřebí držet se následujícího postupu:

Funkční ohřev, vyzrání potěru pomocí topení

Provádí se za účelem kontroly funkce vytápěné podlahové konstrukce. U anhydritových potěrů lze tento ohřev zahájit nejdříve po 7 dnech od ukončení pokládky potěru. Při zapnutí podlahového topení pro ohřev podlahy z důvodu řádného vyzrání by měla být zahajovací vstupní teplota u podlahového topení na bázi teplé vody nastavena na 25 °C. Tato teplota by měla být udržována po dobu 3 dnů a poté by mělo následovat postupné zvyšování teplo-

ty o 10 °C za jeden den (při poklesnutí teploty během noci) až na maximální výkon topení (vstupní teplota vody nesmí být vyšší než 55 °C). Tuto maximální vstupní teplotu je zapotřebí udržovat po dobu minimálně 3 dnů, a to bez snížení teploty v nočních hodinách. Tato minimální doba je závislá na tloušťce potěru. Během této doby je zapotřebí kontinuálního větrání místnosti, bez průvanu. Během fáze snižování teploty je zapotřebí vstupní teplotu snižovat postupně, tzn. o 10 °C za jeden den až na hodnotu 25 °C.

V případě, že je potřeba průběh stavby urychlit, osvědčila se kombinace funkční zkoušky topení spolu s ohřevem podlahy za účelem vyzrání potěru. Rozdíl oproti výše popsanému postupu je v udržení teploty i během nočního provozu až do úplného vyzrání potěru, přičemž vstupní teplota 25 °C je udržována po dobu tří dnů, ne pouze jednoho.

Jsou-li topné trubky umístěny více než 15 mm nad izolací, je na místě provést postupné zvyšování teploty podlahového topení dvakrát z důvodu umožnění úniku případné zbytkové vlhkosti uzavřené v potěru pod vodiči podlahového topení. Kontrola vysušení potěru během maximální vstupní teploty se provede při provozu topení umístěním fólie o velikosti 500 x 500 mm na povrch potěru v oblasti, kde se nacházejí vodiče topení, přičemž okraje této fólie se připevní po celém obvodu k ploše potěru za pomoci lepicí pásky. Absence jakýchkoliv stop vlhkosti během následujících 24 hodin poukazuje na suchý potěr a umožňuje snížení povrchové teploty až na 18 °C. Po provedení této kontroly se potěr považuje za vyzrálý pro pokládku podlahové krytiny, avšak jelikož nelze vyloučit opětovné navlhčení po dokončení ohřevu a vysoušení potěru, nelze podle současně platných technických pravidel upustit od měření CM přístrojem před započítáním pokládky podlahové krytiny. Pro provedení zkoušky zbytkové vlhkosti za pomoci CM přístroje musí být projektantem stanoveny na každých 200 m², případně na každý byt, tři místa měření. Výběr těchto míst musí vyloučit poškození topného systému a zejména pak zohlednit místo z hlediska vysychání potěru nejméně příznivé. Takovými jsou např. místa s větší silou vrstvy potěru.

Dále je zapotřebí dodržovat pokyny výrobce pro dobu tuhnutí, případně vytvrzení lepidel a dalších materiálů použitých k pokládce podlahové krytiny. Teplota podlahy naměřená v době pokládky podlahové krytiny nesmí být po dobu 3 dnů změněna.

Veškeré výše popsané údaje se zapisují do „Protokolu ohřevu podlahy“, jehož formulář je dodáván při každé realizaci.

Povrch potěru

Tloušťka a tekutost potěru při realizaci, nebo také druh písku, jaký byl použit pro výrobu litého potěru, ovlivňují množství tenké vrstvy tvořící se zpravidla na povrchu potěru – tzv. „šlem“. Při tvorbě této vrstvy může docházet k výskytu prasklin. Tyto praskliny však nezasahují do konstrukční vrstvy potěru, a tudíž nemají žádný vliv na kvalitu realizované podlahy. Nutno podotknout, že tato vrstva netvoří soudržný celek s vlastní matricí potěru, a proto je na místě ji vždy odstranit. Odstranění vrstvy je v raných stádiích zralosti potěru možné prostým zametením či seškrábnutím. Později je zapotřebí využít k odstranění vrstvy brusný papír nebo diamantový kotouč. Odstranění šlemu do značné míry ovlivňuje i rychlost vysychání potěru. Při jeho odstranění je proces vysychání jednodušší a rychlejší.

Zřídka mohou nastat i situace, kdy se na stavbě vyskytují velmi nevhodné podmínky, jakými je např. vysoká vlhkost a nízká teplota. V takovém případě může docházet k tzv. přituhnutí této vrstvy šlemu k vrstvě potěru. Následná pevnost této vazby je natolik pevná, že je velmi obtížné odstranit šlem broušením. Tehdy je doporučeno ověření tahové pevnosti a jsou-li splněny požadované pevnosti, lze tuto vrstvu ponechat. Samotné broušení by mělo být provedeno tak, aby byla zaručena homogenita povrchu potěru, se kterou souvisí následná přídržnost dalších vrstev podlahy.

Pokládka finální vrstvy

Lité potěry jsou vhodné pro uskutečnění drtivé většiny nášlapných vrstev. Výjimkou bývají zpravidla krytiny typu PVC nebo Marmoleum. Zde jsou nároky na rovinnost vyšší. V takových případech je na místě konzultace s realizátorem nášlapných vrstev.

Maximální vlhkosti

Nejdůležitějším parametrem před pokládkou nášlapných vrstev je zbytková neboli reziduální vlhkost. Její maximální hodnoty jsou uvedeny v příslušné normě (tab. 2.8).

Pro odpovědné určení této charakteristiky se využívá gravimetrická metoda, jejíž postup je popsán v [5]. Alternativní metodou je metoda karbidová, u níž se využívá reakce karbidu vápníku se zbytkovou vlhkostí materiálu. Vznikající plyn zvyšuje tlak v uzavřené nádobě, podle jehož velikosti se stanovuje reziduální vlhkost.

Nutno poznamenat, že pro provedení této zkoušky je odpovědnou osobou realizátor nášlapné vrstvy, jenž také zodpovídá za dodržení normou předepsaných hodnot. Při nedo-

držení těchto hodnot může v důsledku odpařování přebytečné vlhkosti u keramických obkladů hrozit odlepování, u lepeného PVC vznik bublinek, apod. [6], [18], [20]

4 PORUCHY A VADY PODLAH

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, velmi významnou roli před finální pokládkou nášlapné vrstvy hraje vlhkost. Právě ta je nejčastější příčinou poruch nášlapných vrstev podlah. Tyto poruchy vznikají v mnoha případech díky nedokonalému provedení detailů, avšak daleko častějším důvodem bývá podlehnutí tlaku na urychlení technologie ze strany investora. V současnosti se klade obrovský důraz na minimalizaci doby potřebné k realizaci jednotlivých stavebních prací, což s sebou přináší logická úskalí.

Nezbytnou součástí drtivé většiny stavebních materiálů je voda. Mezi takové patří i zmiňované potěry, ať už je řeč o potěrech cementových či anhydritových. Díky své vynikající tvarové přizpůsobivosti jsou v současnosti potěry upřednostňovány před tradičními betonovými podlahami. Dalšími výhodami jsou dobré mechanické vlastnosti a v neposlední řadě v důsledku rychlé realizace i příznivá cena. Voda obsažená v potěrových materiálech umožňuje mimo jiné práci s tímto materiálem ve formě tekutiny, čímž je zajištěn relativně snadný transport čerpáním, bezproblémové vyplnění předepsaného objemu, nenáročná úprava povrchu a další technologické výhody.

Voda je však nepostradatelná zejména pro vlastní tvrdnutí použitého materiálu. Anhydritové pojivo je tvořeno převážně bezvodým síranem vápenatým (CaSO_4). Jedná se o látku velmi podobnou sádře, jinými slovy dihydrátu síranu vápenatého ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$). Jako první dojde po zamíchání pojiva s vodou k jeho rozpuštění. Následuje krystalizace přesyceného roztoku na sádrovec ($\text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$). Následné vzájemné srůstání krystalů vede k tvorbě pevné struktury. Anhydrit dosahuje nejlepších mechanických vlastností jako suchý, avšak v počáteční fázi zrání je zapotřebí ochrana proti nadměrnému vysychání.

Z výše uvedeného vyplývá, že voda je nezbytnou součástí potěrů, ať už z hlediska zpracovatelnosti, či konečných pevnostních parametrů. Před pokládkou finální nášlapné vrstvy je však nadměrná vlhkost nežádoucí a je zapotřebí věnovat jí zvýšenou pozornost. V opačném případě může být příčinou vyboulení dřevěné podlahy či rozevírání spár, příčinou vzniku puchýřů na povlakových krytinách či neprodyšných stěrkách. Ojedinělé není ani odlupování nášlapných vrstev od podkladu či vznik plísní. [25]

Příklady několika poruch podlah, způsobených nejen nadměrnou vlhkostí, uvádí následující text.

4.1 Poruchy dřevěných podlah bytového domu

Řešeným objektem byl šestipatrový bytový dům, v němž bylo prováděno posouzení poruch podlah ve dvou bytech. V prvním z nich došlo k vyboulení dřevěné podlahy, v druhém bylo problémem výrazné rozevření spár mezi dřevěnými lamelami. Reklamace těchto poruch byla uskutečněna přibližně 10 měsíců od realizace pokládky dřevěných podlah.

V obou bytech byly provedeny sondy, které odhalily následující skladbu podlahy:

- nášlapná vrstva z dřevěných lamel
- anhydritová deska – nosná vrstva podlahy, tloušťka cca 50 mm
- PE fólie – separační vrstva
- minerální vata – tepelná a kročejová izolace, tloušťka cca 25 mm
- polystyrenbeton – vyrovnávací vrstva (obsahující rozvody topného systému)
- nosná konstrukce – železobetonová deska

V prvním bytě došlo k nadzdvižení lamel nášlapné vrstvy podlahy v blízkosti vstupních dveří. V témže místě došlo ke stejnému defektu již v minulosti, kdy byly poškozené lamely vyměněny za nové.

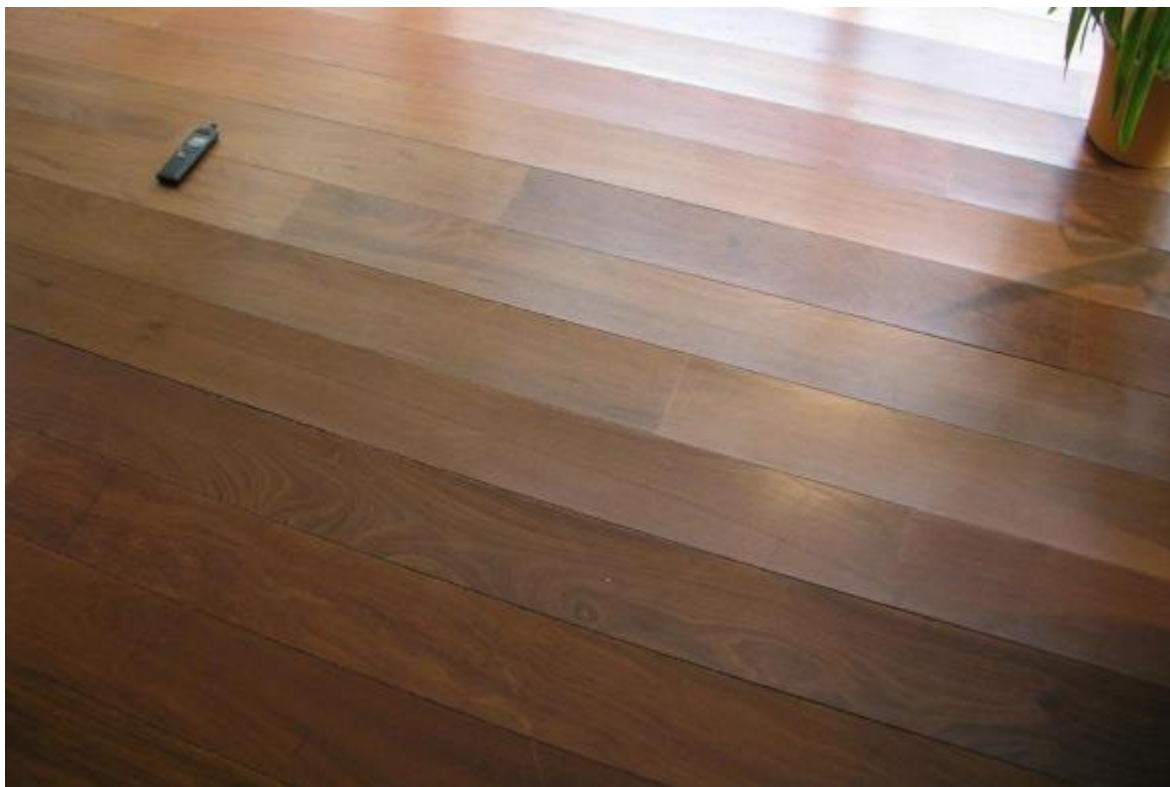
V místě poruchy byla provedena sonda pro stanovení vlhkosti jednotlivých materiálů. Vlhkost dřevěné lamely byla zjištěna pomocí elektronického vlhkoměru a její hodnota činila 14 – 26 %. Vlhkost anhydritu byla zjištěna 1,72 % a 1,42 % a vlhkost minerální vlny pod anhydritovou deskou nabývala hodnot 12,17 % a 7,24 %. Pro zajištění dlouhodobé životnosti dřevěné podlahy byla naměřená vlhkost příliš vysoká a výrazně překračovala nejvyšší dovolenou vlhkost 0,5 %. Před samotnou pokládkou nášlapné vrstvy bylo provedeno měření vlhkosti anhydritového potěru, při kterém byla hodnota maximální dovolené vlhkosti dodržena.

Velmi vysoká hodnota vlhkosti byla naměřena ve vrstvě minerální vaty pod anhydritovou deskou. Izolační vrstva byla od desky oddělena PE fólií. Pronikání vlhkosti z vrstvy minerální vaty bylo pravděpodobně umožněno lokální netěsností či perforací separační vrstvy, čemuž odpovídala i vlhkostní skvrna na spodním lici odebraných lamel. Při použité nášlapné vrstvě bylo umožněno snadné pronikání vlhkosti z povrchu anhydritu, čímž bylo zabráněno šíření vlhkosti anhydritovou deskou.

Výskyt takovýchto poruch není v současnosti zdaleka ojedinělý. Častou příčinou bývá nedostatečně precizně provedená pokládka separační vrstvy, která má za následek

zatečení tekutého potěru při samotné realizaci do vrstvy izolace. Jiným zdrojem vlhkosti může být rovněž netěsnost rozvodů vody či vytápění často vedených ve vyrovnávací vrstvě, jako tomu bylo i v tomto případě. Přesná lokalizace zdroje vlhkosti je však velmi obtížně identifikovatelná.

V druhém bytě bylo zjištěno, že v některých místnostech došlo v pásech o šířce asi 1 – 1,5 m ke zdeformování jednotlivých lamel (tzv. „korýtkování“). Jedná se o defekt, při kterém dojde k prohnutí jednotlivých lamel do tvaru žlábků v podélném směru lamely (obr. 4.1). Zároveň došlo k rozevření spár mezi jednotlivými lamelami.



Obr. 4.1 Zdeformování jednotlivých lamel („korýtkování“) – ilustrační foto [33]

Po provedení sond v místě poruch nášlapné vrstvy byla naměřena vlhkost anhydritu 0,72 % a vlhkost minerální vaty 3,0 %. Hodnota vlhkosti anhydritu tak překračovala nejvyšší dovolenou vlhkost. Naproti tomu v místě, kde k deformaci lamel nedošlo, byla po provedení sond naměřena hodnota vlhkosti anhydritové desky 0,15 – 0,21 %, tedy výrazně nižší než je dovolená hodnota. Vlhkost minerální vlny pak byla naměřena 2,73 % a 7,21 %. Současně byla v bytě naměřena velmi nízká relativní vlhkost vzduchu – 34,5 %.

Na základě takto zjištěných údajů byla za dominantní příčinu vzniku poruch označena zvýšená vlhkost podkladu, v jejímž důsledku došlo k nabývání spodního líce lamel.

Velmi nízká relativní vlhkost vzduchu, způsobující naopak smršťování horního líce lamel, ke vzniku poruchy určitou měrou přispěla, nelze ji však označit za dominantní příčinu, neboť v místech, kde zvýšená vlhkost anhydritové desky naměřena nebyla, ke vzniku poruchy nedošlo.

Vzhledem k tomu, že zvýšenou vlhkost vykazovala anhydritová deska pouze v místech s výskytem poruch, lze vyvodit závěry, že zdroj vlhkosti se nachází právě v těchto místech, odkud proniká přes anhydritovou desku do nášlapné vrstvy. Současně je zcela patrné, že zvýšená vlhkost není důsledkem reziduální vlhkosti záměsové vody, tedy nedostatečného vyschnutí anhydritové desky před aplikací finální nášlapné vrstvy podlahy. Tvar a výskyt oblastí, kde byla porucha identifikována, nasvědčuje tomu, že pronikání vlhkosti z nižších vrstev izolace či vyrovnávací vrstvy je umožněno nedostatečně utěsněnými spoji polyetylenové fólie (separační vrstvy). [25]

4.2 Poruchy anhydritové podlahové desky

Předmětem zájmu byla podlaha nacházející se v učebnách v přízemí a prvním patře řešené budovy. Diagnostikou byly identifikovány závažné závady podlahové konstrukce v učebnách související zejména s tuhostí nosné podlahové vrstvy. Ta byla tvořena anhydritovou deskou, jejíž tloušťka byla v rozích místnosti označena za nedostatečnou (cca 30 % navrhované tloušťky). V mnoha případech došlo k odlomení rohových oblastí, či dokonce k jejich celkové destrukci. Jako příčina této závady se jevila špatná rovinnost povrchu nosné stropní desky. Při pokládce tepelné a kročejové izolace nebyl brán zřetel na vystouplé rohové oblasti, což vedlo k zarovnání podlahy až při realizaci finální vrstvy potěru na úkor tloušťky anhydritové desky. Obdobný problém nastal i v oblastech v blízkosti truhlíků pro topná tělesa, kde bylo v některých místech dokonce možné spatřit trubky vystupující na povrch podlahy. V ostatních místnostech byla v rohových oblastech patrná malá tuhost nosné desky signalizovaná jejich prohýbáním při došlápnutí.

Závady v rozích místností a v okolí truhlíků pro otopná tělesa byly zhodnoceny jako velmi závažné, neboť poukazují na neschopnost nosné vrstvy podlahy dlouhodobě plnit svou funkci. V místech, kde byla zjištěna nedostatečná tuhost nosné vrstvy podlahy lze předpokládat vznik poruch nášlapné vrstvy v důsledku vzniku trhlin v nosné anhydritové vrstvě. V místech s extrémně malou tloušťkou nosné vrstvy lze konstatovat, že vznik poruch nášlapné vrstvy je během dlouhodobého užívání podlahy zcela nevyhnutelný.

Finálnímu položení nášlapné vrstvy předcházelo zajištění tuhosti nosné podlahové desky a současně dodržení projektem předepsané tloušťky anhydritové desky. To si vyžádalo vybourání desky v kritických oblastech, následné odstranění části kročejové a tepelné izolace a dolití anhydritového potěru. Vyztužení pracovních spár bylo realizováno ocelovými pruty instalovanými do předem vyfrézovaných drážek a následným zalitím spár epoxidovou pryskyřicí. Tento způsob řešení byl upřednostněn před celkovou náhradou stávající nosné desky novou i přes mírné zhoršení tepelně technických a akustických vlastností podlahové konstrukce. [26]

4.3 Trhliny v povrchu podlahy

Ačkoli jsou reakce na vznik trhlin v potěrech na bázi síranu vápenatého ze strany investora mnohdy přehnané a přinášejí s sebou neadekvátní požadavky na jejich sanaci, není jejich podceňování na druhou stranu v žádném případě na místě. Každá trhlinka, jež na konstrukci vznikne, indikuje určitý problém. Je však zapotřebí odhalit příčinu této trhliny, ať už je méně či více závažná.

Mezi nejčastější příčiny vzniku trhlin u anhydritových podlah patří rychlé vysychání čerstvého potěru v důsledku větrání místností během prvních 48 hodin, tedy hrubé porušení technologického postupu předepsaného dodavatelem anhydritové směsi. Takto často vznikají trhliny o šířce i několik milimetrů. Sanace těchto trhlin je nezbytná, a ačkoli není z hlediska realizace nikterak složitá, vyžaduje poměrně nákladné finanční prostředky. Levnější a zaručeně jednodušší variantou eliminace těchto problémů je jejich důkladná prevence spočívající v důsledném dodržení předepsaných technologických postupů.

Druhou, rovněž poměrně často se vyskytující příčinou, je nedodržení předepsané tloušťky potěru. Zejména v případě rekonstrukcí podlah ve starších objektech je zapotřebí brát v potaz nerovnoměrnost podkladní vrstvy nově realizované podlahy – tedy stávající nosné stropní konstrukce. Tyto nerovnosti je nutné eliminovat aplikací různých tloušťek izolační vrstvy (nejčastěji tvořené polystyrenem či minerální vatou), aby bylo pro samotnou anhydritovou desku docíleno co možná nejrovnějšího podkladu. Samozřejmostí je dodržení minimálních tloušťek těchto izolačních vrstev předepsaných projektantem. V případě, že je výsledná tloušťka anhydritové vrstvy nedostačující, není materiál podlahové konstrukce schopen na poddajné podkladní vrstvě odolat působení zatížení a dojde k porušení ohybem a smykem.

Třetí, avšak neméně významnou příčinou vzniku trhlin, je způsob vedení technických rozvodů, zejména pak rozvodů vody a elektroinstalací. V mnoha případech lze na stavbách spatřit vedení těchto rozvodů právě v podlaze, a to v úrovni podkladní vrstvy izolace. V těchto místech dochází v některých případech k nedodržení minimální tloušťky vrstvy potěru, a tím ke snížení únosnosti podlahové desky. Tyto oblasti jsou následně doprovázeny již zmíněným vznikem trhlin.

V poslední řadě nelze opomenout ani chybné dimenzování nosnosti podlahy, při kterém dojde k vyčerpání únosnosti podlahové desky a následnému porušení vlivem nadměrného zatížení.



Obr. 4.2 Sanace trhlín – ilustrační foto [34]

Samotná sanace trhlín nevyžaduje nikterak komplikované postupy, avšak aby byla zajištěna její efektivita, je bezpodmínečně nutné odhalit prvně příčinu jejich vzniku. Prvním krokem je proříznutí, tedy zvětšení prostoru spáry. Následuje proříznutí drážek v příčném směru (tzv. „švy“) do hloubky asi 10 – 15 mm. Vzájemná vzdálenost těchto drážek se pohybuje v závislosti na konkrétní situaci od 50 do 200 mm. Do takto připravených a důkladně vyčištěných drážek se následně vloží ocelové spony – zvlněný plech o délce min 50 mm a výšce min 5 mm – které se zalijí řídkou epoxidovou pryskyřicí (obr. 4.2). Po vytvrzení materiálu se sanované místo přebrousí. [27]

5 ZKUŠEBNÍ METODY

5.1 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku

5.1.1 Podstata zkoušky

Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku se stanoví na zkušebních tělesech zhotovených podle EN 13892-1. Nejprve se stanoví pevnost v tahu za ohybu. Pevnost v tahu za ohybu se vypočítá ze zatížení, které vede k porušení zkušebního tělesa při zatížení, vyvozeném v jeho středu.

Dvě poloviny zlomeného zkušebního tělesa se potom použijí pro stanovení pevnosti v tlaku. Každá polovina se zkouší při zatížení tlakem, rovnoměrně rozloženém po části zlomeného tělesa. Pevnost v tlaku se vypočítá ze zatížení, které vede k porušení zkušebního tělesa. [8]

5.1.2 Postup zkoušení

Zkouška pevnosti v tahu za ohybu

Ke zkoušce jsou použita tři zkušební tělesa o rozměrech 40 x 40 x 160 mm, jež byla zhotovena podle EN 13892-1. Před zkoušením musí být dodržena doba potřebná k dosažení požadovaných vlastností, která se obecně udává 28 dní a může být upravena, prokáže-li výrobce, že požadovaná třída vlastností může být dosažena v této době.

Jednotlivé strany zkušebního tělesa by měly být otřeny čistou tkaninou za účelem odstranění případných částeczek materiálu. Následně se zkušební tělesa zváží, změří se šířka a výška tělesa uprostřed jeho délky a vypočítá se objemová hmotnost.

Zkušební válce se očistí od nečistot a zkušební těleso se uloží na válcové podpory centricky v obou směrech. Zatížení musí být vyvozováno rovnoměrně, nikoli rázově, a to rovnoměrnou rychlostí $(50 \pm 10) \text{ N} \cdot \text{sec}^{-1}$ do porušení. Zaznamená se maximální vyvozené zatížení $F_f [\text{N}]$, při kterém došlo k destrukci zkušebního vzorku. Obě poloviny porušeného zkušebního tělesa se využijí pro stanovení pevnosti v tlaku.

Pevnost v tahu za ohybu $R_f [\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}]$ se vypočítá podle rov. 5.1 a zaznamenává se s přesností $0,05 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ pro jednotlivá zkušební tělesa a s přesností $0,1 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ pro průměrnou hodnotu ze tří zkoušek. [8]

$$R_f = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_f \cdot l}{b \cdot d^2} \quad [N \cdot mm^2] \quad (\text{rov. 5.1})$$

$F_f \dots$ síla, při které došlo k porušení zkoušeného vzorku

$l \dots$ vzdálenost podpor ($l = 100 \text{ mm}$)

$b \dots$ šířka zkoušeného vzorku ($b \cong 40 \text{ mm}$)

$d \dots$ výška zkoušeného vzorku ($d \cong 40 \text{ mm}$)

Zkouška pevnosti v tlaku

Pro tuto zkoušku je použito 6 částí zkušebních těles vzniklých ze zkoušky pevnosti v tahu za ohybu a jejich zkoušení probíhá v tentýž den.

Nejprve se opět odstraní případné nečistoty z bočních stěn zkušebního tělesa a tlačných ploch zkušebního stroje. Těleso se umístí ve zkušebním stroji pomocí přípravku pro zkoušení pevnosti v tlaku tak, aby byl tlak vyvozován na boční strany, nikoli na horní stranu. Poloha tělesa se upraví tak, aby koncová plocha přesahovala 16 mm destičky. Všechna tělesa, u nichž je nemožné zajistit krychlový tvar pevného materiálu mezi horní a dolní destičkou, se vyřadí. Pečlivé uložení tělesa musí zajistit vyvození zatížení na celou šířku, která je ve styku s destičkami. V případě že je použit přípravek pro zkoušení pevnosti v tlaku se přípravek umístí centricky na dolní tlačnou desku zkušebního stroje. Zatížení musí být vyvozováno rovnoměrně, nikoli rázově, a to rovnoměrnou rychlostí $(2\,400 \pm 200) \text{ N} \cdot \text{sec}^{-1}$ do porušení. Zaznamenaná se maximální vyvozené zatížení F_c [N], při kterém došlo k destrukci zkušebního vzorku.

Pevnost v tlaku R_c [$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$] se vypočítá podle rov. 5.2 jako podíl maximálního zatížení vynaloženého na zkušební těleso a plochy průřezu zkušebního tělesa v místě styku s destičkami a zaznamenává se s přesností $0,05 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ pro jednotlivá zkušební tělesa a s přesností $0,1 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ pro průměrnou hodnotu ze šesti částí zkušebních těles. [8]

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad [N \cdot mm^2] \quad (\text{rov. 5.2})$$

$F_c \dots$ síla, při které došlo k porušení zkoušeného vzorku

$A \dots$ obsah plochy, která vzdoruje síle F_c

5.2 Stanovení přídržnosti (odtrhová zkouška)

Jak již bylo zmíněno výše, lze pro kontrolní zkoušky cementových potěrů alternativně použít i tzv. odtrhové zkoušky. Jedná se o stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev. Je nezbytné poznamenat, že pevnost v tahu povrchových vrstev a pevnost v tahu za ohybu jsou dvě různé vlastnosti mající rozdílnou velikost. Vztah mezi těmito dvěma vlastnostmi je upraven v tab. 5.1.

Tab. 5.1 Požadavky na výsledky kontrolních zkoušek pevností v tahu povrchových vrstev cementových potěrů

Třída pevnosti v tahu za ohybu podle ČSN EN 13 813	Průměrná hodnota pevnosti v tahu povrchových vrstev [MPa]
F4	> 1,25
F5	> 1,75
F7	> 2,25

5.2.1 Podstata zkoušky

Přídržnost se stanovuje jako namáhání v tahu vynaložené přímým zatížením kolmým k povrchu přidržované plochy. Přídržnost se vypočítá jako podíl zatížení vedoucího k porušení a zkoušené plochy. Zkoušená plocha je dána vyvrtanou nebo vyřezanou plochou přes potěrový materiál do podkladu. [12]

5.2.2 Postup zkoušení

Ke zkoušce se použije kruhová odtrhová deska. V případě, že je tloušťka potěru větší než 20 mm, dává se přednost deskám čtvercovým. Minimální počet zkušebních ploch vyvrtaných v potěrovém materiálu je 5, přičemž hloubka jednotlivých vrtů musí být přibližně 50 mm. Jednotlivé plochy musí být od sebe a stejně tak od okraje zkušební plochy na desce vzdáleny nejméně 50 mm. K samotnému vrtání, resp. řezání není doporučeno vodní chlazení, zejména pak u potěrů na bázi síranu vápenatého nebo u potěrů s hořčnatou maltovinou. Není-li možné se tomuto způsobu vrtání vyhnout, je nezbytné je provádět nejméně 1 den před tahovou zkouškou.

Tahové namáhání je vynaložené přímým zatížením kolmým k povrchu přidržované plochy. Přídržnost se následně vypočítá jako podíl zatížení vedoucího k porušení a zkoušené plochy, která je dána vyvrtanou nebo vyřezanou plochou přes potěrový materiál do po-

kladu. V takovém případě [6] uvádí hodnoty minimálních pevností odpovídajících jednotlivým pevnostním třídám (tab. 2.6). Hodnoty požadovaných pevností v tahu povrchových vrstev podkladu závisí na typu nášlapné vrstvy a intenzity vnějšího zatížení a musí být stanoveny v návrhu podlahy.

5.3 Metody pro stanovení vlhkosti podkladních vrstev podlah

5.3.1 Vlhkost a transport vody v materiálech

Pod pojmem vlhkost materiálu je myšleno množství vody v libovolném skupenství, která je obsažena v prostupném kapilárním pórovém systému dané hmoty. Vlhkost se nejčastěji vyjadřuje v hmotnostních procentech. Jedná se o poměr hmotnosti volné či fyzikálně vázané vody v pórovém systému a hmotnosti pevné látky.

Přítomnost vody ve stavebních materiálech může být zapříčiněna několika důvody. Buďto je do nich vnášena při jejich přípravě, jak je tomu například u betonu, zdicích malt či cementových potěrů, nebo proniká do hmoty v podobě srážek (déšť, sníh). Specifickým prostředím je potom zemina, ve které přítomnost podzemní vody způsobuje vztlínání vlhkosti do stavby.

Mluvíme-li o transportních mechanismech vody ve stavebních látkách, existují dva základní druhy. Prvním z nich je tzv. difúze. Jedná se o transport vodní páry z oblastí s vyšším parciálním tlakem do oblastí s nižším tlakem. Pronikání vodních par je umožněno ve všech porézních látkách, u nichž se velikost pórů pohybuje od 3×10^{-10} m výše. Tato propustnost materiálu je vyjádřena pomocí tzv. koeficientu propustnosti materiálu. Častěji se však můžeme setkat s vyjádřením pomocí tzv. ekvivalentní difúzní tloušťky, která je součinem koeficientu propustnosti materiálu a tloušťky materiálu.

Druhým mechanismem je kapilární transport vlhkosti. Ten je závislý na dvou faktorech – průměru pórů a smáčivosti materiálu. Pomocí průměru pórů lze vyčíslit teoretickou výšku vztlínání v důsledku kapilární elevace, přičemž mezi výškou vztlínání a velikostí pórů platí nepřímá úměrnost.

Připočteme-li k těmto skutečnostem další imperfekce, jakými jsou např. trhliny a mikrotrhliny různých šířek, které významným způsobem ovlivňují transport vodní páry v materiálu, můžeme říci, že nastavení rovnovážného stavu vlhkosti v materiálu je dlouhodobý proces ovlivněný značným množstvím vnějších i vnitřních faktorů.

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, finální pokládce nášlapných vrstev předchází stanovení vlhkosti podkladních vrstev podlah. Maximální hodnoty vlhkosti jsou uvedeny v tab. 2.7. Pro stanovení vlhkosti je předepsána gravimetrická metoda zjišťování vlhkosti. Alternativní metodou je pak metoda karbidová. V praxi se však stále častěji používají také nedestruktivní metody.

Metody určování vlhkosti můžeme obecně rozdělit na přímé a nepřímé. V případě přímých (destruktivních) metod je pro určení vlhkosti odebrán vzorek materiálu a měřenou veličinou je množství vody v materiálu, která je oddělena od pevné fáze. U nepřímých (nedestruktivních) metod je stanovení obsahu vlhkosti nejčastěji realizováno za pomoci příložného přístroje či měřicího čidla zabudovaného přímo v materiálu. Měřena je pak konkrétní fyzikální veličina, která se mění v závislosti na měnící se vlhkosti materiálu. Takovými veličinami je např. elektrický odpor, elektrická kapacita, tepelná vodivost apod. [3], [24]

5.3.2 Destruktivní metody měření vlhkosti

Gravimetrická metoda

Nazývá se též vážková či hmotnostní. Princip metody spočívá v separaci vody od pevné fáze a stanovení jejich hmotností. Odebrání vzorku je realizováno vrtáním či odsekáním zkoušeného materiálu. Z důvodu případného ovlivnění vlhkosti zvýšenou teplotou je doporučeno volit pro vrtání větší průměry vrtáků a zároveň nižší otáčky. Pro úplnou eliminaci snížení vlhkosti v důsledku tření je vhodné realizovat odběr vzorku ručním vysekáváním. Odebraný vzorek se uloží do těsně uzavíratelné nádoby, aby bylo zabráněno ztrátě vlhkosti. Následuje zvážení vzorku, jeho vysušení do ustálené hmotnosti a opětovné zvážení. Teplota vysoušení je závislá na materiálu, který je vysušován, a její hodnoty jsou uvedeny v tab. 5.2. Za ustálenou hmotnost vzorku se považuje takový stav, kdy změna vlhkosti mezi třemi následujícími váženími provedenými nejméně po 24 hod je menší než 0,1 % celkové hmotnosti. Rozdíl hmotnosti m_w vlhkého vzorku a m_d suchého vzorku představuje hmotnost vody, jež byla ve vzorku obsažena. Hmotnostní vlhkost materiálu se následně určí podle rov. 5.3.

$$w_h = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} \cdot 100\% \text{ hm.} \quad (\text{rov. 5.3})$$

m_w ... hmotnost vlhkého materiálu [g]

m_d ... hmotnost suchého materiálu [g]

Tab. 5.2 Teploty sušení

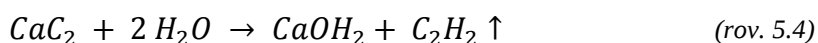
Materiál	Teplota sušení [°C]
Materiály, které nemění svoji strukturu při 105 °C, např. některé minerální materiály, dřevo	105 ± 2
Materiály, u kterých může dojít ke změně struktury mezi 70 °C a 105 °C, např. některé lehčené plasty	70 ± 2
Materiály, u kterých může vyšší teplota vést k uvolnění krystalizační vody nebo ovlivnit nadouvadla, např. sádra a některé pěny	40 ± 2

Tato metoda je používána pro širokou škálu materiálů. Důvodem je právě její nezávislost na dalších parametrech materiálu a není tak potřeba sestavovat kalibrační křivku. Pro tuto univerzálnost se gravimetrická metoda považuje za nejužívanější a zároveň nejpresnější standardní metodu zjišťování vlhkosti materiálu.

Nevýhodou této metody je pak její destruktivní charakter odběru vzorku, znemožňující kontinuální sledování vlhkosti v určitém místě. Rovněž je nezbytné počítat s určitým časovým intervalem potřebným k vysušení odebraného vzorku. Neméně důležité využití metody je pro kalibraci ostatních nepřímých metod. [3]

Karbidová metoda

Jedná se o poměrně často používanou metodu, která využívá chemické reakce vody v rozdrobeném vzorku měřeného materiálu s karbidem vápníku. Odebrané vzorky materiálu se po rozdrobení a následném zvážení vloží do nádoby, do níž se současně vsypou ampulky karbidu vápenatého a ocelové kuličky, které slouží k rozdrobení ampulek. Nádobou je nutné silně třepat po určitou dobu, aby došlo k rozbití ampulek s obsahem karbidu vápenatého a současně k dostatečnému promíchání se vzorkem. Chemickou reakcí vody s karbidem vápenatým (rov. 5.4) vzniká acetylen, který je ukazatelem množství vlhkosti ve vzorku.



Množství vzniklého acetyleny se měří tlakoměrem, jenž je součástí zkušební nádoby. Reakcí vzniká hořlavý plyn, proto je třeba při otvírání nádoby postupovat pomalu, aby vypouštění vzniklého acetyleny probíhalo po malých dávkách.

Stanovená vlhkost se udává v tzv. procentech CM. Liší se od hmotnostních procent zjištěných gravimetrickou metodou. Důvodem je nutná korekce naměřených hodnot v důsledku kalibrace přístroje na volnou vodu v běžném písku, nikoli na beton. [6] uvádí tab. 5.3, která zobrazuje vztah mezi výsledky zjištěnými gravimetrickou a karbidovou metodou na základě zahraničních zkušeností.

Tab. 5.3 Porovnání vlhkostí zjištěných gravimetrickou a karbidovou metodou [6]

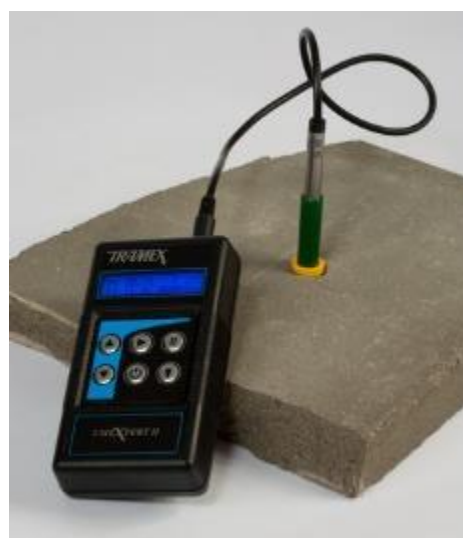
Metoda	Vlhkost [%]									
Gravimetrická	1,8	2,2	2,7	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	5,9
Karbidová	0,7	1,0	1,4	1,8	2,1	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0

Nevýhodou této metody je její nižší přesnost. Ačkoli se v odborné literatuře uvádí přesnost $\pm 3 \%$, je nutné podotknout, že v postupu této metody existuje značné množství vlivů vedoucích k výraznému zhoršení přesnosti. Příkladem může být i na první dojem nepatrné množství znečištění (vlhkost prstů) či výskyt větších kaménků ve vzorku.

Odběr vzorků je realizován v celé tloušťce podlahy a je nezbytné ruční vysekání vzorku za případného použití pneumatického kladiva. [22]



Obr. 5.1 CM přístroj [35]



Obr. 5.2 Měření vlhkosti pomocí RH sondy [22]

Zkouška s vývrty

Výhodou této metody, rozšířené především ve Velké Británii a USA, je možnost realizace in-situ a její minimální dopad na trvalou destrukci zkoušeného materiálu. Vývrt je poměrně malý, neboť slouží pouze k zavedení vlhkostní sondy dovnitř vzniklého otvoru.

Hloubka vývrtu se pohybuje okolo 40 % tloušťky desky (dle americké normy ASTM F 2170). Dovnitř se instalují rukávce (plastové trubičky), které se po dobu 72 hodin uzavřou zátkou. Tento postup má za účel vyrovnání vlhkostního stavu vrstvy, která se v důsledku tepla vzniklého vrtáním vysušila. Po uplynutí této doby se zátky odstraní a do vývrtu je vložena vlhkostní sonda (obr. 5.2). Po ustálení vlhkosti, za které se považuje stav, kdy nedojde ke změně naměřené hodnoty po dobu alespoň 5 minut, se provede měření.

Nevýhodou tohoto způsobu zjišťování vlhkosti je zcela logicky časová náročnost, která mnohdy vede k urychlení časové prodlevy, což však může výrazným způsobem vést ke zkreslení výsledků a naměření vlhkosti nižší, než je vlhkost reálná. [22]

5.3.3 Nedestruktivní metody měření vlhkosti

Kalcium – chloridová metoda

Její použití je běžné především v USA, kde je také standardizována tamními normami již od 90. let minulého století. Princip spočívá ve stanovení množství vlhkosti, která se uvolňuje z betonové či jiné desky ve vymezeném prostoru pod nepropustným krytem. Tato vlhkost je následně absorbována chloridem vápenatým. Metoda vyžaduje uskutečnění 3 testů pro prvních 1 000 čtverečních stop (cca 100 m²) podlahy a dalších doplňkových testů na každých dalších 100 m².

Samotné zkoušce předchází očištění vymezeného povrchu, na který se vzápětí umístí otevřená miska s přesně stanoveným množstvím chloridu vápenatého. Ta se následně překryje nepropustným krytem, např. plastovou krabičkou, který se po celém svém obvodu přilepí lepicí páskou k podkladu (obr. 5.3). Tím je umožněn přístup vzduchu k misce s chloridem vápenatým a zároveň je dosaženo jejího oddělení od okolního prostředí. Po uplynutí 72 hodin se miska vyjme, zapečetí, orientačně zváží a je odeslána k přesnému zvážení do laboratoře. Zjištěné hodnoty jsou přepočteny a výsledkem je stanovení množství vody [lbs] uvolněné z 1 000 čtverečních stop podlahy za 24 hod. Limitní hodnotou udávanou většinou výrobců podlah je při použití této metody 3 libry na 1 000 čtverečních stop, ve výjimečných případech až 5 liber. [22]



Obr. 5.3 Zkušební sada pro kalcium – chloridovou metodu měření vlhkosti [36]

Fóliová metoda

Tuto metodu lze označit za poněkud primitivní a víceméně orientační, avšak své místo si bezesporu dokáže uhájit. Podobně jako u předchozí metody se část podlahy – v tomto případě plocha 450 x 450 mm – překryje čistou plastovou fólií a rovněž se přilepí po celém obvodu lepicí páskou. Vyhodnocení zkoušky je uskutečněno po 16 hodinách. Patrná kondenzace na spodním povrchu fólie nebo ztmavnutí povrchu betonu je známkou nepřipravenosti podlahy na pokládku krytiny.

Výsledek zkoušky však bývá často zkreslen řadou vlivů. Chladné prostředí může mít za následek zadržení vlhkosti betonem, tudíž nebude kondenzát patrný. Stejně tak v opačném případě, kdy je teplota okolí vyšší, případně na měřený úsek působí sluneční záření, může být vyhodnocení zkoušky značně zkreslené. [22]

British Standard Test (Britská normová zkouška)

Nejrozšířenější kontrolní metoda zjišťování vlhkosti ve Velké Británii využívá stejného principu jako metoda kalcium – chloridová. Po dobu min. 72 hodin je na povrch podlahy přiložena nepropustná krabice (hygrohood), která měří relativní vlhkost zkoumaného materiálu.

Pro správné vyhodnocení zkoušky je nezbytné zajistit setrvání izolované krabice na měřeném místě bez sebemenšího pohybu. V opačném případě je nutné provést měření znova. Po uplynutí 72 hodin se v prostoru nepropustné krabice změří relativní vlhkost, která závisí na množství vlhkosti uvolněné z podkladu. Měření se provádí integrovaným hygrometrem nebo vlhkostní sondou (obr. 5.2) a opakuje se po 24 hodinách, dokud nejsou naměřeny 2 stejné hodnoty. Desku lze považovat za dostatečně suchou pro pokládku podlahové krytiny, jsou-li naměřené hodnoty relativní vlhkosti nižší jak 75 %.

Mezi výhody této metody můžeme zařadit především poměrně přesné a reprodukovatelné výsledky. Časová náročnost a četné množství výjezdů na místo realizace z důvodu odečtu výsledků staví tuto metodu naopak do nevýhodné pozice. [22]

Elektrické metody

Jejich podstatou je měření elektrických veličin, které jsou ovlivněny vlhkostí měřeného materiálu. Vzhledem ke skutečnosti, že reagují vedle vlhkosti i na další fyzikální a chemické vlastnosti a stavy materiálu, je nutné provést pro každé elektrické zařízení vlastní kalibraci pro odpovídající stavební materiál.

Nejčastěji využívanou elektrickou metodou je kapacitní a odporová metoda. Jejich využití nalezneme především u měření povrchové vlhkosti zdiva, avšak v současné době se tyto metody rozšířily i do oblasti podlahových konstrukcí. Zjišťování vlhkosti příložným vlhkoměrem je limitováno hloubkou přibližně 50 mm a používá se zejména pro rychlé orientační stanovení vlhkosti.

Princip kapacitní metody měření vlhkosti spočívá v měření změny kapacity kondenzátoru, jehož dielektrikem je zkoumaný stavební materiál. Vlhkost materiálu následně zapříčiňuje změnu kapacity, která je měřena. K chybám při tomto měření dochází v případě nižších vlhkostí materiálu.

U odporové metody měření vlhkosti se naopak zjišťuje měrný odpor vlhkého materiálu, jehož velikost se výrazně mění s vlhkostí daného materiálu – při nárůstu vlhkosti se vodivost materiálu zvyšuje. Odporové vlhkoměry jsou opatřeny hroty, jejichž zapíchnutím do měřeného materiálu lze snadno změřit hodnotu odporu. Ta je ovšem ovlivněna zejména přítomností minerálů rozpuštěných ve vodě. Rovněž příliš vysoká nebo naopak příliš nízká vlhkost materiálu značně zkresluje výsledky měření. Pro svou jednoduchost a rychlost je však tato metoda hojně využívána. [3], [23]

Mikrovlnné metody

Šíření elektromagnetických vln v materiálu mezi dvěma sondami je doprovázeno absorpcí části energie. Tato ztráta energie při průchodu materiálem nám umožňuje výpočet obsahu vlhkosti. K nepřesnostem při těchto metodách dochází při obsahu vlhkosti do 3 % z důvodu změn vazebných struktur molekul vody. [23]

6 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6.1 Laboratorní zatěžovací zkouška modelu výseku posuzované skladby podlahy

6.1.1 Úvod

Cílem zatěžovací zkoušky předmětné skladby podlah bylo prokázání její spolehlivosti při namáhání požadovanými hodnotami lokálního zatížení v bezprostřední blízkosti dilatační spáry z hlediska mezních stavů použitelnosti dle požadavků uvedených v [17] v raném stádiu konstrukce podlahy. Při zkoušce bylo rovněž zohledněno působení stávající vlastní tíhy zabudovaného souvrství materiálů skladby.

Zatěžovací zkouška byla provedena na základě skutečnosti, že spolehlivé stanovení všech potřebných parametrů k realizaci numerického modelu a následného výpočtu nebylo možné.

6.1.2 Zatěžovací postup a hodnocení zkoušky

Pro provedení zatěžovacích zkoušek byl dle [17] zvolen následující postup:

- a) zkoušený model byl zatížen vlastní tíhou na hodnotu G_s (bod 1), která odpovídá hodnotě stálého zatížení působícího na konstrukci
- b) hodnota zatížení v bodě 1 byla navýšena o hodnotu lokálního zatížení odpovídající hodnotě provozního stálého a nahodilého zatížení $G_s + V_s$ (bod 2)
- c) zatížení bylo následně navýšeno o hodnotu odpovídající součtu provozního stálého a extrémního nahodilého zatížení $G_s + V_d$ (bod 3), zatížení V_d je deklarováno součinitelem spolehlivosti zkoušení γ_{exp}
- d) model byl odtížen na hodnotu stálého zatížení (bod 4).

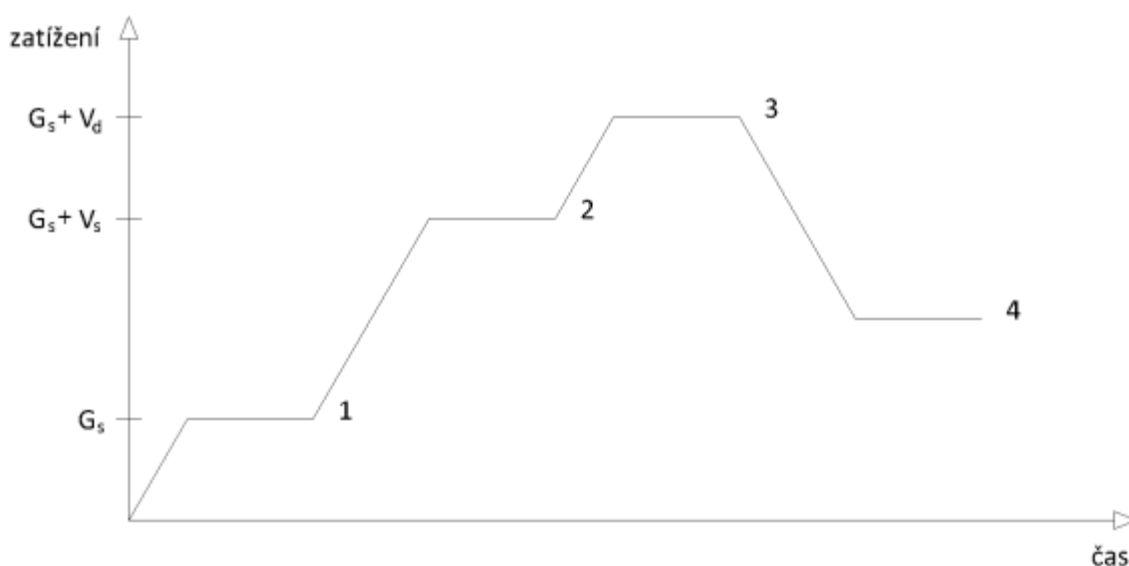
Účelem realizovaných zatěžovacích zkoušek bylo posouzení spolehlivosti hodnoceného podlahového souvrství v případě, že není stanovení všech potřebných parametrů pro numerický model a výpočet možné. V případě prováděné zkoušky se jedná ve smyslu [17] o zatěžovací zkoušky prováděné bez dosažení únosnosti posuzované konstrukce. V takovém případě je zkoušený prvek z hlediska mezního stavu únosnosti označen za spolehlivý, splňuje-li kritérium b) čl. 6.3 ČSN 73 2030 [17]:

- při zatížení hodnotou $G_s + V_d$ a následném odtížení na hodnotu G_s musí být poměr mezi trvalou a celkovou deformací menší než λ_1

$$\lambda_1 = 0,3 - 0,1 \cdot \left[\frac{V_d}{G_s + V_d} \right] \quad (\text{rov. 6.1})$$

$$\frac{s_r}{s_{tot}} < \lambda_1 \quad (\text{rov. 6.2})$$

kde s_r ... trvalá deformace prvku [mm]
 s_{tot} ... celková deformace prvku [mm]



Obr. 6.1 Teoretické schéma provádění zatěžovací zkoušky

Pro vyhodnocení zkoušek byla zvolena následující kritéria:

- a) poměr celkové deformace s_{tot} a trvalé deformace s_r po odtížení zatěžovaného prvku je menší než hodnota součinitele λ_1 , který byl určován dle (rov. 6.1)
- b) na zkoušeném modelu nevzniknou smykové nebo tahové trhliny
- c) poměr celkových deformací měřených na navazujících deskách v oblasti dilatační spáry při dosažení extrémního zatížení $G_s + V_d$ a po odtížení na hodnotu G_s je menší než hodnota součinitele λ_1 , který byl určován dle rov. 6.1.

V případě, že se vyskytne neshoda s kterýmkoliv z výše uvedených kritérií, je výsledek zkoušky hodnocen jako nevyhovující.

6.1.3 Experimentální model zatěžovací zkoušky

Model zkoušeného podlahového souvrství byl uložen na podlahu lámací dráhy, jež je vybudována jako masivní železobetonová konstrukce na rostlém terénu a spolehlivě modeluje reálnou stropní železobetonovou konstrukci. Zkušební vzorek byl reprezentován jednou deskou elastifikovaného polystyrenu o rozměrech 500 x 1 000 x 30 mm. Na tuto vrstvu byly uloženy dvě navazující anhydritové desky rozměrů 500 x 500 x 35 mm, jež simulovaly hodnocenou konstrukci v oblasti dilatační spáry o šířce 2 mm. Desky byly z horního líce po zbroušení a aplikaci penetračního nátěru opatřeny samonivelační stěrkou tloušťky 2 mm. Namáhání ohybovými momenty do navazujících masivů plovoucí podlahové desky bylo simulováno instalací ocelových válcovaných U-profilů při podélných okrajích hran, které byly uchyceny a aktivovány mechanickým upevněním příčných U-profilů k nosným žlabovým lištám lámací dráhy.

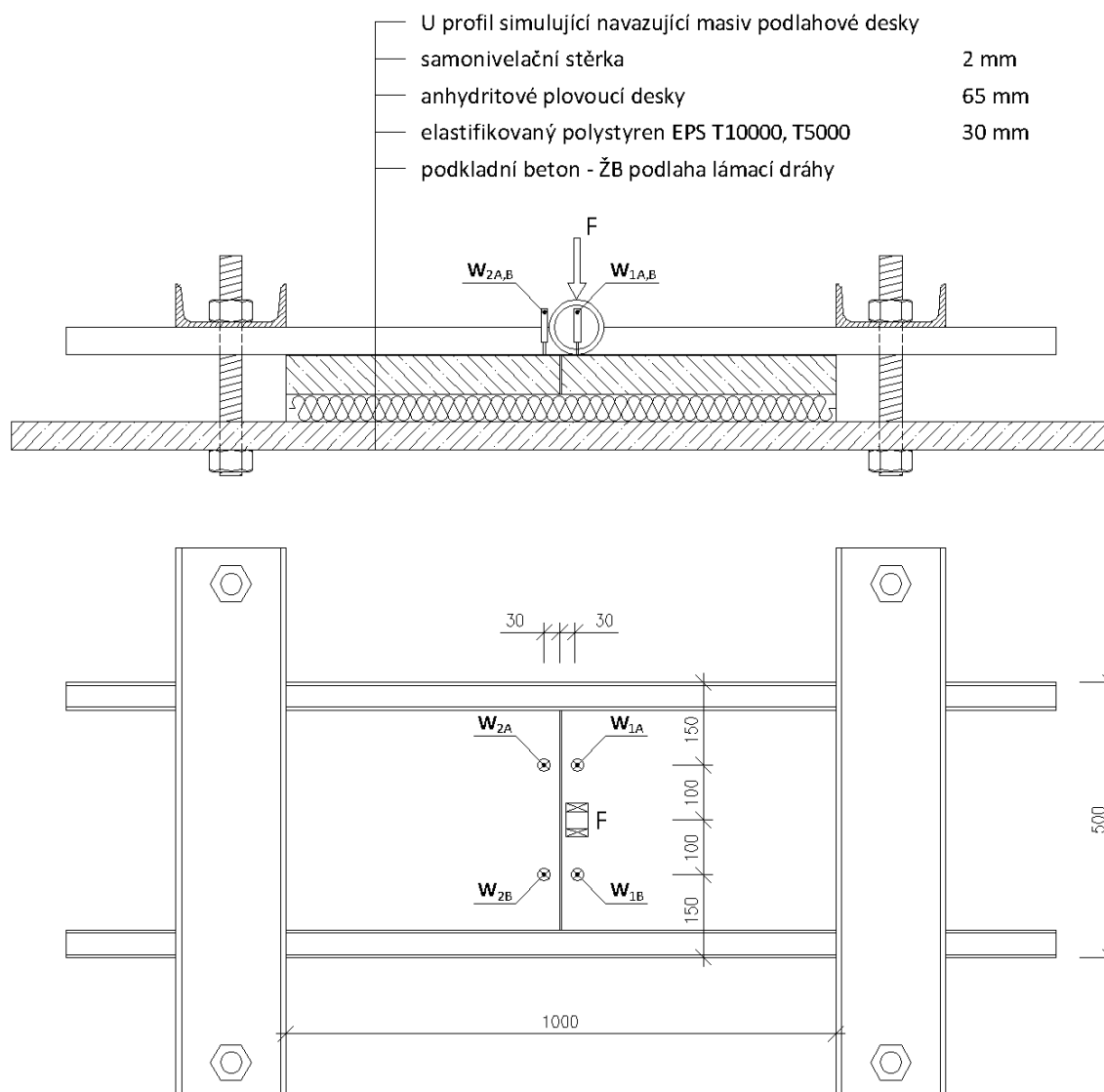
Pro simulaci lokálního zatížení ve střední části modelu, tj. v blízkosti dilatační spáry, bylo využito originální kolečko od běžně používaných mobilních operačních vozíků. Během postupného zatěžování modelu byly snímány vždy dvě hodnoty deformací na obou hranách navazujících anhydritových desek. Schéma experimentálního modelu je zobrazeno na obr. 6.2.

Osové svislé zatížení bylo vyvozeno za pomoci hydraulického válce umístěného v zatěžovacím rámu lámací dráhy. Hodnota zatížení byla snímána tenzometrickým siloměrem a hodnoty sledovaných deformací byly měřeny indukčnostními snímači dráhy. Všechny tyto snímače byly připojeny k měřicí ústředně propojené s vyhodnocovací a záznamovou jednotkou. Frekvence záznamu snímání dat byla zvolena 5 Hz.

6.1.4 Zatížení zkoušených prvků

Pro zatěžovací zkoušku byla na základě poskytnutých údajů sestavena následující skladba materiálů:

- | | |
|--|-------|
| - vyrovnávací samonivelační stěrka + penetrační nátěr | 2 mm |
| - hloubková penetrace epoxidem po důkladném přebroušení podkladu | 1 mm |
| - anhydritový potěr CA-C30-F5 | 65 mm |
| - elastifikovaný polystyren (varianty EPS T10000, EPS T5000) | 30 mm |



Obr. 6.2 Celkové schéma experimentálního modelu hodnoceného souvrství podlah

Zatěžovací zkoušky byly provedeny pro dvě varianty izolantu – EPS T10000 a EPS T5000. U obou variant izolantu byly provedeny tři zatěžovací zkoušky, celkem tedy bylo realizováno šest zatěžovacích zkoušek.

Stálé zatížení G_s bylo stanoveno na základě reálné hodnoty vlastní tíhy anhydritových desek opatřených samonivelační stěrkou, přičemž celková hmotnost obou desek činila 72 kg. Tato hodnota odpovídá hodnotě zatížení $G_s = 0,72$ kN.

Provozní nahodilé zatížení V_s bylo určeno dle informací o maximální hmotnosti používaných mobilních operačních stolů. Maximální hodnota zatížení včetně vlastní tíhy je 650 kg. Operační stoly mají každý dvě nápravy a celkem čtyři kolečka. Extrémní rozložení

reakcí na jednotlivé nápravy je uvažováno v poměru 8:2, z čehož vyplývá reálné zatížení jednoho kolečka více namáhané nápravy 260 kg. Tato hodnota odpovídá hodnotě zatížení $V_s = 2,6$ kN.

Hodnota extrémního provozního nahodilého zatížení V_d byla určena na základě hodnot V_s za použití součinitele spolehlivosti zkoušení $\gamma_{\text{exp}} = 1,6$. Tato hodnota odpovídá požadavku článku A.3 ČSN 73 2030 a současně splňuje požadavek hodnoty dynamického součinitele při simulaci dynamických účinků statickou zatěžovací zkouškou. Hodnota tohoto zatížení tedy odpovídá hodnotě $V_d = 4,2$ kN.

Limitní poměr mezi trvalou a celkovou deformací λ_1 má dle rov. 6.1 pro uvažované hodnoty V_d a G_s hodnotu $\lambda_1 = 0,22$ (22 %).

6.1.5 Výsledky a vyhodnocení zatěžovacích zkoušek

V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky zatěžovacích zkoušek. Výsledné hodnoty deformací w_1 a w_2 jsou získány jako průměrné hodnoty z naměřených hodnot w_{1A} a w_{1B} (označení měřených míst viz obr. 6.2). Grafický průběh zkoušek jednotlivých zatěžovacích zkoušek je znázorněn v příloze.

Experimentální model s izolantem EPS T10000

Tab. 6.1 Vyhodnocení zatěžovacích zkoušek vzorků s izolantem EPS T10000

vzorek	F_{max} [kN] (V_d)	s_{tot} [mm]		s_r [mm]		s_r [%]		Δw	
		w_1	w_2	w_1	w_2	w_1	w_2	Δw [mm]	Δw [%]
10000_1	4,19	3,38	0,18	0,77	0,18	22,82	100,00	3,20	94,68
10000_2	4,22	2,51	0,31	0,63	0,28	25,09	88,89	2,20	87,67
10000_3	4,19	3,23	0,27	0,63	0,28	19,49	100,57	2,96	91,54
průměr	4,20	3,04	0,25	0,68	0,24	22,47	96,49	2,78	91,29

Z grafického znázornění zatěžovací zkoušky je na zatěžovací větvi již z počátku patrný výrazný rozdíl v deformacích navazujících desek v linii dilatační spáry. Při dosažení maximální hladiny zatížení je zřejmé dotvarování zabudovaného polystyrenu pod anhydritovými deskami. Po odtížení jsou prokazatelné trvalé deformace. V případě měřicí linie w_1 (zatěžovaná deska v blízkosti dilatační spáry) byla naměřena trvalá deformace **22,47 %**. Tato hodnota **nevyhovuje limitnímu kritériu přípustné trvalé deformace $\lambda_1 = 22$ %**, je však blízká limitní hodnotě. Naproti tomu u druhé měřicí linie w_2 (nezatěžovaná deska

v blízkosti dilatační spáry) činila hodnota trvalé deformace **96,49 %**. Tuto hodnotu lze hodnotit jako nevratnou.

Při dosažení maximálního požadovaného lokálního zatížení je průměrný rozdíl mezi deformací zatěžované a nezatěžované desky v linii dilatační spáry 2,78 mm. V procentuálním vyjádření poměru nerovnoměrné deformace vůči deformaci trvalé se jedná o hodnotu **91,29 %**, tedy **výrazně vyšší, než je dohodnuté limitní kritérium $\lambda_1 = 22 \%$** .

Po ukončení zatěžovacích zkoušek nebyly na vzorcích anhydritových desek ani na povrchové stěrkové úpravě identifikovány žádné trhliny či jiná poškození.

Experimentální model s izolantem EPS T5000

Tab. 6.2 Vyhodnocení zatěžovacích zkoušek vzorků s izolantem EPS T5000

vzorek	$F_{\max}$ [kN] (V_d)	s_{tot} [mm]		s_r [mm]		s_r [%]		Δw	
		w_1	w_2	w_1	w_2	w_1	w_2	Δw [mm]	Δw [%]
5000_1	4,25	4,31	0,47	1,20	0,43	27,86	91,36	3,84	89,09
5000_2	4,23	4,54	0,37	0,90	0,37	19,84	99,16	4,17	91,84
5000_3	4,20	4,27	0,38	0,92	0,37	21,53	96,71	3,89	91,10
průměr	4,23	4,37	0,41	1,01	0,39	23,08	95,74	3,97	90,68

Při dosažení maximálního požadovaného lokálního zatížení je průměrný rozdíl mezi deformací zatěžované a nezatěžované desky v linii dilatační spáry 3,97 mm. V procentuálním vyjádření poměru nerovnoměrné deformace vůči deformaci trvalé se jedná o hodnotu **90,68 %**, tedy **výrazně vyšší, než je dohodnuté limitní kritérium $\lambda_1 = 22 \%$** .

Po ukončení zatěžovacích zkoušek nebyly na vzorcích anhydritových desek ani na povrchové stěrkové úpravě identifikovány žádné trhliny či jiná poškození.

6.1.6 Závěr

Obě varianty aplikovaných izolačních desek nevyhovují při prvotním zatěžování v okolí modelované dilatační spáry osamělým břemenem požadavku přípustných trvalých deformací při odtížení. Izolant EPS T10000 vykazuje oproti izolantu EPS T5000 vyšší tuhost, projevující se při zvolené extrémní hodnotě zatěžovací síly menšími hodnotami deformací.

Navržená skladba podlahy pro hodnocenou variantu je při přejezdu mobilních operačních vozíků nevhodná. V okolí dilatační spáry docházelo již v raném stádiu konstrukce

k výrazně nerovnoměrné deformaci navazujících anhydritových desek. V případě izolantu EPS T10000 se jednalo o hodnotu 2,78 mm a v případě izolantu EPS T5000 o hodnotu 3,97 mm. Případný vznik staticky závažných poškození podlahové plovoucí anhydritové desky nehrozí, avšak lze předpokládat vznik závažných vad, mezi něž patří zejména vznik výtluků podél linií dilatačních spár v místech přejezdů operačních vozíků.



Obr. 6.3 Výrazná nerovnoměrná horizontální deformace navazujících desek u dilatační spáry v případě zatěžovací zkoušky vzorku 5000_3 (EPS T5000)

Vzhledem k výše uvedenému je navržená skladba pro dané provozní podmínky hodnocena jako nevhodná. Postupný vznik závažných vad v liniích dilatačních spár by mohl ohrozit vlastní provoz špičkového zdravotnického zařízení. Pro vyloučení vzniku těchto vad by bylo zapotřebí konstrukčně jiné – preciznější řešení detailu dilatační spáry. To by však s sebou přinášelo vyšší finanční nároky z důvodu atypičnosti řešení vyžadující realizace experimentálních zkoušek.

Rovněž je zapotřebí přihlédnout k samotnému modelu podlahové konstrukce. Lze předpokládat, že jiné řešení provedení dilatační spáry u zatěžovaného modelu by vedlo k odlišným výsledkům. V případě realizace anhydritové desky z jednoho kusu a až následného částečného proříznutí spáry diamantovou pilou by vznikla lomová plocha, která by byla ovlivněna použitým kamenivem ve směsi a která by mohla mít vliv i na výsledné chování těchto desek v detailu dilatační spáry.

6.2 Zkouška přídržnosti na rozhraní spojovacích můstků a soudržnosti materiálů hodnocené podlahy

6.2.1 Úvod

Jednotlivé zkoušky přídržnosti a soudržnosti materiálů nášlapné vrstvy byly prováděny v chodbách bytového domu. Samotným zkouškám předcházela vizuální defektoskopická prohlídka a akustická trasovací metoda, s jejíž pomocí byla vytipována celkem tři zkušební místa.

První zkušební místo označené jako 1NP_1 se nacházelo v chodbě 1. NP u vstupu do bytové jednotky. Při aplikaci akustické trasovací metody vykazovala podlaha dutou akustickou odezvu, což vedlo k předpokladu odtržení dlažby nášlapného souvrství.

Druhé zkušební místo označené jako 1NP_2 bylo zvoleno rovněž v chodbě 1. NP u sklepního schodiště. Zvonivá odezva při poklepu ukazovala na vyhovující soudržnost a přídržnost materiálů hodnoceného nášlapného souvrství.

Posledním zkušebním místem – 4NP_1 – byla chodba ve 4. NP u výtahu. Při poklepu byla opět slyšet zvonivá odezva, která poukazovala na vyhovující soudržnost a přídržnost materiálů hodnoceného nášlapného souvrství.

6.2.2 Postup zkoušení

Zkoušky byly prováděny na válcových tělesech o průměru 50 mm dle metodiky ČSN 73 2577. K přípravě válcových těles byl použit diamantový jádrový vrták. Vrtací stroj byl upevněn k pevnému stojanu. Vrtání hodnoceným souvrstvím probíhalo vertikálně za stálého chlazení vodou do hloubky cca 12 mm od vzdušného líce. Tato hloubka byla stanovena na základě požadavku určení kritického místa v hodnoceném souvrství. Zkoušené souvrství mělo následující skladbu:

- | | |
|--|----------|
| - nášlapná vrstva (dlažba Taurus 300 x 300 mm) | 7 mm |
| - lepicí hmota dlažby | 3 mm |
| - povrchová vrstva anhydritové podlahové desky | 1 – 2 mm |

Při zvoleném způsobu přípravy zkušebních míst bylo možné identifikovat následující druhy porušení:

- *kohezní porušení lepicí hmoty nebo povrchové vrstvy podlahové desky* (porucha soudržnosti lepicí hmoty nebo anhydritové podlahové desky pod spojovacími můstky)
- *adhezní porušení spojovacích můstků na rozhraních dolní líc dlažby-lepidlo, lepidlo-povrchová vrstva anhydritové podlahové desky* (porucha přídržnosti povrchové úpravy k lepicí hmotě nebo lepicí hmoty k povrchové vrstvě anhydritové podlahové desky).

6.2.3 Vyhodnocení zkoušek

Fotodokumentace odtrhové zkoušky je zařazena do příloh této práce. Na obr. 9.3 a 9.4 (Přílohy – str. 93) je znázorněno rozmístění jednotlivých zkušebních míst v 1.NP a ve 4.NP. Obr. 9.6 (Přílohy – str. 94) zachycuje detail kompletního odtržení lepidla dlaždice od povrchu podlahové desky se spárou v lomové ploše. Povrch plovoucí podlahové anhydritové desky pod porušeným spojovacím můstkem sprašuje a má nízkou tvrdost – vryp hrotem šroubováku. Na obr. 9.8 (Přílohy – str. 95) je patrná porucha spojovacího můstku i v masivu materiálů podlahy, jež navazuje na zkušební místo. Rovněž zde je zřejmé sprašování povrchu plovoucí podlahové anhydritové desky a nízká tvrdost byla prokázána vrypem nehtem. Stejná situace nastala i v posledním případě, jenž je zachycen na obr. 9.10 (Přílohy – str. 96).

Ve všech místech, kde byly prováděny zkoušky, byla zjištěna reálná skladba posuzovaného souvrství, která je uvedena výše.

Všechna zkušební místa se vyznačovala adhezním porušením spojovacího můstku mezi povrchovou vrstvou anhydritové podlahové desky a lepidlem dlažby (porucha přídržnosti lepicí hmoty k povrchovým vrstvám podlahové desky ve spojovacím můstku těchto navazujících materiálů).

Příprava všech tří zkušebních míst za pomoci vrtání diamantovým jádrovým vrtákem za současného použití vodního chlazení byla doprovázena samovolným rozpadem zkoušeného souvrství podlah. Z uvedeného vyplývá, že hodnota adhezní pevnosti spojovacího můstku mezi povrchem anhydritové podlahové desky a lepidlem dlažby **je nevyhovující**.

Rovněž bylo ve všech zkušebních místech identifikováno odtržení lepidla od povrchu anhydritové desky i v masivu materiálů navazujících na zkušební místo. Z hlediska

požadovaných přídržností je nutné označit aktuální stav nášlapných vrstev podlah v chodbách 1. NP a 4. NP za **celoplošně nevyhovující**. Souvrství nášlapné vrstvy (keramická dlažba s lepidlem) se reálně chová jako „plovoucí“ vrstva na anhydritové podlahové vrstvě. Dále bylo v případě zkušebního místa 1NP_1 zjištěno vydutí dlažby a lepidla od horních vrstev anhydritové desky, a to o hodnotu přibližně 1 mm.

U zkušebního místa 1NP_1 byl patrný kohezní rozpad vlastní hmoty lepidla a adhezní porušení spojovacího můstku mezi lepidlem a dolním lícem dlažby. Příčinou těchto poruch je mechanické zatěžování dlaždice při běžném provozu, během něhož dochází k drcení lepidla pod vzedmutou dlažbou. Mechanické poškozování celoplošně odtržené vrstvy dlažby a lepidla při běžném namáhání má rovněž za následek sprášování horního líce anhydritové desky a nižší hodnoty tvrdosti v těchto místech.

6.2.4 Závěr

Příčinou výše uvedených poruch bylo pravděpodobně nedodržení technologických postupů při realizaci anhydritového potěru, zejména v době jeho zrání a vysychání. Rovněž mohlo být opomenuto odstranění tenké vrstvy šlemu na povrchu anhydritové desky, jejíž vznik je při realizaci těchto potěrů zcela běžný. Nejpravděpodobnějším důvodem vzniku těchto poruch je však nedostatečná úprava povrchové vrstvy, zejména pak její důkladné očištění a penetrace před následnou aplikací finální nášlapné vrstvy. Reziduální vlhkost anhydritové desky pak mohla způsobit výše zmiňované porušení spojovacího můstku mezi lepidlem a horní vrstvou anhydritové desky doprovázené postupným vydutím dlažby. Při běžných podmínkách užívání pak takto vydutá dlažba způsobuje v důsledku mechanického namáhání sprášování horních vrstev anhydritu a je příčinou jejich snížené tvrdosti.

Identifikované vady a poruchy nášlapných vrstev podlah v chodbách objektu bytového domu **jsou neopravitelné**. Stávající keramická dlažba si žádá kompletní výměnu. Před aplikací nové nášlapné vrstvy je nezbytná řádná úprava stávajícího povrchu anhydritových desek, zejména očištění povrchu od jemnozrnných mechanických částic a následná důkladná penetrace.

6.3 Zkouška pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku vzorků odebraných při realizaci potěru na bázi síranu vápenatého

6.3.1 Úvod

Účelem této praktické zkoušky bylo porovnání pevnostních parametrů vyzrálého anhydritového potěru na vzorcích zkušebních trámů a na vzorcích odebraných z podlahové konstrukce realizovaných z jedné směsi.

Současně byla věnována pozornost vlivu působení zvýšené vlhkosti na zkušební tělesa po různé časové období na jejich výsledné pevnostní parametry.

Z výsledků zkoušek se podle [8] určila pevnost materiálu v tahu za ohybu a pevnost v tlaku. Tyto výsledky byly následně porovnány v závislosti na vlhkosti, které byla zkušební tělesa vystavena.

6.3.2 Realizace potěru, kontrolní prohlídka v raném stáří

Realizace potěru na bázi síranu vápenatého probíhala v bytovém domě, a to celkem v 7 bytových jednotkách nacházejících se ve třech podlažích. Dle projektu byla navržena následující skladba podlahy:

- anhydritová podlahová deska tl. 40 mm (potěr CA-C20-F4)
- separační vrstva – PE fólie tl. 0,2 mm
- polystyren EPS 100 v tl. dle měření in-situ, skládaný na vazbu.

S ohledem na rekonstrukci stávajících podlah, a s tím související proměnnou výškou stávajících stropních konstrukcí, bylo zapotřebí stanovit tloušťku vrstvy tepelné izolace přímo na stavbě.

Směs byla na stavbu dodána v suchém stavu prostřednictvím sila. Samotné míchání směsi s vodou probíhalo přímo na stavbě. Oproti tzv. „mokrému“ způsobu dodání anhydritové směsi má tento způsob některé nevýhody, mezi něž patří zejména problémy s transportem sila především v centrech velkých měst a dále problémy s dodávkou elektřiny a vody (nezbytný silnější jistič a konstantní dostatečně vysoký tlak vody).

Samotné zalití podlah proběhlo ve dvou etapách, v první etapě došlo k zalití jedné bytové jednotky v nejvyšším poschodí a následující den bylo dokončeno zbylých šest bytových jednotek v nižších podlažích. Pokládka směsi byla doprovázena množstvím tech-

nických problémů souvisejících zejména s dodávkou vody. Vzhledem ke kolísavému tlaku vody docházelo k časté změně konzistence směsi, což mělo za následek velmi obtížnou manipulaci s materiálem a následné hutnění a nivelace směsi byly z časového hlediska velmi náročné.

Po uplynutí dvou dnů od realizace potěru byla provedena kontrolní prohlídka, při které bylo shledáno nereseptování předepsaného postupu ošetřování podlahové konstrukce. Téměř ve všech místnostech bylo zjištěno větrání do průvanu, díky němuž může v potěru docházet v důsledku rychlého vysychání k nadměrnému pnutí a následnému vzniku nežádoucích trhlin. V některých místnostech bylo rovněž zjištěno nadměrné zatěžování podlahy skladováním sádkokartonových desek a jiného stavebního materiálu. Na všechny tyto nedostatky byl stavební dozor upozorněn.

6.3.3 Příprava zkušebních těles

K výrobě zkušebních trámek bylo použito 8 ocelových zkušebních forem a samonivelační potěrový materiál na bázi síranu vápenatého pro vnitřní použití ve stavbách CA-C20-F4, vyráběný přímo na stavbě smícháním suché směsi s vodou.

Plnění forem probíhalo v různých časových intervalech, aby byl zajištěn náhodný výskyt případných nedostatků v kvalitě čerstvé směsi. Jednotlivé formy byly nejdříve naplněny do poloviny své výšky, následně byla směs několika údery formy o pevnou podložku zhutněna a následovalo doplnění forem do konečné výšky a opětovné zhutnění. Takto naplněné formy byly po dobu jednoho měsíce ponechány v místnostech, kde byly realizovány samotné podlahy, čímž bylo zajištěno identické prostředí pro vysychání a zrání jako v případě podlahového masivu.

Po uplynutí této doby byly zkušební formy převezeny na ÚSZK VUT Brno, kde byly rozloženy, vzorky byly očištěny a systematicky očíslovány. Vzhledem ke značnému počtu zkušebních těles se nabízelo vystavení jednotlivých sérií vzorků různým vlhkostním podmínkám, jejich následnému zkoušení a vyhodnocení výsledků v závislosti na jejich vlhkosti.

Všechny sady vzorků byly následně zváženy a v sušárně vysušeny na konstantní hmotnost dle [5]. Po jejich vysušení byly jednotlivé sady vystaveny různým vlhkostním podmínkám. Sada č. 1 byla ponechána ve vysušeném stavu a sloužila jako referenční vzorek pro porovnání pevnostních parametrů ostatních sad. Sady č. 2 a 3 byly ponořeny do

vodní lázně po dobu 24 hodin, sady č. 4 a 5 po dobu 4 hodin, sady č. 6 a 7 po dobu 7 dní a sada č. 8 po dobu 2 hodin. Jedna sada z každé dvojice pak byla zkoušena bezprostředně po vytažení z vodní lázně, druhá sada byla znovu vysušena v sušárně až do dosažení konstantní hmotnosti. Následně byly jednotlivé sady vzorků změřeny a zkoušeny na pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku.

Vystavením zkušebních vzorků těmto vlhkostním podmínkám chtěl autor simulovat situace, které mohou nastat v běžném životě u podlah realizovaných v bytové a občanské výstavbě. Havárie vodovodního potrubí, jejíž následky mohou být odstraněny až po uplynutí několika hodin či několikadenní záplavy jsou v současnosti zcela reálně hrozící situace. Právě dopad takto zvýšené vlhkosti na pevnostní parametry anhydritového potěru byl předmětem zájmu této praktické zkoušky.



Obr. 6.4 Odběr vzorků jádrovým vrtáním



Obr. 6.5 Jádrové vývrty Ø 200 mm

Druhým cílem této zkoušky bylo porovnání pevností zkušebních vzorků vyrobených ve zkušebních formách se vzorky odebranými z masivu podlahové konstrukce (obr. 6.5). Odběr byl proveden pomocí jádrové vrtačky (obr. 6.4). Celkem bylo realizováno 6 vývrťů, z toho 2 vývrty o průměru 200 mm a 4 vývrty o průměru 50 mm. Vývrty o průměru 200 mm byly následně upraveny a diamantovou pilou nařezány na požadovaná

zkušební tělesa – dva trámky o rozměrech přibližně 40 x 40 x 160 mm a dále dvě krychle o rozměrech 40 x 40 x 40 mm (obr. 6.6). Celkem byly tedy vyrobeny 4 trámky, 4 krychle a 4 válce. Vzhledem k omezené tloušťce potěru v místě odběru vzorků nebyl dodržen poměr výšky válcového zkušební tělesa a průměru podstavy (2:1) a stanovená pevnost v tlaku je brána jako krychelná. Takto vyrobená zkušební tělesa byla následně vysušena na konstantní hmotnost. Po zvážení a určení rozměrů byla zkoušena na pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku. Výsledky těchto zkoušek byly porovnány s výsledky zkoušek zkušebních trámků vyrobených při realizaci anhydritového potěru.



Obr. 6.6 Jádrový vývrt nařezaný na zkušební tělesa

6.3.4 Zkouška pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku

Jako první byla u jednotlivých sad prováděna zkouška pevnosti v tahu za ohybu (obr. 6.7). Před samotným zkoušením byly vzorky změřeny, zváženy a byla stanovena jejich objemová hmotnost (tab. 9.1, Přílohy – str. 104, 105). Pevnost potěrového materiálu v tahu za ohybu se stanoví tříbodovým zatěžováním trámečku o rozměrech 40 x 40 x 160 mm do úplného porušení (obr. 6.9). Výsledná pevnost v tahu za ohybu se určí podle rov. 5.1.

Tímto způsobem se zjistí pevnost v tahu za ohybu jednotlivých zkušebních vzorků, z nichž se následně určí průměrná hodnota. V případě referenční sady č. 1 byla výslednou

hodnotou zkoušky pevnost v tahu za ohybu $R_f = 7,68 \text{ MPa}$. Tato hodnota odpovídá podle [15] pevnostní třídě **F7**. V případě sady č. 9 vyšla výsledná hodnota pevnosti v tahu za ohybu $R_f = 8,15 \text{ MPa}$. Dle [6] je v případě zkoušek prováděných na tělesech odebraných z konstrukce nutné zohlednit nejen tuto průměrnou hodnotu, ale je zapotřebí brát zřetel i na nejmenší hodnotu pevnosti jednotlivých zkoušených vzorků. Tou byla v tomto případě pevnost $R_f = 7,70 \text{ MPa}$. Na základě těchto výsledků lze vzorky rovněž zařadit do pevnostní třídy **F7**.



Obr. 6.7 Zkouška pevnosti v tahu za ohybu



Obr. 6.8 Zkouška pevnosti v tlaku

Druhou zkouškou bylo stanovení pevnosti v tlaku (obr. 6.8). Při porušení jednotlivých trámečků při předešlé zkoušce vznikly pokaždé dvě části, které byly využity pro zkoušku pevnosti v tlaku. Zkoušeny byly vzorky o rozměrech 40 x 40 x 40 mm, případně válce o průměru 40 mm a výšce rovněž 40 mm. Po porušení krychle (válce) byla zaznamenána hodnota maximální síly F_c . Porušený vzorek měl charakteristický tvar (obr. 6.10). Pro určení výsledné pevnosti zkoušeného materiálu v tlaku byla použita rov. 5.2



Obr. 6.9 Porušený vzorek po zkoušce v tahu za ohybu



Obr. 6.10 Porušený vzorek po zkoušce v tlaku

U každého vzorku byla spočítána pevnost v tlaku, ze které se následně určila průměrná hodnota. Výslednou hodnotou zkoušky byla v případě referenční sady č. 1 pevnost v tlaku $R_c = 36,95 \text{ MPa}$. Tato hodnota odpovídá podle [15] pevnostní třídě C35. V případě sady č. 9 byla výsledná hodnota pevnosti v tlaku $R_c = 24,26 \text{ MPa}$. Pro hodnocení pevnosti v tlaku na vzorcích odebraných z konstrukce [15] neuvádí obdobné kritérium jako v případě pevnosti v tahu za ohybu. Dle [6] můžeme tedy vzorky zařadit do pevnostní třídy C20.

Tab. 6.3 Přehled označení vzorků odebraných z konstrukce a jejich průměrné hodnoty pevnosti v tahu za ohybu, v tlaku a objemových hmotností

Sada vzorků č.	Popis vzorků	Průměrná pevnost v tahu za ohybu R_f [MPa]	Průměrná pevnost v tlaku R_c [MPa]	Objemová hmotnost ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
1	referenční vzorek	7,68	36,95	2 097,6
9	trámky	8,15	24,26	2 059,9
	krychle	-	23,76	2 028,7
10	válce	-	22,23	2 025,9

Obdobným způsobem byly zkoušeny i ostatní sady zkušebních těles. Přehled jednotlivých výsledků je uveden v následující tabulce.

Tab. 6.4 Přehled označení jednotlivých sad a jejich průměrné hodnoty pevnosti v tahu za ohybu, v tlaku a objemových hmotností

Sada vzorků č.	Působení zvýšené vlhkosti	Průměrná pevnost v tahu za ohybu R_f [MPa]	Průměrná pevnost v tlaku R_c [MPa]	Objemová hmotnost ρ [kg.m ⁻³]
1	žádné	7,68	36,95	2 097,6
2	24 hodin (bez vysušení)	2,23	17,28	2 200,3
3	24 hodin (s vysušením)	8,53	38,68	2 098,2
4	4 hodiny (bez vysušení)	2,65	12,49	2 070,9
5	4 hodiny (s vysušením)	8,90	35,30	2 173,7
6	7 dní (s vysušením)	0,75	32,06	2 100,7
7	7 dní (bez vysušení)	0,55	15,76	2 197,6
8	2 hodiny (bez vysušení)	2,97	16,88	2 153,6

6.3.5 Vyhodnocení zkoušek

V obou případech byla u zkoušených sad č. 1 a 9 dodržena pevnostní třída garantovaná dodavatelem materiálu. Obsahem dodávky byl samonivelační potěrový materiál na bázi síranu vápenatého pro vnitřní použití ve stavbách CA-C20-F4. Jedná se tedy o pevnostní třídu C20, jež požaduje minimální průměrnou pevnost v tlaku 20 MPa. V případě pevnosti v tahu za ohybu musí materiál splňovat kritéria pevnostní třídy F4, tedy minimální průměrnou hodnotu pevnosti 4 MPa a v případě zkoušek prováděných na vzorcích odebraných z konstrukce musí být nejmenší hodnota pevnosti v tahu za ohybu 3,5 MPa. Z výsledků uvedených v tab. 6.3 je patrné, že z hlediska ohybových pevností má materiál výraznou rezervu, v případě tlakové pevnosti předepsaným kritériím rovněž vyhovuje.

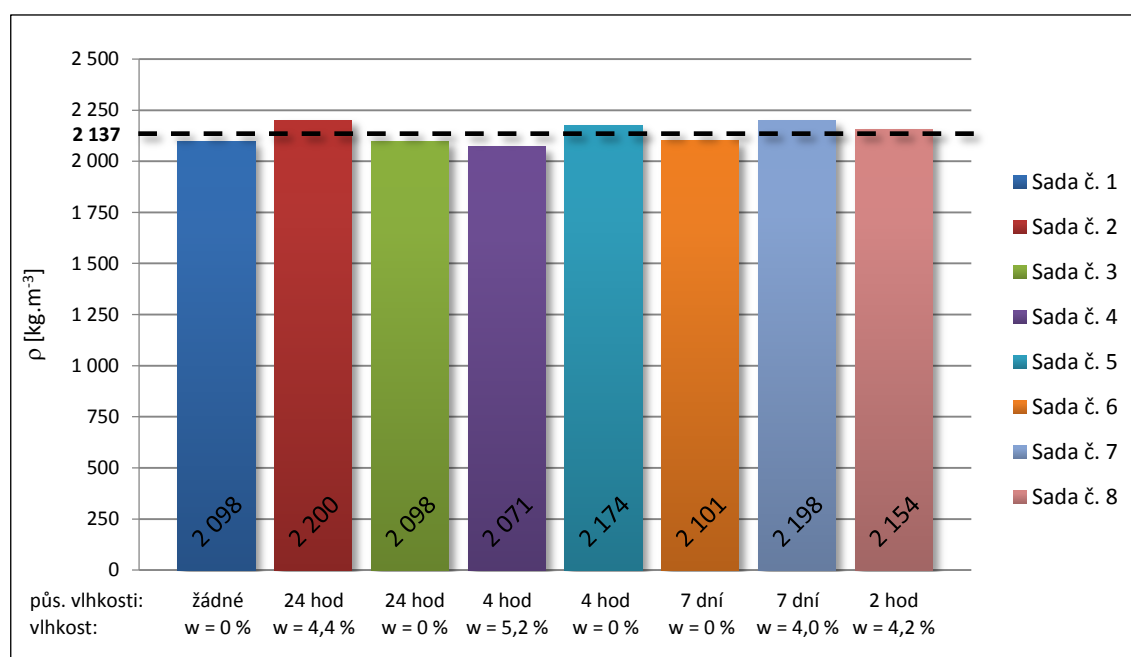
Tab. 6.4 poskytuje přehledné informace týkající se označení jednotlivých sad, doby, po jakou byly vzorky vystaveny působení zvýšené vlhkosti, průměrných hodnot pevností v tahu za ohybu a v tlaku a rovněž objemové hmotnosti. Grafická znázornění těchto hodnot jsou uvedena v příloze.

Jako první sledovanou veličinou byla objemová hmotnost. V grafu 9.7 (Přílohy – str. 97) jsou znázorněny objemové hmotnosti jednotlivých sad zkušebních těles. U jednotlivých hodnot je uvedena i doba, po kterou byly vzorky vystaveny působení zvýšené vlhkosti a rovněž hodnota jejich vlhkosti v době realizace pevnostní zkoušky. Pro každou sadu

byla vypočítána průměrná hodnota ze tří zkoušených trámků. Objemová hmotnost byla zjištěna z hmotnosti a rozměrů zkušebních těles naměřených bezprostředně před samotnou zkouškou pevnosti. Výsledná objemová hmotnost tedy zahrnuje i vodu obsaženou v pórech materiálu. Z grafu je rovněž patrná směrodatná odchylka naměřených objemových hmotností, jež znázorňuje, do jaké míry se jednotlivé hodnoty veličin liší od hodnoty průměrné.

Následující graf 9.8 (Přílohy – str. 97) obsahuje stejné hodnoty, avšak seřazené podle doby, po jakou byly jednotlivé sady vystaveny působení zvýšené vlhkosti. Graf 6.1 zobrazený v této kapitole znázorňuje také objemové hmotnosti jednotlivých sad, avšak na ose y jsou vyneseny hodnoty veličin v odlišném měřítku, jako je tomu u grafu 9.7 a 9.8. Je zde patrnější malý rozdíl mezi jednotlivými hodnotami měřených veličin – objemových hmotností.

Graf 6.1 Objemová hmotnost vzorků



Dle [4] bylo pro představu provedeno stanovení stejnorodosti zkoumaného materiálu. Jedná se o charakteristiku materiálu, při které jsou rozdíly sledované veličiny natolik malé, že je lze vyjádřit jednou hodnotou, obvykle průměrnou. Sledovanou veličinou byla právě objemová hmotnost. V [4] je uvedeno, že v případě betonu se jedná o materiál stejnorodý v takovém případě, kdy variační koeficient V_x hodnot zjištěných zkouškami není větší než 2,5 %.

Variační koeficient V_x se vypočítá dle vztahu:

$$V_x = \frac{s_x}{m_x} \cdot 100 [\%] \quad (\text{rov. 6.3})$$

$s_x \dots$ výběrová směrodatná odchylka souboru hodnot

$m_x \dots$ aritmetický průměr hodnot materiálové vlastnosti (např. objemová hmotnost)

Potřebné veličiny byly určeny pouze z výsledků sad vyrobených ve zkušebních formách, tedy sady č. 1 až 8. Ze souboru 24 naměřených hodnot byly vypočteny požadované charakteristiky – aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Průměrná hodnota objemové hmotnosti byla vypočtena ze vztahu:

$$\bar{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i}{n} \quad (\text{rov. 6.4})$$

Výběrová směrodatná odchylka byla určena ze vztahu:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2}{(n - 1)}} \quad (\text{rov. 6.5})$$

$\rho_i \dots$ jednotlivé hodnoty objemové hmotnosti zkušebních vzorků

$n \dots$ počet zkušebních těles

Průměrná hodnota objemové hmotnosti vypočtená dle rov. 6.4 činí $2\,136,6 \text{ kg.m}^{-3}$ a výběrová směrodatná odchylka byla určena dle rov. 6.5 a nabývá hodnoty 51,13. Dosažením do rov. 6.3 dostáváme hodnotu variačního koeficientu:

$$V_x = \frac{51,13}{2\,136,6} \cdot 100 = 2,39 \%$$

Výsledná hodnota je menší než maximální přípustná (2,5 %) a zkoušený materiál lze tedy považovat za stejnorodý o průměrné objemové hmotnosti $\rho = 2\,136,6 \text{ kg.m}^{-3}$.

Druhou sledovanou veličinou byla pevnost v tahu za ohybu. Graf 9.9 (Přílohy – str. 98) obsahuje hodnoty průměrných pevností v tahu za ohybu. V následujícím grafu jsou uvedeny tytéž hodnoty seřazené podle délky působení zvýšené vlhkosti. Jako první je znázorněna sada č. 1, která byla zkoušena ve vysušeném stavu bez vystavení zvýšené vlhkosti a pro pozdější účely hodnocení byla označena za referenční vzorek. Následují sady, jež

byly zkoušeny po vysušení a jako poslední sady, které byly zkoušeny bezprostředně po vyjmutí z vodní lázně.

Na základě těchto grafů lze usoudit, že vystavení vzorku působení zvýšené vlhkosti má vliv na konečné pevnostní parametry pouze za určitých okolností. V případě sad č. 3 a 5 byla stanovená pevnost v tahu za ohybu dokonce vyšší než u referenčního vzorku. Pouze v případě sady č. 6, jež byla umístěna do vodní lázně po dobu 7 dní, byla konečná pevnost v tahu za ohybu výrazně nižší (0,8 MPa). Tento fakt byl zapříčiněn výraznou degradací materiálu v důsledku dlouhodobého působení vody. Již při vyjmutí zkušebních těles z vodní lázně byly patrné trhliny a částečné odpadávání materiálu (obr. 6.11).



Obr. 6.11 Trhliny vzniklé v důsledku dlouhodobého vystavení zvýšené vlhkosti (sada č. 6)

V případě sad, které byly zkoušeny bezprostředně po vyjmutí z vodní lázně, je zcela patrný výrazný pokles pevnosti. Rovněž je zřejmá závislost mezi dobou působení zvýšené vlhkosti a konečnou pevností materiálu. U sady č. 7, jež byla ponořena v lázni po dobu 7 dní, byly taktéž patrné výrazné trhliny a degradace materiálu ještě před samotnou realizací zkoušky pevnosti v tahu za ohybu. Narušení kompaktnosti materiálu trhlinami významným způsobem omezilo schopnost materiálu přenášet tahová napětí, čímž byla značně redukována výsledná pevnost.

Třetí veličinou, které byla věnována pozornost, byla pevnost v tlaku. Její hodnoty jsou znázorněny v grafu 9.11 (Přílohy – str. 99) včetně směrodatných odchylek. Následující graf potom poskytuje hodnoty seřazené dle doby působení zvýšené vlhkosti stejně jako u pevnosti v tahu za ohybu. V tomto případě můžeme říci, že za předpokladu opětovného vysušení materiálu nemá vystavení vzorku působení zvýšené vlhkosti na výslednou pevnost v tlaku vliv. Je-li ovšem materiál zkoušen ve vlhkém stavu, pak je i v tomto případě patrný výrazný pokles pevnosti. Závislost mezi dobou působení zvýšené vlhkosti a výslednou pevností však není zřejmá, jako tomu bylo v případě pevnosti v tahu za ohybu. Výše zmiňovaný vznik trhlin v důsledku dlouhodobého působení vlhkosti u sady č. 6 a 7 neměl na výslednou tlakovou pevnost vliv, neboť trhliny se projevily ve středové části zkoušených trámů, a tudíž žádným způsobem neovlivnily zkoušku pevnosti v tlaku.

Poslední zkoumanou veličinou byla vlhkost. Jedná se o veličinu, která udává, jaké množství vody obsahuje daný materiál v poměru k jeho celkové hmotnosti. Vlhkost zkoušených vzorků byla stanovena v jejich přirozeném prostředí (po měsíci uložení trámů v běžných laboratorních podmínkách) a následně bezprostředně po vyjmutí z vodní lázně.

Graf 9.13 (Přílohy – str. 100) znázorňuje přirozenou vlhkost vzorků. Lze si povšimnout nepatrného rozptylu jednotlivých vlhkostí, přičemž vlhkost všech vzorků se pohybuje mezi 0,10 % a 0,14 %. V případě grafu 9.14 (Přílohy – str. 100), jenž poskytuje přehled o vlhkostech naměřených bezprostředně po vyjmutí zkušebních těles z vodní lázně, můžeme pozorovat, že nejvyšší vlhkost, jaké bylo u tohoto materiálu dosaženo, se pohybuje okolo 5 %. Současně se nabízí závěr, že délka působení zvýšené vlhkosti nemá na její konečnou hodnotu zásadní vliv. U sady č. 8, jež byla vystavena působení vlhkosti po dobu 2 hodin, byla naměřena vlhkost dokonce vyšší, než tomu bylo u sady č. 7 ponořené ve vodní lázni po dobu 7 dní. Tyto výsledky však mohou být zkresleny nepřesnými hodnotami hmotností vzorků degradovaných v důsledku dlouhodobého působení vlhkosti. Pro přesnější stanovení závislosti mezi dobou vystavení vzorků působení zvýšené vlhkosti a jejich konečnou vlhkostí by byl zapotřebí větší soubor vzorků.

V grafu 9.15 (Přílohy – str. 101) jsou znázorněny pouze objemové hmotnosti vzorků, jež byly odebrány z podlahové konstrukce za pomoci jádrového vrtání. Jako referenční vzorek zde slouží sada č. 1, která zahrnuje trámy odlité do zkušebních forem při samotném lití potěru, jejichž pevnost byla zkoušena ve vysušeném stavu bez vystavení vzorků zvýšené vlhkosti.

Z grafu je patrné, že vzorky odebrané z podlahové konstrukce mají nižší objemovou hmotnost než vzorky referenční, což může poukazovat na skutečnost, že při realizaci potěru nedošlo v tomto místě k dostatečně preciznímu zhutnění směsi. Všechny tyto vzorky byly vysušeny, obsah vody v materiálu nemá tedy v tomto případě na objemovou hmotnost vliv. Nízké hodnoty objemových hmotností krychlí a válců mohou být způsobeny nedokonalé přesným tvarem tělesa a tudíž chybou při výpočtu jeho objemu. Graf 9.16 (Přílohy – str. 101) znázorňuje průměrné hodnoty těchto veličin a jejich směrodatnou odchylku.

Graf 9.17 (Přílohy – str. 102) se zabývá porovnáním hodnot pevností určených na referenčním vzorku vyrobeném ve zkušebních formách (sada č. 1) a hodnot pevností stanovených na tělesech odebraných z reálné konstrukce (sada č. 9). Následující graf zobrazuje průměrné hodnoty z těchto zkoušených sad a jejich směrodatné odchylky. Z grafu je patrné, že výsledná pevnost v tahu za ohybu na tělesech odebraných z reálné konstrukce nabývá ještě vyšších hodnot než zkušební tělesa odlitá ve formách. Vzhledem k nízké četnosti zkušebních vzorků však nelze z těchto výsledků vyvodit obecné závěry.

Graf 9.19 (Přílohy – str. 103) znázorňuje hodnoty tlakových pevností jednotlivých zkoušených zlomků těles. Jako první jsou opět uvedeny hodnoty referenční sady č. 1. Následují hodnoty pevností stanovených na zlomcích trámů, na krychlích vyrobených rovněž z části vývrtu podlahové konstrukce, a jako poslední jsou hodnoty pevností stanovených na válcích odebraných jádrovým vrtáním z konstrukce.

Výrazný rozdíl pevností je patrný v Grafu 9.20 (Přílohy – str. 103), kde jsou opět zobrazeny průměrné hodnoty tlakových pevností spolu s jejich směrodatnými odchylkami. Průměrná hodnota pevnosti referenčního vzorku významně převyšuje hodnoty pevností na tělesech odebraných z reálné podlahové konstrukce. To může být způsobeno rozdílným způsobem vysychání a zrání směsi ve zkušebních formách a v reálné podlahové konstrukci. Dalším možným důvodem této skutečnosti je ovlivnění pevnostních parametrů samotným odběrem vzorků z podlahové konstrukce. Je zapotřebí si uvědomit, že jádrové vrtání, stejně jako následná úprava jádrového vývrtu diamantovou pilou, má na vlastnosti materiálu určitý vliv. Pro podrobné zkoumání této závislosti však nebyl k dispozici dostatečný počet vzorků.

6.3.6 Závěr

Cílem této praktické zkoušky bylo srovnání pevnostních parametrů zjištěných na zkušebních vzorcích s parametry vzorků odebraných z reálné podlahové konstrukce při použití stejné směsi litého potěrového materiálu.

Z výsledků zkoušek je patrné, že materiál dodávaný výrobcem splňuje deklarované požadavky pevnostních parametrů, a to nejen u vzorků vyrobených ve zkušebních formách, nýbrž i u vzorků odebraných z reálné konstrukce. V případě ohybových pevností tyto požadavky dokonce výrazným způsobem převyšuje.

Při dodržení předepsaných technologických postupů realizace podlahového potěru a následného ošetřování lze předpokládat, že materiál dosáhne výrazně lepších vlastností, než uvádí dodavatel. Skutečnost, že dodržování těchto postupů je v mnoha případech nereálné, však vede ze strany dodavatele ke značnému podhodnocování materiálu z důvodu ponechání pevnostních rezerv.

Pro odběr vzorků z reálné podlahové konstrukce se osvědčilo zvolit variantu jádrového vývrtu průměru 200 mm, ze kterého jsou následně vyrobeny 2 trámečky o rozměrech 40 x 40 x 160 mm a dvě krychle s délkou hrany 40 mm. Pro stanovení pevností v tahu za ohybu a pevností v tlaku je nutné zkušební tělesa před realizací zkoušek vysušit na konstantní hmotnost.

Druhým cílem zkoušky bylo zkoumání vlivu působení zvýšené vlhkosti na zkušební tělesa v různých délkách trvání na výsledné pevnostní parametry materiálu. Z uskutečněných zkoušek lze vyvodit závěry, že v případě vystavení anhydritových podlah působení zvýšené vlhkosti dojde k výraznému snížení pevnostních parametrů. Je-li umožněno vysušení materiálu do původního stavu, dojde k opětovnému nárůstu pevností, či dokonce k jejich navýšení. Je však třeba upozornit na fakt, že v době, kdy je podlahová konstrukce vystavena působení zvýšené vlhkosti, na ni nesmí působit žádné zatížení, což je samo o sobě velmi obtížné dodržet. V opačném případě může dojít k trvalému mechanickému poškození či ke vzniku skryté poruchy, která se projeví až s postupem času.

V případě ohybových pevností můžeme hovořit o jakési závislosti mezi dobou vystavení konstrukce zvýšené vlhkosti a pevností materiálu – s přibývajícím časem působení vlhkosti ohybová pevnost výrazně klesá. U tlakových pevností se obdobná závislost neprojevila, výrazné snížení hodnot těchto veličin u vzorků zkoušených ve vlhkém stavu je však zcela evidentní.

Je-li podlahová konstrukce vystavena dlouhodobému působení vlhkosti, dojde postupně k výrazné degradaci samotného materiálu, vyplavování kameniva i samotného pojiva potěru a k následnému vzniku trhlin, což samo o sobě vylučuje schopnost materiálu přenášet tahová napětí. Vznik těchto trhlin je v zásadě nevratnou poruchou, která setrvává i při opětovném vysušení podlahy do původního stavu. V takovém případě je nezbytné odstranění stávající podlahy a realizace podlahy nové.

Stanovení hranice mezi krátkodobým a dlouhodobým působením zvýšené vlhkosti na materiál podlahové konstrukce na bázi síranu vápenatého, a tedy i stavu, kdy začíná materiál v důsledku zvýšené vlhkosti degradovat, nebylo cílem této praktické zkoušky. Z důvodu nedostatečného počtu zkušebních vzorků by stanovení této hranice nebylo ani reálné. Avšak věnování zvýšené pozornosti této problematice je zcela určitě na místě.

7 ZÁVĚR

Ačkoli se může na první pohled zdát, že problematika podlahových konstrukcí je jednoduchou záležitostí, zkušenosti z jejich realizací a posudků vzniklých poruch a vad jsou důkazem pravého opaku. Často se při jejich provádění neklade dostatečný důraz na správnou technologii, což má za následek vznik následných problémů.

Cílem práce bylo především seznámení s nejčastějšími vadami a poruchami podlahových konstrukcí na bázi síranu vápenatého a zejména pak s diagnostickými metodami vedoucími k jejich odhalení a následné sanaci.

První praktickou zkouškou byla experimentální analýza stávající skladby podlahy na únosnost při lokálním zatížení. Z důvodu komplikovaného stanovení parametrů potřebných pro výpočet a numerický model zkoušené konstrukce byla pro účely stanovení požadovaných závěrů zvolena statická zatěžovací zkouška. Při ní bylo prokázáno, že navržená skladba je pro dané provozní podmínky nevhodná a postupný vznik závažných poruch je nevyhnutelný.

Druhá praktická zkouška byla věnována stanovení přídržnosti povrchové úpravy podlahy bytového domu k podkladním materiálům. Pomocí vizuální defektoskopické prohlídky vzdušného líce a akustické trasovací metody byla vytipována 3 zkušební místa, na kterých byly realizovány odtrhové zkoušky. Problémy zjištěné těmito zkouškami vedly k označení stávající podlahy za neopravitelnou. Nezbytná je kompletní výměna keramické dlažby. Před aplikací nové nášlapné vrstvy je nutná řádná úprava stávajícího povrchu anhydritové podlahové desky – důkladné očištění povrchu a řádná penetrace.

V první části poslední praktické zkoušky byla věnována pozornost srovnání pevnostních parametrů zjištěných na zkušebních vzorcích s parametry vzorků odebraných z reálné podlahové konstrukce při použití stejné směsi litého potěrového materiálu. Vyhodnocením realizovaných zkoušek bylo prokázáno, že ačkoli byly shledány určité rozdíly mezi pevnostními parametry materiálu, v obou případech materiál splnil pevnostní parametry deklarované výrobcem směsi.

Druhá část zkoušky byla zaměřena na zkoumání vlivu působení zvýšené vlhkosti na zkušební tělesa v různých délkách trvání na výsledné pevnostní parametry materiálu. Výsledky zkoušek poukazují na skutečnost, že anhydrit má i přes zřejmý pokles pevnostních

parametrů při vystavení účinkům zvýšené vlhkosti schopnost opětovného nárůstu těchto parametrů při dodržení určitých předpokladů. Z nich je zapotřebí zmínit vyloučení zatížení podlahové konstrukce v průběhu jejího vystavení zvýšené vlhkosti a zejména pak úplné vysušení podlahové konstrukce do původního stavu.

Shrnutím veškerých závěrů této práce lze konstatovat, že volba materiálu na bázi síranu vápenatého je pro moderní podlahové konstrukce zcela jistě krok správným směrem. Výhody tohoto materiálu mnohonásobně převyšují nevýhody, které lze hledat jen velmi obtížně. Aby však byla plně zajištěna funkčnost a efektivita těchto podlah, je nutné striktně dodržovat správný technologický postup při jejich realizaci. To je v mnoha případech příčinou komplikovanější organizace subdodavatelů ostatních stavebních prací. Je však zapotřebí si uvědomit, že urychlení procesu vysychání a zrání anhydritových potěrů či jejich předčasné zatěžování s sebou téměř zaručeně přináší problémy v budoucnosti. Následné opravy a sanace těchto problémů se pak neobejdou bez vynaložení nezanedbatelných finančních prostředků. Jediným způsobem, jak se těmto zbytečným nákladům vyhnout, je prevence – tedy důsledné dodržování předepsaných technologických postupů včetně následného ošetřování nově realizované podlahové konstrukce.

8 SEZNAM ZDROJŮ

8.1 Literatura

- [1] VELEBIL, Dalibor. *Minerály pod nohama, v průmyslu a ve sbírkách: hlavní minerály, jejich vznik, výskyt a použití*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2012, 375 s. ISBN 978-80-200-2093-2.
- [2] BLAHA, Martin a BUKOVSKÝ Ladislav. *Prevence a odstraňování vlhkosti*. Vyd. 1. Brno: ERA group, 2004, v, 112 s. ISBN 80-86517-48-9.
- [3] BALÍK, Michael. *Odvhlčování staveb*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2005, 286 s. ISBN 80-247-0765-9.
- [4] HOBST, L.; ADÁMEK, J.; CIKRLE, P.; SCHMID, P. *Diagnostika stavebních konstrukcí - Přednášky*. Brno: FAST VUT v Brně, 2005. 124 s.

8.2 Normy

- [5] ČSN EN ISO 12570 *Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení vlhkosti sušením při zvýšené teplotě*. Praha: Český normalizační institut, 2001, 12 s.
- [6] ČSN 74 4505 *Podlahy – Společná ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 28 s.
- [7] ČSN ISO 13822: *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 72 s.
- [8] ČSN EN 13892-2: *Zkušební metody potěrových materiálů – Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku*. Praha: Český normalizační institut, 2003, 8 s.
- [9] ČSN EN 13892-3: *Zkušební metody potěrových materiálů – Část 3: Stanovení odolnosti proti ohrusu metodou Böhme*. Praha: Český normalizační institut, 2004, 12 s.
- [10] ČSN EN 13892-4: *Zkušební metody potěrových materiálů – Část 4: Stanovení odolnosti proti ohrusu metodou BCA*. Praha: Český normalizační institut, 2003, 12 s.

- [11] ČSN EN 13892-6: *Zkušební metody potěrových materiálů – Část 6: Stanovení tvrdosti povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 2003, 8 s.
- [12] ČSN EN 13892-8: *Zkušební metody potěrových materiálů – Část 8: Stanovení přídržnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2003, 8 s.
- [13] ČSN EN 13454-1: *Pojiva, kompozitní pojiva a průmyslově vyráběné maltové směsi pro podlahové potěry ze síranu vápenatého – Část 1: Definice a požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 28 s.
- [14] ČSN EN 13454-2+A1: *Pojiva, kompozitní pojiva a průmyslově vyráběné maltové směsi pro podlahové potěry ze síranu vápenatého – Část 2: Zkušební metody*. Praha: Český normalizační institut, 2008, 20 s.
- [15] ČSN EN 13813: *Potěrové materiály a podlahové potěry – Potěrové materiály – Vlastnosti a požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2003, 28 s.
- [16] ČSN EN 74 4507: *Odolnost proti skluznosti povrchu podlah – Stanovení součinitele smykového tření*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 12 s.
- [17] ČSN 73 2030: *Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí. Společná ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 1994, 16 s.

8.3 Internet

- [18] CEMEX: *AnhyLevel – samonivelační anhydritový potěr pro podlahy* [online]. [2012] [cit. 2013-08-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.specialni-produkty.cz/anhylevel.aspx>>.
- [19] *Krkonošské vápenky Kunčice* [online]. [2013] [cit. 2013-08-10]. Dostupné z WWW: <http://www.kvk.cz/media/uploads/tiskoviny-ke-stazeni/kvk-postup-anhydritove-podlahy-2013.pdf>
- [20] *HASIT Trockenmörtel GmbH CZ – Natürlich besser bauen* [online]. [2008] [cit. 2013-08-08]. Dostupné z WWW: http://www.hasit.cz/fileadmin/user_uploads/updown/podlahove_systemy_2011.pdf
- [21] *Hornicko-geologická fakulta* [online]. [2010] [cit. 2013-09-05]. Dostupné z WWW: http://www.hgf.vsb.cz/miranda2/export/sites-r-ot/hgf/cvvp/cs/okruhy/vysledky/publikace/2011/12_BIBORA_P_Energosadrovec_anhydrit_a_moznosti_jejich_vyuziti.pdf

- [22] *Kontrolní metody pro stanovení vlhkosti podkladních vrstev podlah – TZB – info* [online]. [2011] [cit. 2013-09-11]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/podlahy/8050-kontrolni-metody-pro-stanoveni-vlhkosti-podkladnich-vrstev-podlah>
- [23] *Časopis BETON – technologie, konstrukce, sanace (BETON TKS)* [online]. [2012] [cit. 2013-12-06]. Dostupné z WWW: <http://www.betontks.cz/casopis/2012-1/66.pdf>
- [24] *Vliv vlhkosti podkladu na vady nášlapných vrstev podlah – TZB – info* [online]. [2013]. [cit. 2013-12-06]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/podlahy/10619-vliv-vlhkosti-podkladu-na-vady-naslapnych-vrstev-podlah>
- [25] *Poruchy podlah související s vlhkostí – TZB – info* [online]. [2011] [cit. 2013-12-08]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/podlahy/7455-poruchy-podlah-souvisejici-s-vlhkosti>
- [26] *Podlahové potěry a časté příčiny jejich poruch – iMateriály* [online]. [2009] [cit. 2013-12-08]. Dostupné z WWW: <http://imaterialy.dumabyt.cz/Poruchy/Podlahove-potery-anbspcaste-priciny-jejich-poruch.html>
- [27] *Anhydritové podlahy* [online]. [2013] [cit. 2014-01-04]. Dostupné z WWW: <http://www.anhydritovepodlahy.eu/sanace-anhydritove-podlahy>
- [28] *Změny v normě ČSN 74 4505 Podlahy: společná ustanovení platné od května 2012* [online]. [2012] [cit. 2013-01-04]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-podlahy-pricky-povrchy/9158-zmeny-v-norme-csn-74-4505-podlahy-spolecna-ustanoveni-platne-od-kvetna-2012>
- [29] *Anhydrit – Wikipedie* [online]. [2013] [cit. 2014-01-05]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Anhydrit>
- [30] *Vinylové podlahy, plovoucí podlahy, PVC, marmoleum* [online]. [2012] [cit. 2014-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.vip-podlahy.cz/profi-naradi/sx-naradi/ostatni-specialni-601/nivelacni-trojnozka.html>
- [31] *Průmyslové podlahy, anhydritové podlahy, BV GROUP floor steel a.s.* [online]. [2009] [cit. 2014-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.bvgroup.cz/images/bytove-podlahy/anhydritove-podlahy/anhydritove-podlahy3a.jpg>

- [32] *Realizace lité podlahy – anhydrit, cement, beton – ELTEC, s.r.o. – divize litých podlah* [online]. [2010] [cit. 2014-01-05]. Dostupné z WWW: http://www.litapodlaha.eu/soubory/images/anhydrit_praha_7_kadernictvi_01.jpg
- [33] *Poruchy dřevěných podlah* [online]. [200?] [cit. 2014-01-05]. Dostupné z WWW: http://www.artparket.cz/documents/poruchy_df8evecnfdch_podlah_.html
- [34] *Prasklý anhydrit na podlahovém topení – diskuze TZB – info* [online]. [2013]. [cit. 2014-01-05]. Dostupné z WWW: <http://forum.tzb-info.cz/107672-praskly-anhydrit-na-podlahovem-topeni>
- [35] *Laboratorní stroje a přístroje na beton* [online]. [2004]. [cit. 2014-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.briohranice.cz/stranky/produkty-form---test/laboratorni-stroje-a-pristroje-na-beton/>
- [36] *Jon-Don – Carpet cleaning, janitorial and restoration supplies* [online]. [2014]. [cit. 2014-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.jondon.com/vaprecision-moisture-vapor-emission-test-kit.html>

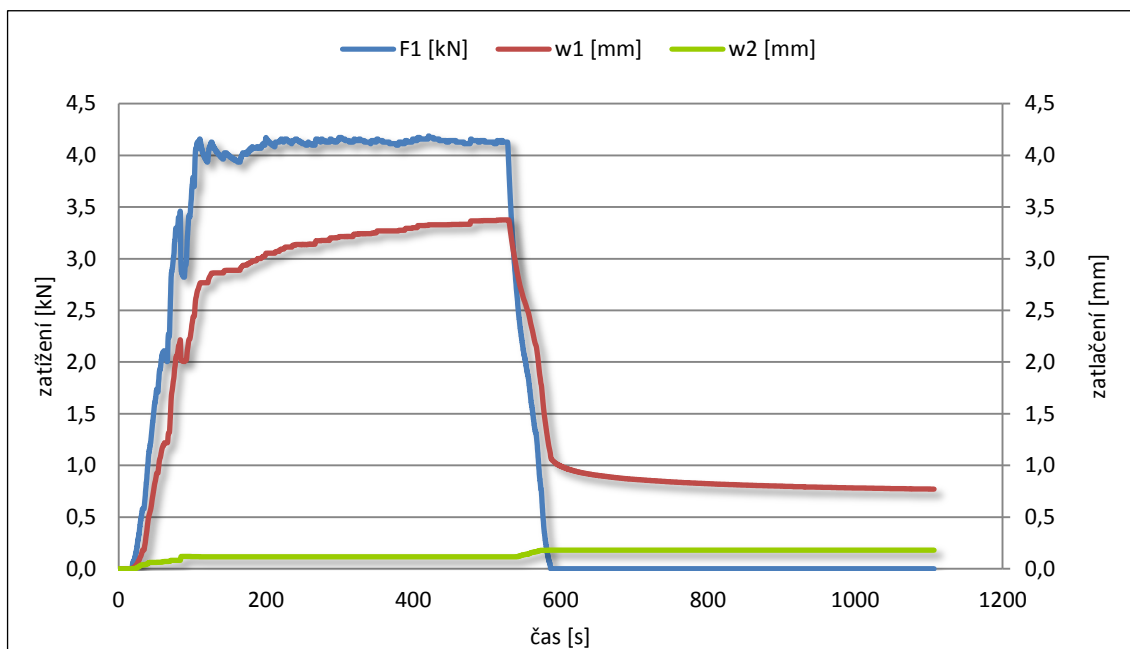
PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

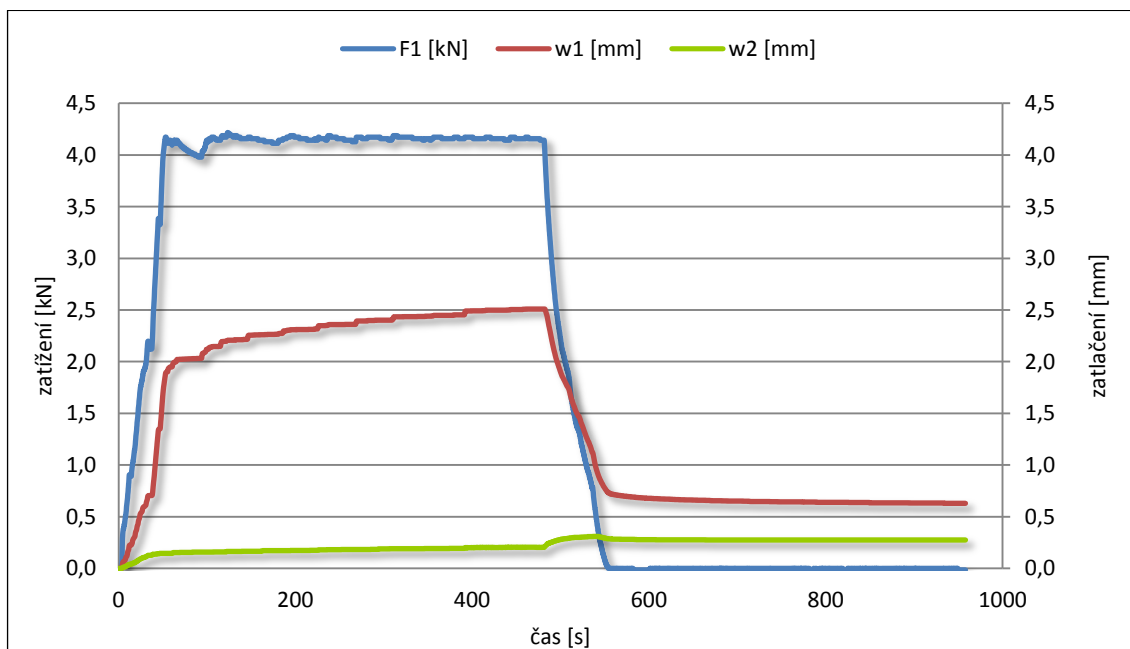
9.1	Grafický záznam zatěžovací zkoušky	89
9.2	Fotodokumentace zatěžovací zkoušky	92
9.3	Fotodokumentace odtrhové zkoušky	93
9.4	Grafy sledovaných veličin – objemová hmotnost	97
9.5	Grafy sledovaných veličin – pevnost v tahu za ohybu	98
9.6	Grafy sledovaných veličin – pevnost v tlaku.....	99
9.7	Grafy sledovaných veličin – vlhkost	100
9.8	Grafy sledovaných veličin vzorků odebraných z konstrukce – objem. hmotnost	101
9.9	Grafy sledovaných veličin vzorků odebraných z konstrukce – pevnost v tahu za ohybu	102
9.10	Grafy sledovaných veličin vzorků odebraných z konstrukce – pevnost v tlaku	103
9.11	Tabulky naměřených údajů	104
9.12	Fotodokumentace realizace anhydritových podlah	108
9.13	Fotodokumentace zkušebních vzorků	109

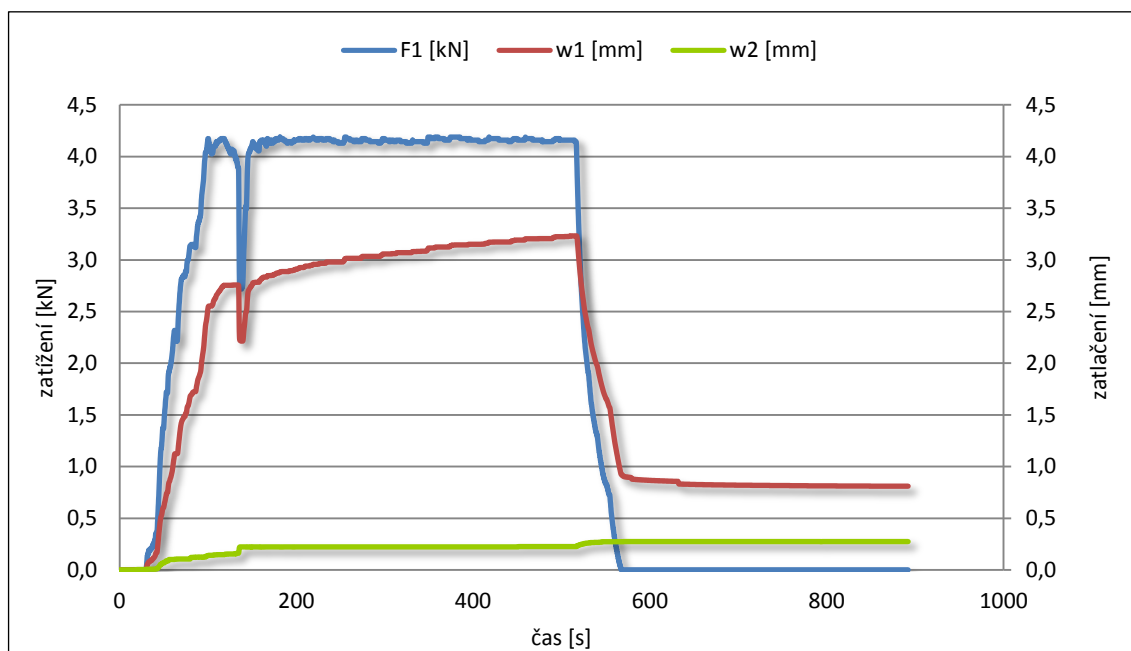
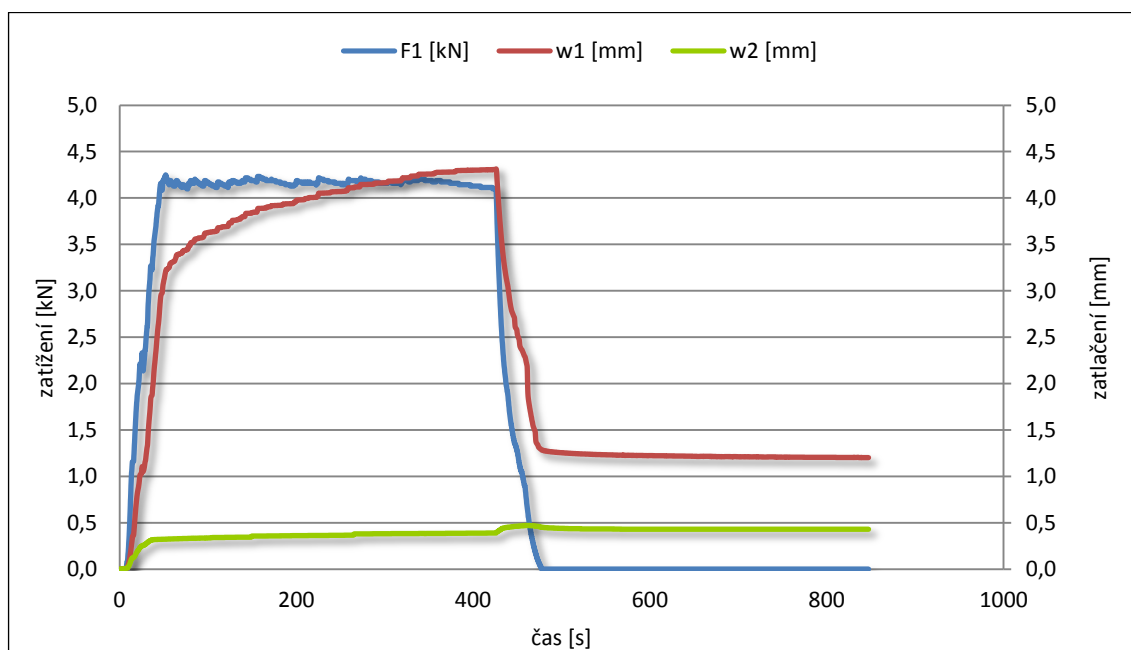
9.1 Grafický záznam zatěžovací zkoušky

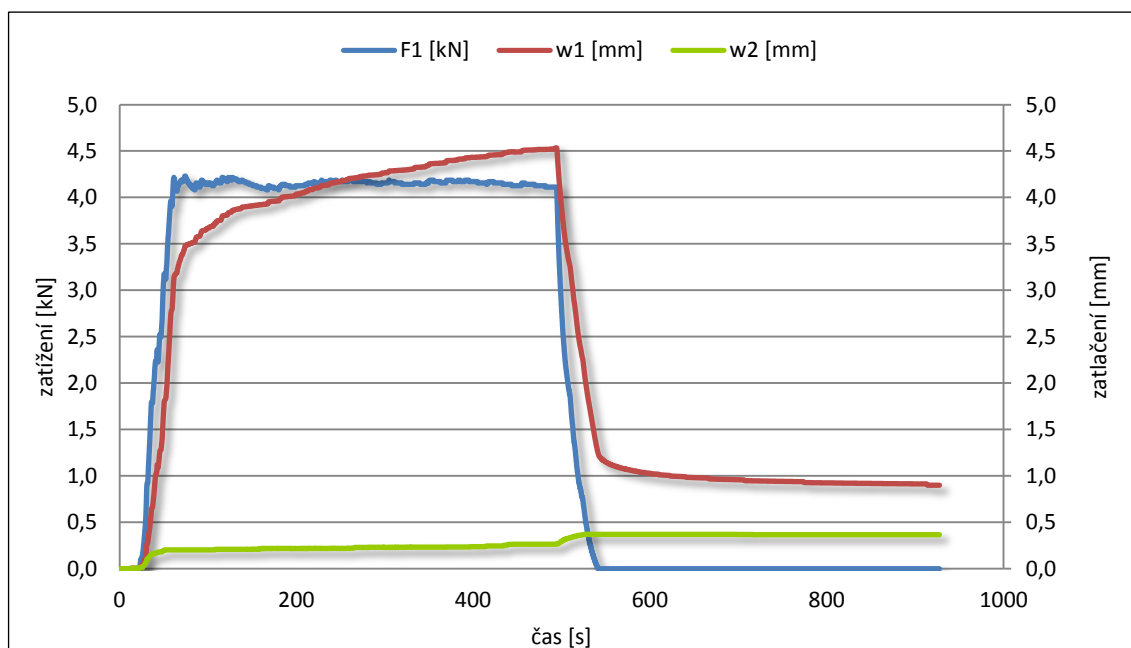
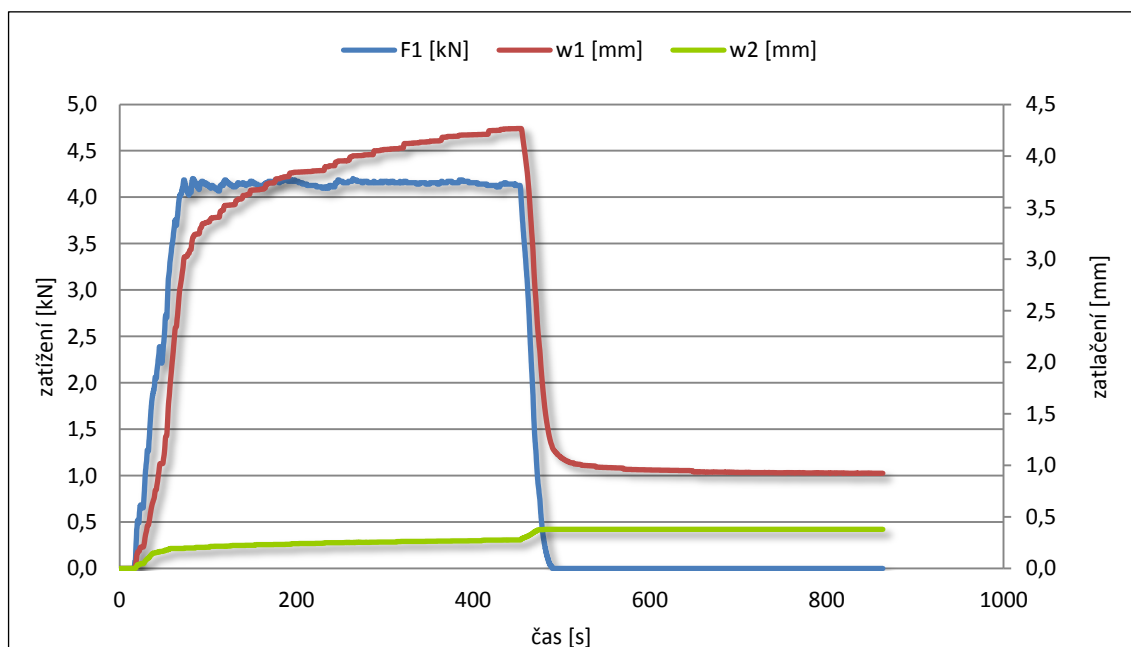
Graf 9.1 Grafický záznam zatěžovací zkoušky vzorku 10000_1 (EPS T10000)



Graf 9.2 Grafický záznam zatěžovací zkoušky vzorku 10000_2 (EPS T10000)



Graf 9.3 Grafický záznam zatěžovací zkoušky vzorku 10000_3 (EPS T10000)**Graf 9.4** Grafický záznam zatěžovací zkoušky vzorku 5000_1 (EPS T5000)

Graf 9.5 Grafický záznam zatěžovací zkoušky vzorku 5000_2 (EPS T5000)**Graf 9.6** Grafický záznam zatěžovací zkoušky vzorku 5000_3 (EPS T5000)

9.2 Fotodokumentace zatěžovací zkoušky

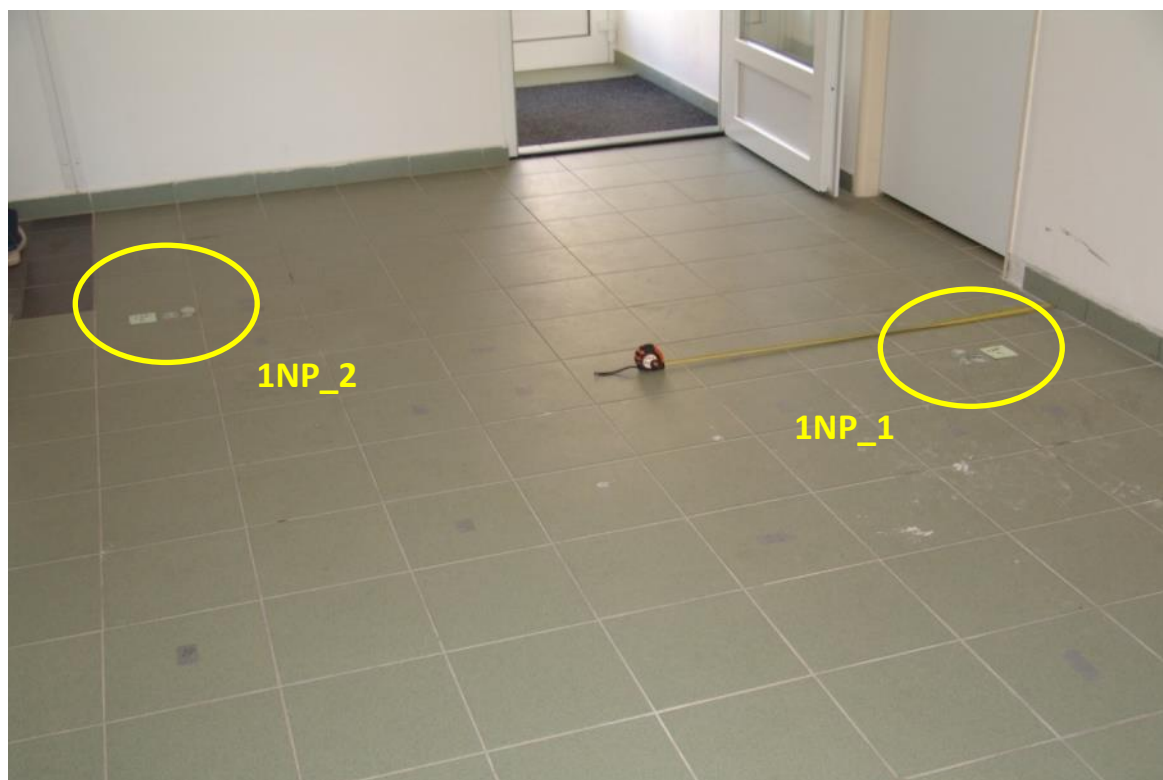


Obr. 9.1 Celkový pohled na probíhající laboratorní zatěžovací zkoušku



Obr. 9.2 Detail organizace laboratorní zatěžovací zkoušky

9.3 Fotodokumentace odtrhové zkoušky



Obr. 9.3 Lokalizace poloh zkušebních míst – 1. NP



Obr. 9.4 Lokalizace poloh zkušebních míst – 4. NP



Obr. 9.5 Charakter porušení ve zkušebním místě INP_1



Obr. 9.6 Detail kompletního odtržení lepidla dlaždice od povrchu podlahové desky



Obr. 9.7 Charakter porušení ve zkušebním místě INP_2



Obr. 9.8 Detail poruchy spojovacího můstku i v masivu materiálů podlahy navazujícím na zkušební místo



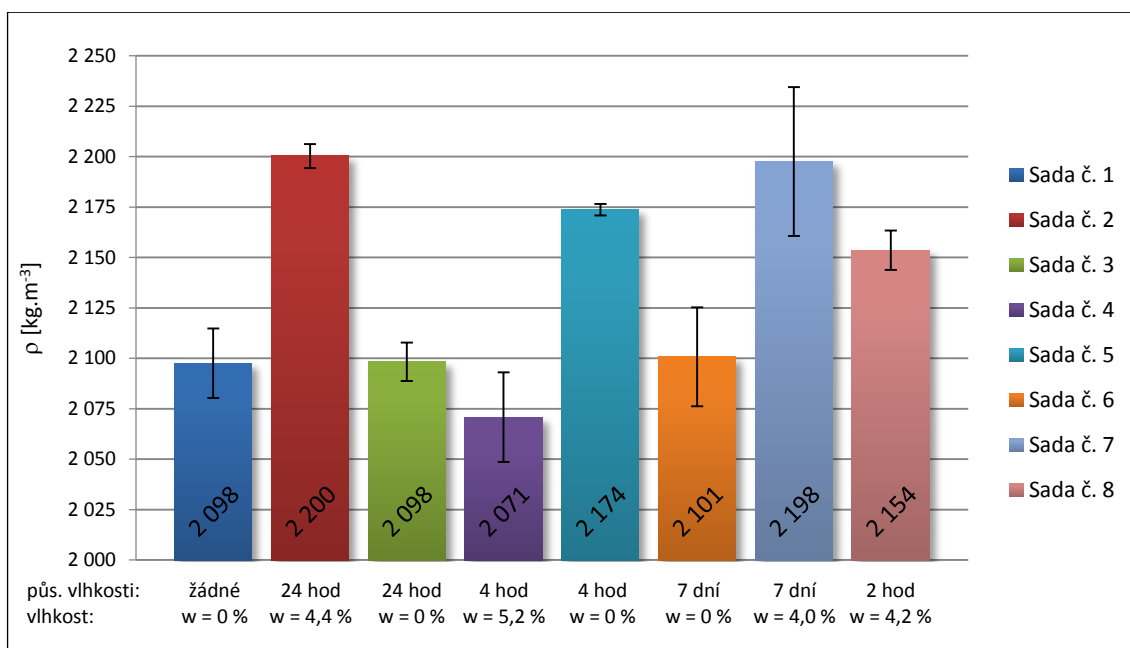
Obr. 9.9 Charakter porušení ve zkušebním místě 4NP_1



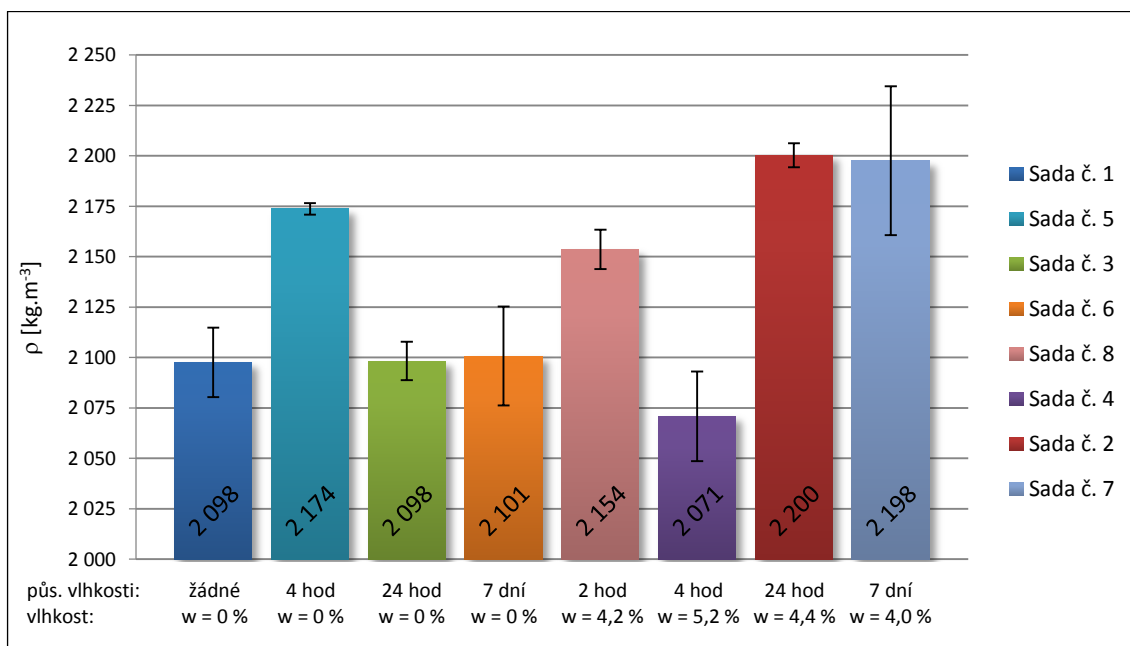
Obr. 9.10 Detail poruchy spojovacího můstku i v masivu materiálů podlahy navazujícím na zkušební místo

9.4 Grafy sledovaných veličin – objemová hmotnost

Graf 9.7 Objemová hmotnost vzorků

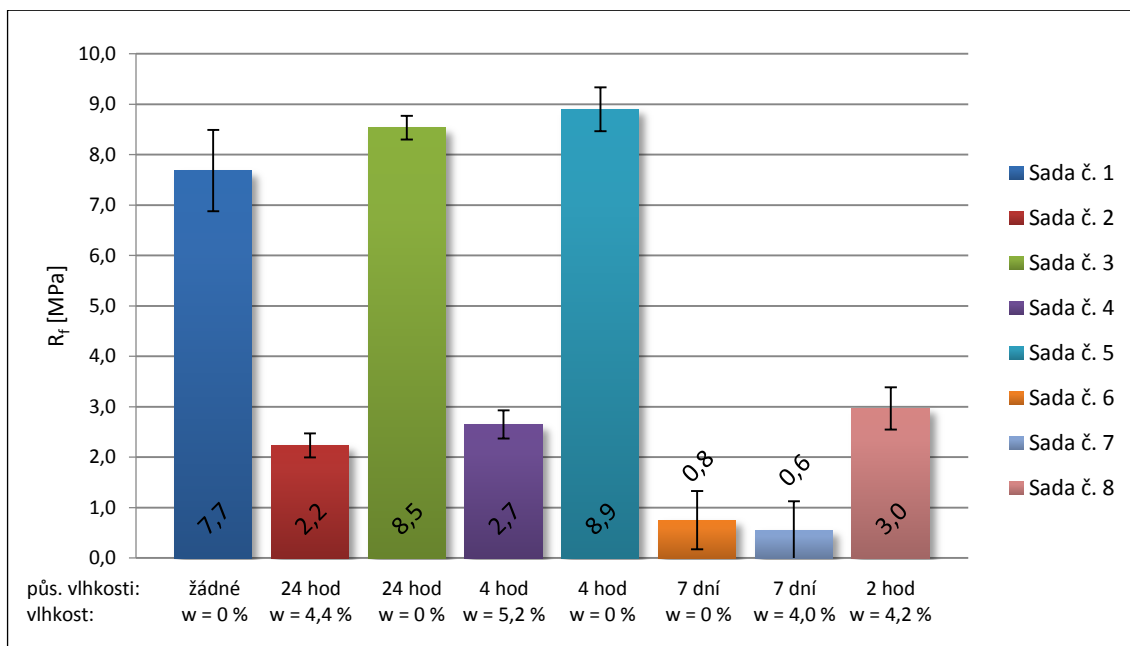


Graf 9.8 Objemová hmotnost vzorků podle doby působení zvýšené vlhkosti

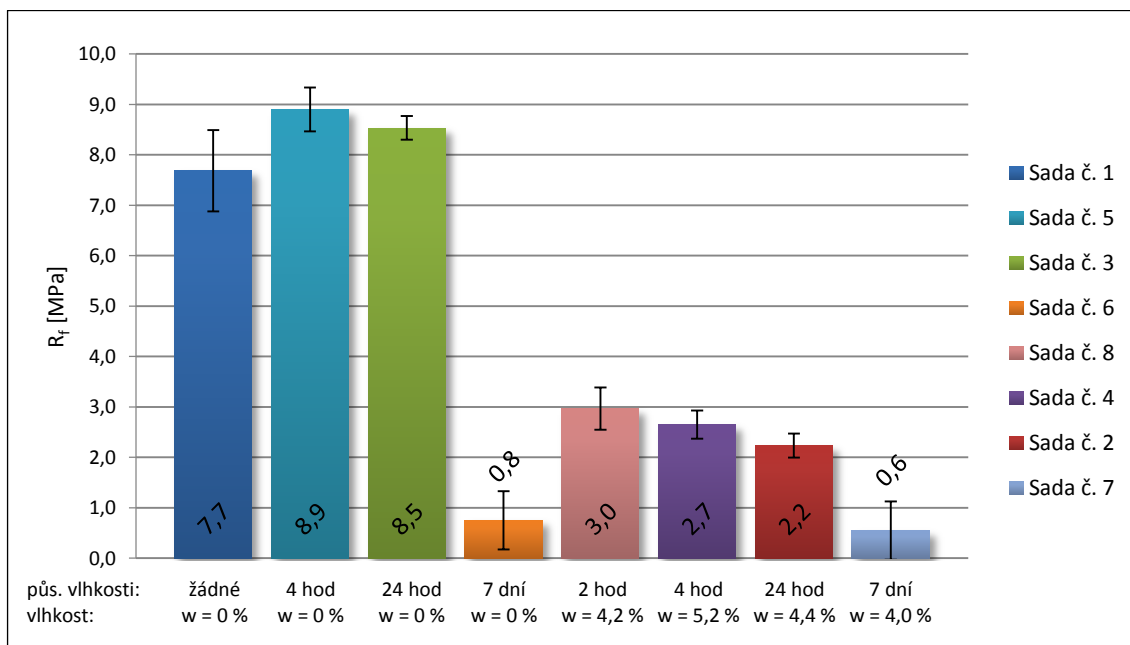


9.5 Grafy sledovaných veličin – pevnost v tahu za ohybu

Graf 9.9 Průměrná pevnost v tahu za ohybu

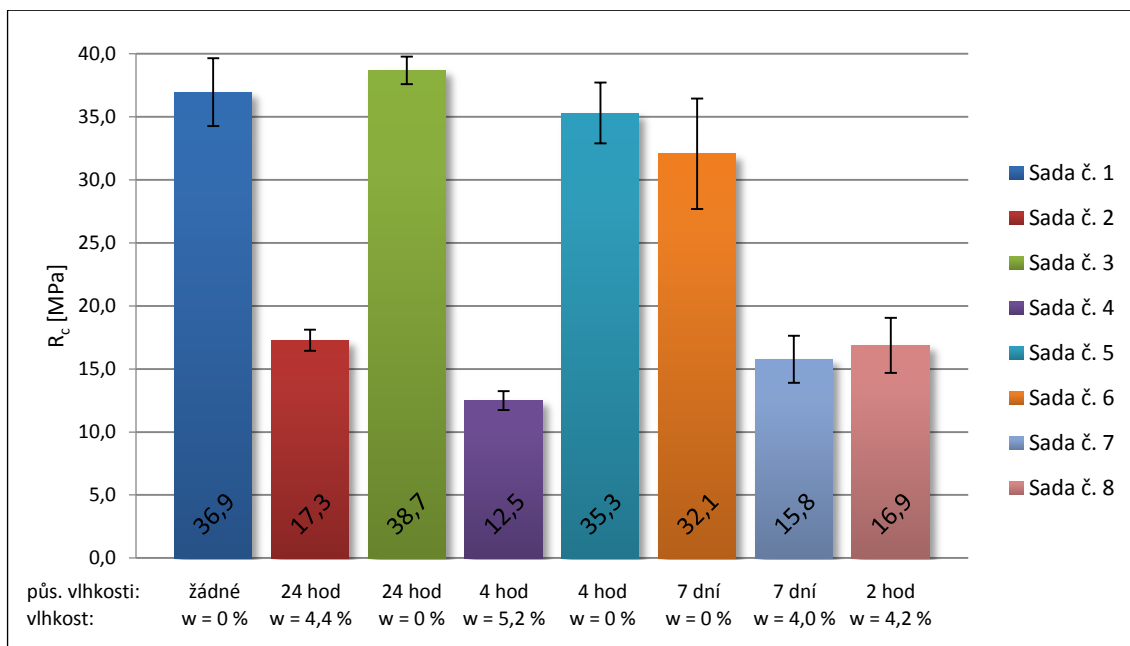


Graf 9.10 Průměrná pevnost v tahu za ohybu podle doby působení zvýšené vlhkosti

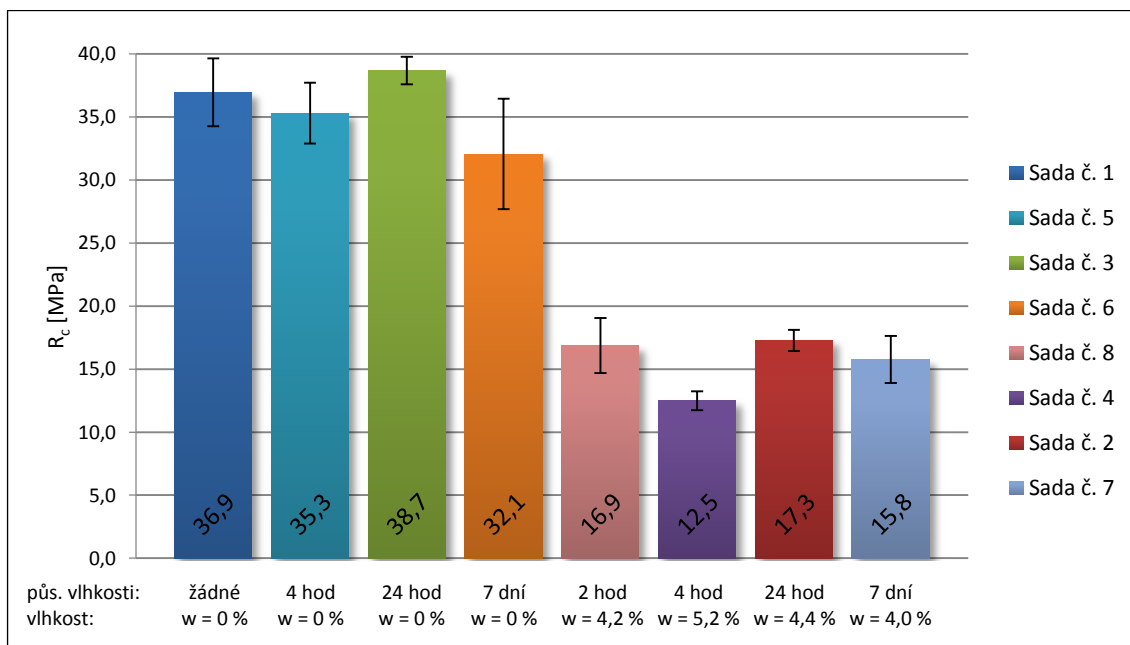


9.6 Grafy sledovaných veličin – pevnost v tlaku

Graf 9.11 Průměrná pevnost v tlaku

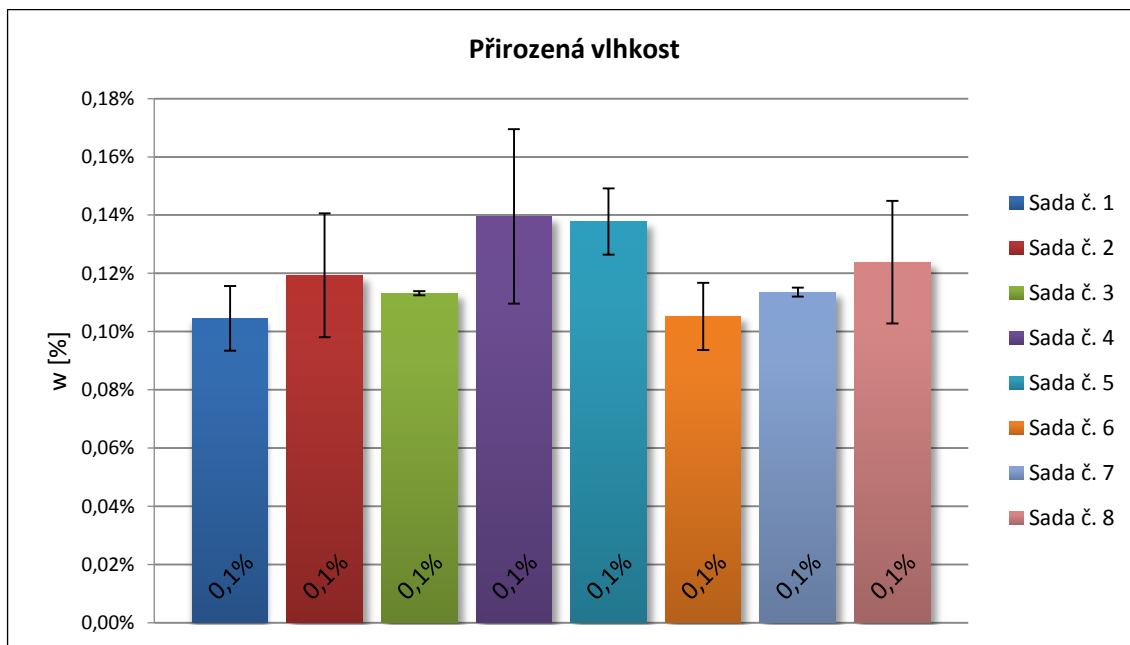


Graf 9.12 Průměrná pevnost v tlaku podle doby působení zvýšené vlhkosti

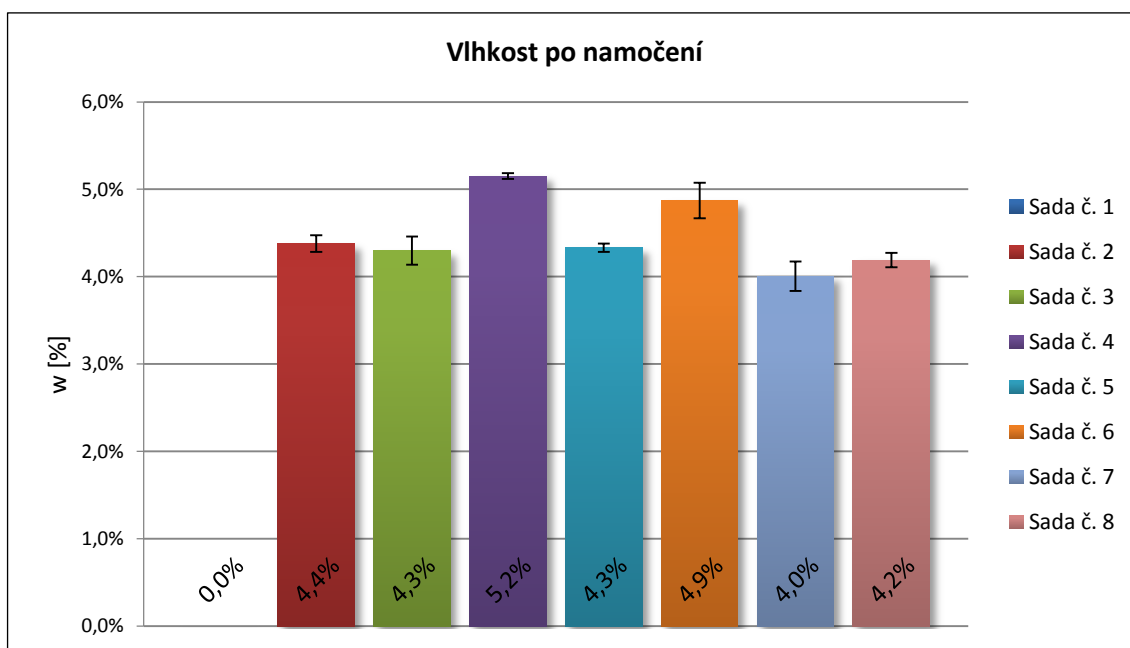


9.7 Grafy sledovaných veličin – vlhkost

Graf 9.13 Přirozená vlhkost vzorků při uložení v laboratorním prostředí

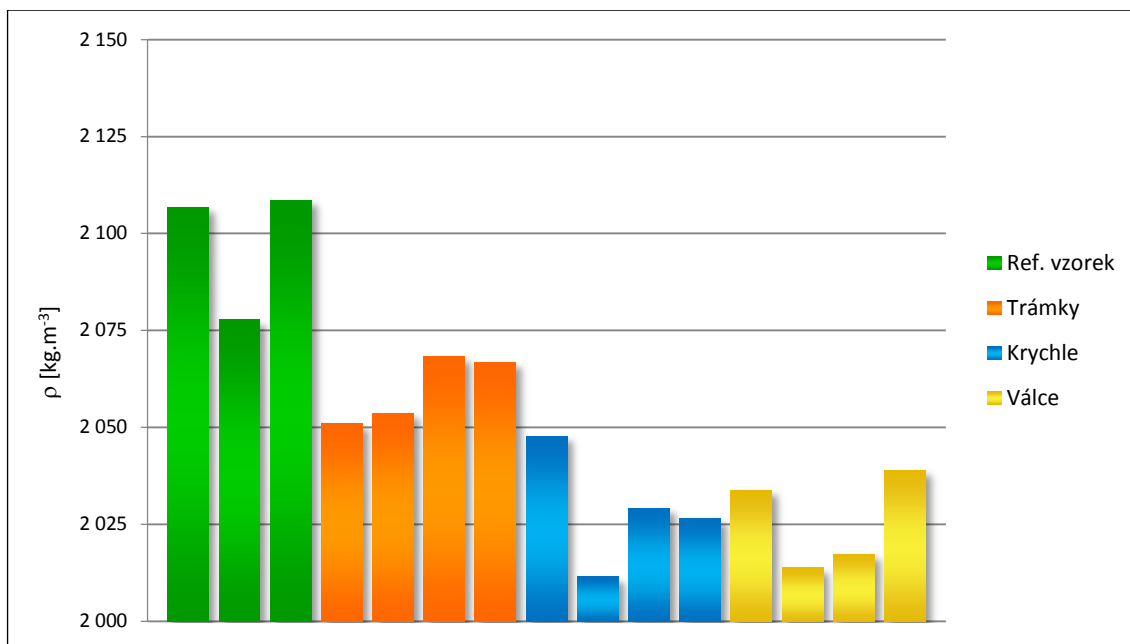


Graf 9.14 Vlhkost vzorků po vystavení působení vlhkosti

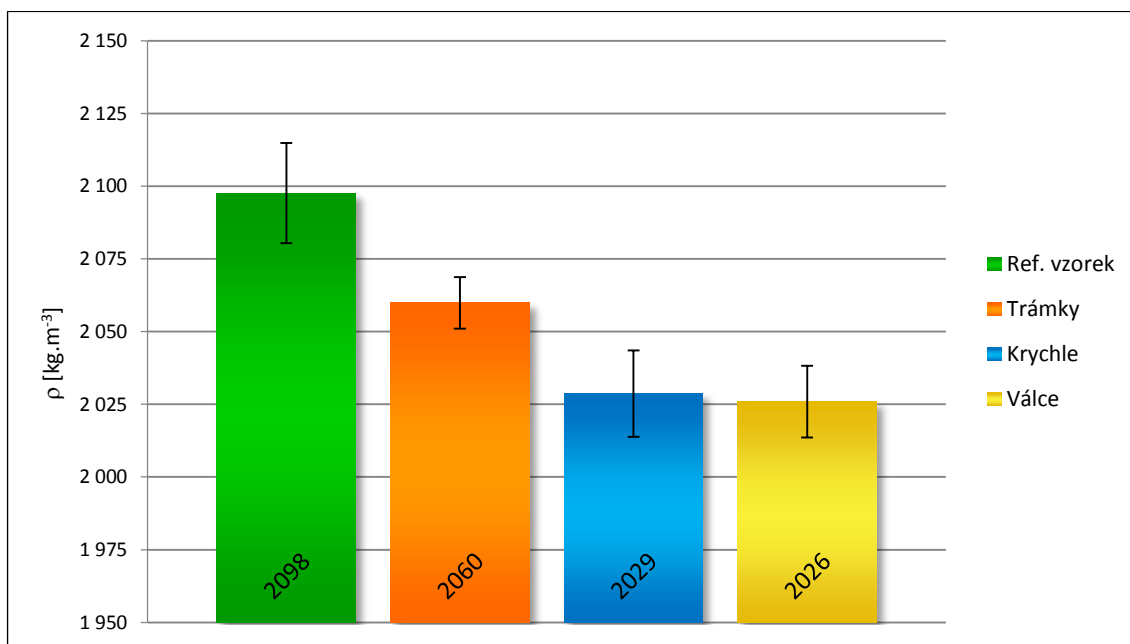


9.8 Grafy sledovaných veličin vzorků odebraných z konstrukce – objemová hmotnost

Graf 9.15 Objemová hmotnost vzorků odebraných z konstrukce

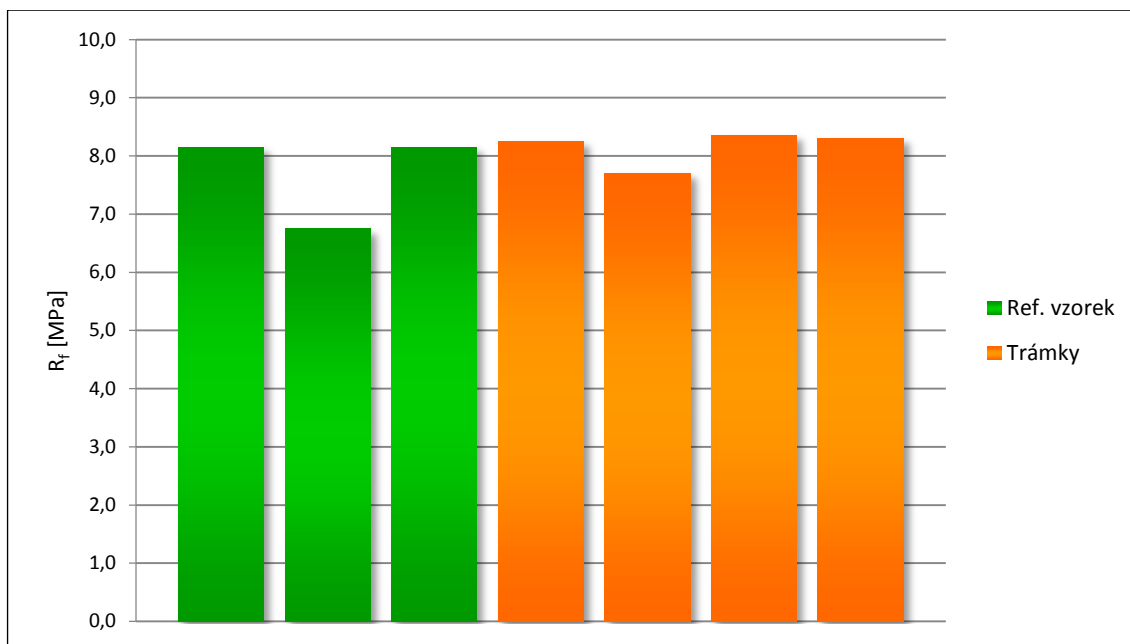


Graf 9.16 Průměrná objemová hmotnost vzorků odebraných z konstrukce

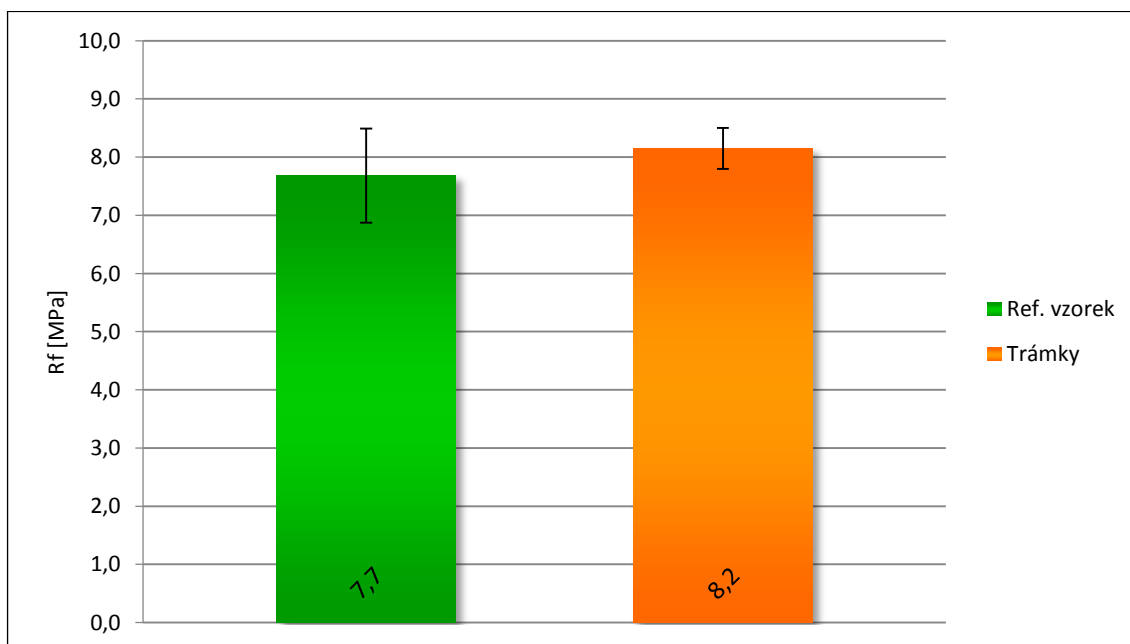


9.9 Grafy sledovaných veličin vzorků odebraných z konstrukce – pevnost v tahu za ohybu

Graf 9.17 Pevnost v tahu za ohybu na vzorcích odebraných z konstrukce

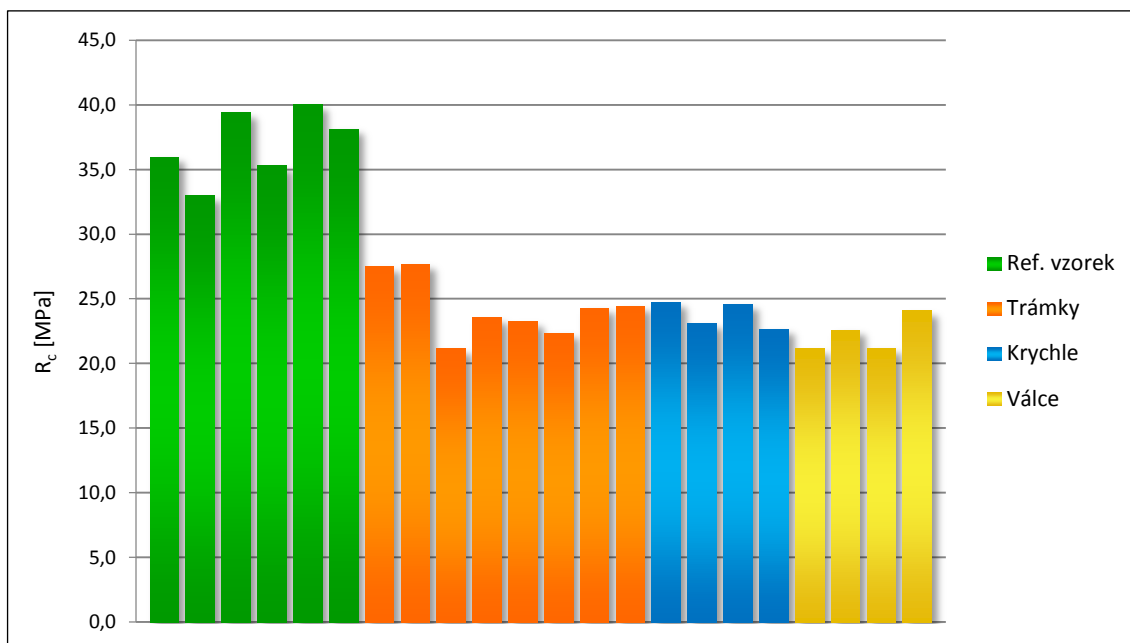


Graf 9.18 Průměrná pevnost v tahu za ohybu na vzorcích odebraných z konstrukce

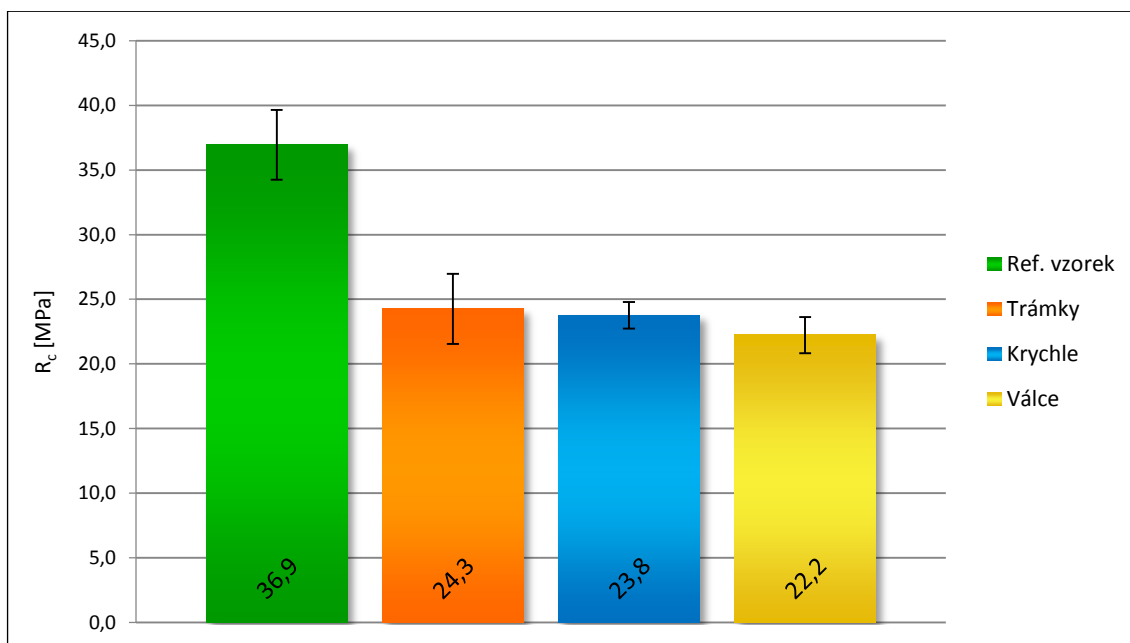


9.10 Grafy sledovaných veličin vzorků odebraných z konstrukce – pevnost v tlaku

Graf 9.19 Pevnost v tlaku vzorků odebraných z konstrukce



Graf 9.20 Průměrná pevnost v tlaku vzorků odebraných z konstrukce



9.11 Tabulky naměřených údajů

Tab. 9.1 Označení jednotlivých vzorků, rozměry, hmotnosti, vlhkosti a objemové hmotnosti

Sada č.	Označ. po zkoušce ohybem	b [mm]	h [mm]	l [mm]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	m ₂ [g]	m _w [g]	m _D [g]	u [%]	u ₀ [%]	ρ [kg.m ⁻³]	Působení zvýšené vlhkosti
1.	1.1.1	39,82	40,26	161,46	545,8	545,4	545,3	-	-	0,00%	0,09%	2 106,7	žádné
	1.1.2												
	1.2.1	39,67	40,73	161,18	541,7	541,2	541,1	-	-	0,00%	0,11%	2 077,7	
	1.2.2												
	1.3.1	40,01	39,87	160,76	541,3	540,7	540,7	-	-	0,00%	0,11%	2 108,5	
	1.3.2												
2.	2.1.1	38,71	40,29	160,26	528,2	527,7	527,7	551,0	-	4,42%	0,09%	2 204,5	24 hodin (bez vysušení)
	2.1.2												
	2.2.1	39,07	40,30	160,35	530,9	530,3	530,2	553,8	-	4,45%	0,13%	2 193,5	
	2.2.2												
	2.3.1	39,02	40,39	160,34	534,6	534,0	533,9	556,7	-	4,27%	0,13%	2 203,0	
	2.3.2												
3.	3.1.1	39,17	40,16	159,65	528,2	527,6	527,6	550,7	527,3	4,44%	0,11%	2 099,6	24 hodin (s vysušením)
	3.1.2												
	3.2.1	39,39	40,31	159,43	529,5	528,9	528,9	551,5	528,6	4,33%	0,11%	2 088,1	
	3.2.2												
	3.3.1	39,24	40,38	159,89	534,5	534,0	533,9	555,8	533,8	4,12%	0,11%	2 107,0	
	3.3.2												
4.	4.1.1	39,59	39,98	159,53	527,6	526,9	526,9	553,9	-	5,12%	0,13%	2 086,7	4 hodiny (s vysušením)
	4.1.2												
	4.2.1	40,29	40,05	160,21	529,4	528,8	528,8	556,0	-	5,14%	0,11%	2 045,5	
	4.2.2												
	4.3.1	39,79	39,37	160,23	523,1	522,3	522,2	549,3	-	5,19%	0,17%	2 080,4	
	4.3.2												
5.	5.1.1	39,97	40,27	159,35	534,5	533,8	533,8	556,7	533,3	4,39%	0,13%	2 170,5	4 hodiny (bez vysušení)
	5.1.2												
	5.2.1	40,05	39,77	159,44	530,9	530,1	530,1	552,4	529,6	4,31%	0,15%	2 175,2	
	5.2.2												
	5.3.1	39,66	40,32	159,62	533,6	532,9	532,9	555,3	532,4	4,30%	0,13%	2 175,5	
	5.3.2												
6.	6.1.1	39,51	40,35	159,90	539,1	538,5	538,5	561,2	535,6	4,78%	0,11%	2 101,1	7 dní (s vysušením)
	6.1.2												
	6.2.1	39,67	40,17	159,79	544,9	544,4	544,4	566,7	541,1	4,73%	0,09%	2 125,0	
	6.2.2												
	6.3.1	39,53	40,22	160,85	534,8	534,2	534,2	558,0	530,9	5,10%	0,11%	2 076,0	
	6.3.2												
7.	7.1.1	39,17	39,85	159,56	535,1	534,6	534,5	556,9	-	4,19%	0,11%	2 236,0	7 dní (bez vysušení)
	7.1.2												
	7.2.1	39,20	40,27	159,00	530,9	530,3	530,3	550,8	-	3,87%	0,11%	2 194,5	
	7.2.2												
	7.3.1	39,01	40,20	159,60	521,2	520,6	520,6	541,2	-	3,96%	0,12%	2 162,3	
	7.3.2												
8.	8.1.1	40,92	39,93	160,08	541,8	541,0	541,0	563,3	-	4,12%	0,15%	2 153,6	2 hodiny (bez vysušení)
	8.1.2												
	8.2.1	40,56	39,24	159,76	523,9	523,3	523,3	545,1	-	4,17%	0,11%	2 143,8	
	8.2.2												
	8.3.1	40,30	41,24	159,89	551,9	551,3	551,3	574,9	-	4,28%	0,11%	2 163,5	
	8.3.2												

Tab. 9.2 Označení jednotlivých vzorků odebraných z konstrukce, rozměry, hmotnosti, vlhkosti a objemové hmotnosti

Sada č.	Označ. po zkoušce ohybem	b [mm]	h [mm]	l [mm]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	m ₂ [g]	u ₀ [%]	ρ [kg.m ⁻³]	Působení zvýšené vlhkosti
1.	1.1.1	39,82	40,26	161,46	545,8	545,4	545,3	0,09%	2 106,7	žádné
	1.1.2									
	1.2.1	39,67	40,73	161,18	541,7	541,2	541,1	0,11%	2 077,7	
	1.2.2									
	1.3.1	40,01	39,87	160,76	541,3	540,7	540,7	0,11%	2 108,5	
	1.3.2									
9.	9.1.1	42,27	41,60	160,74	601,9	579,8	579,7	3,83%	2 050,9	
	9.1.2									
	9.2.1	41,57	41,96	160,52	598,0	575,2	575,0	4,00%	2 053,6	
	9.2.2									
	9.3.1	41,36	41,98	160,65	596,9	577,1	576,9	3,47%	2 068,2	
	9.3.2									
	9.4.1	41,62	41,73	160,35	596,1	575,8	575,6	3,56%	2 066,8	
	9.4.2									
	K9.1	41,42	41,95	41,26	152,5	146,8	146,8	0%	2 047,6	
	K9.2	41,38	41,60	41,30	148,5	143,0	143,0	0%	2 011,4	
	K9.3	41,63	41,88	41,58	151,7	147,1	147,1	0%	2 029,2	
	K9.4	40,96	41,87	41,49	149,0	144,3	144,2	0%	2 026,6	
10.	V1	44,26	41,13	(D x h)	129,1	128,7	128,7	0%	2 033,8	
	V2	44,45	42,21	(D x h)	132,0	131,9	131,9	0%	2 013,7	
	V3	44,30	41,65	(D x h)	129,7	129,6	129,5	0%	2 017,2	
	V4	44,08	41,46	(D x h)	129,1	129,0	129,0	0%	2 038,9	

$b \dots$ šířka [mm]

$h \dots$ výška [mm]

$l \dots$ délka [mm]

$m_0 \dots$ přirozená hmotnost (v laboratorních podmínkách) [g]

$m_1 \dots$ hmotnost po 24 hod [g]

$m_2 \dots$ hmotnost po 48 hod [g]

$m_w \dots$ hmotnost po namočení [g]

$m_d \dots$ hmotnost po vysušení [g]

$\rho \dots$ objemová hmotnost [kg.m⁻³]

$u \dots$ hmotnostní vlhkost po namočení [%]

$u_0 \dots$ přirozená vlhkost (v laboratorních podmínkách) [%]

Tab. 9.3 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a v tlaku

Sada č.	Označ. po zkoušce ohybem	b _m [mm]	b _c [mm]	h [mm]	l [mm]	F _m [kN]	F _c [kN]	R _{f,i} [MPa]	R _{c,i} [MPa]	R _f [MPa]	R _c [MPa]	Působení zvýšené vlhkosti
1.	1.1.1	39,82	39,82	40,26	161,46	3,50	57,25	8,15	35,94	7,7	36,9	žádné
	1.1.2		40,00				52,50		32,96			
	1.2.1	39,67	39,67	40,73	161,18	2,95	62,50	6,75	39,39			
	1.2.2		40,00				56,00		35,29			
	1.3.1	40,01	40,01	39,87	160,76	3,45	64,00	8,15	39,99			
	1.3.2		40,00				61,00		38,12			
2.	2.1.1	38,71	38,71	40,29	160,26	0,85	28,50	2,05	18,41	2,2	17,3	24 hodin (bez vysušení)
	2.1.2		40,00				25,50		16,47			
	2.2.1	39,07	39,07	40,30	160,35	1,05	26,50	2,50	16,96			
	2.2.2		40,00				25,50		16,32			
	2.2.3	39,02	39,02	40,39	160,34	0,90	27,50	2,15	17,62			
	2.2.4		40,00				28,00		17,94			
3.	3.1.1	39,17	39,17	40,16	159,65	3,70	59,00	8,80	37,66	8,5	38,7	24 hodin (s vysušením)
	3.1.2		40,00				61,00		38,93			
	3.2.1	39,39	39,39	40,31	159,43	3,55	61,50	8,35	39,03			
	3.2.2		40,00				59,00		37,45			
	3.3.1	39,24	39,24	40,38	159,89	3,60	63,50	8,45	40,46			
	3.3.2		40,00				60,50		38,54			
4.	4.1.1	39,59	39,59	39,98	159,53	1,00	21,00	2,40	13,26	2,7	12,5	4 hodiny (bez vysušení)
	4.1.2		40,00				21,00		13,26			
	4.2.1	40,29	40,29	40,05	160,21	1,25	19,50	2,95	12,10			
	4.2.2		40,00				18,50		11,48			
	4.3.1	39,79	39,79	39,37	160,23	1,05	19,00	2,60	11,94			
	4.3.2		40,00				20,50		12,88			
5.	5.1.1	39,97	39,97	40,27	159,35	3,95	60,50	9,15	37,84	8,9	35,3	4 hodiny (s vysušením)
	5.1.2		40,00				53,00		33,15			
	5.2.1	40,05	40,05	39,77	159,44	3,85	55,00	9,15	34,33			
	5.2.2		40,00				60,00		37,45			
	5.3.1	39,66	39,66	40,32	159,62	3,60	51,00	8,40	32,15			
	5.3.2		40,00				58,50		36,88			
6.	6.1.1	39,51	39,51	40,35	159,90	0,60	61,50	1,40	38,91	0,8	32,1	7 dní (s vysušením)
	6.1.2		40,00				47,00		29,74			
	6.2.1	39,67	39,67	40,17	159,79	0,23	55,00	0,55	34,66			
	6.2.2		40,00				52,50		33,09			
	6.3.1	39,53	39,53	40,22	160,85	0,13	46,00	0,30	29,09			
	6.3.2		40,00				42,50		26,88			
7.	7.1.1	39,17	39,17	39,85	159,56	0,48	25,50	1,15	16,28	0,6	15,8	7 dní (bez vysušení)
	7.1.2		40,00				22,50		14,36			
	7.2.1	39,20	39,20	40,27	159,00	0,21	22,00	0,50	14,03			
	7.2.2		40,00				24,00		15,31			
	7.3.1	39,01	39,01	40,20	159,60	0,00	30,00	0,00	19,23			
	7.3.2		40,00				24,00		15,38			
8.	8.1.1	40,92	40,92	39,93	160,08	1,49	32,00	3,45	19,55	3,0	16,9	2 hodiny (bez vysušení)
	8.1.2		40,00				31,00		18,94			
	8.2.1	40,56	40,56	39,24	159,76	1,14	27,50	2,75	16,95			
	8.2.2		40,00				23,50		14,48			
	8.3.1	40,30	40,30	41,24	159,89	1,23	27,50	2,70	17,06			
	8.3.2		40,00				23,00		14,27			

Tab. 9.4 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a v tlaku na vzorcích odebraných z konstrukce

Sada č.	Označení po zkoušce ohybem	b _m [mm]	b _c [mm]	h [mm]	l [mm]	F _m [kN]	F _c [kN]	R _{f,i} [MPa]	R _{c,i} [MPa]	R _f [MPa]	R _c [MPa]	Působení zvýšené vlhkosti
1.	1.1.1	39,82	39,82	40,26	161,46	3,50	57,25	8,15	35,94	7,7	36,9	žádné
	1.1.2		40,00				52,50		32,96			
	1.2.1	39,67	39,67	40,73	161,18	2,95	62,50	6,75	39,39			
	1.2.2		40,00				56,00		35,29			
	1.3.1	40,01	40,01	39,87	160,76	3,45	64,00	8,15	39,99			
	1.3.2		40,00				61,00		38,12			
9.	9.1.1	42,27	41,60	41,60	160,74	4,00	45,75	8,25	27,49	8,2	24,3	
	9.1.2		40,00				46,00		27,64			
	9.2.1	41,57	41,96	41,96	160,52	3,75	35,50	7,70	21,15			
	9.2.2		40,00				39,50		23,53			
	9.3.1	41,36	41,98	41,98	160,65	4,05	39,00	8,35	23,23			
	9.3.2		40,00				37,50		22,33			
	9.4.1	41,62	41,73	41,73	160,35	4,00	40,50	8,30	24,26			
	9.4.2		40,00				40,75		24,41			
	K9.1	-	41,42	-	41,26	-	42,25	-	24,72	-	23,8	
	K9.2	-	41,38	-	41,30	-	39,50	-	23,11			
	K9.3	-	41,63	-	41,58	-	42,50	-	24,55			
	K9.4	-	40,96	-	41,49	-	38,50	-	22,65			
10.	V1	44,26	41,13	válec (D x h)	-	32,50	-	21,12	-	22,2		
	V2	44,45	42,21	válec (D x h)	-	35,00	-	22,55				
	V3	44,30	41,65	válec (D x h)	-	32,61	-	21,16				
	V4	44,08	41,46	válec (D x h)	-	36,75	-	24,08				

b_m ... šířka pro zkoušku pevnosti v tahu za ohybu [mm]

b_c ... šířka pro zkoušku pevnosti v tlaku [mm]

h ... výška [mm]

l ... délka [mm]

m ... hmotnost [g]

ρ ... objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

u ... hmotnostní vlhkost po namočení [%]

F_m ... síla, při níž došlo k porušení zkušebního tělesa při ohybové zkoušce [kN]

F_c ... síla, při níž došlo k porušení zkušebního tělesa při tlakové zkoušce [kN]

$R_{f,i}$... pevnost v tahu za ohybu jednotlivých zkušeb. těles vypočítaná dle rov. 5.1 [MPa]

$R_{c,i}$... pevnost v tlaku jednotlivých zkušeb. těles vypočítaná dle rov. 5.2 [MPa]

R_f ... průměrná pevnost v tahu za ohybu [MPa]

R_c ... průměrná pevnost v tlaku [MPa]

9.12 Fotodokumentace realizace anhydritových podlah



Obr. 9.11 Hutnění potěru



Obr. 9.12 Pohled na dokončený potěr

9.13 Fotodokumentace zkušebních vzorků



Obr. 9.13 Detail struktury materiálu na vzorku porušeném zkouškou v tahu za ohybu



Obr. 9.14 Vzorky porušené zkouškou v tahu za ohybu (sada č. 7)