



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ**

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

**VÝVOJ TMELŮ PRO SPÁROVÁNÍ KERAMICKÝCH  
OBKLADŮ**

DEVELOPMENT OF GROUTS FOR CERAMIC TILES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Daniel Coufal**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**prof. Ing. MARCELA FRIDRICHOVÁ, CSc.**

**BRNO 2018**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
<b>Pracoviště</b>	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Daniel Coufal
<b>Název</b>	Vývoj tmelů pro spárování keramických obkladů
<b>Vedoucí práce</b>	prof. Ing. Marcela Fridrichová, CSc.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Online databáze Science Direct, Web of Science, Scopus, Elsevier.

Firemní technické listy.

ČSN EN 13888 Spárovací malty a lepidla pro keramické obkladové prvky - Požadavky, hodnocení shody, třídění a označování.

ČSN EN 12808-1 až 5 Lepidla a spárovací malty pro keramické obkladové prvky - zkušební metody.

ČSN EN 12004 Lepidla pro obkladové prvky - Požadavky, posuzování shody, klasifikace a označování.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V současnosti se komerční tmely pro spárování keramických obkladů a dlažeb dodávají do obchodní sítě pouze pro tloušťku spáry do 5 mm. Jelikož moderní obklady a dlažby jsou stále více rozdílné co do rozměrů a použitých materiálů, je třeba zaměřit se na vývoj spárovacích tmelů, vyhovujících i těmto zvýšeným požadavkům.

Za tímto účelem proveďte:

- rešerši o stavu současného prodeje spárovacích hmot na našem trhu,
- návrh a optimalizace receptury pro vývoj objemově stálého spárovacího tmelu určeného pro spáru šíře 5-10 mm,
- odzkoušení základních normou stanovených vlastností.

Rozsah práce cca 40 stran formátu A4 včetně příloh.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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).

---

prof. Ing. Marcela Fridrichová, CSc.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá vývojem tmelu pro vyplnění širokých spár keramických obkladů. Teoretická část je věnována jednotlivým typům spárovacích tmelů, jejich vlastnostem a oblastem použití. V praktické části se pracuje s navrženými směsmi. Sleduje se vliv plniva jakožto mletého vápence a jeho substituce za křemičitý písek a vliv následné modifikace těchto směsí pomocí rozpínací přísady.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Spárovací hmota, obklady, smrštění, vápenec, křemičitý písek

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the development of grout for filling of wide joints of ceramics tiles. The theoretical part is devoted to individual types of jointing materials, their properties and application. The practical part deals with proposed mixtures with focus on the influence of the filler as ground limestone and his substitution with silica sand and the effect of the subsequent modification of these mixtures by the expansion additive.

## **KEYWORDS**

Jointing material, facing, shrinkage, limestone, silica sand

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Daniel Coufal *Vývoj tmelů pro spárování keramických obkladů*. Brno, 2018.  
52 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie  
stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Marcela Fridrichová, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ**

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

V Brně dne 24. 5. 2018

---

**Daniel Coufal**  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Za odborné a pedagogické vedení, připomínky, cenné rady a trpělivost při zpracování mé bakalářské práce děkuji paní prof. Ing. Marcele Fridrichové, CSc., dále pak všem členům ÚTHD FAST VUT v Brně, kteří mi byli při zpracování jakkoli nápomocni. V neposlední řadě bych na tomto místě chtěl poděkovat také celé své rodině za podporu.

# Obsah

Obsah .....	8
Úvod.....	11
<b>1. Teoretická část .....</b>	<b>12</b>
1.1. Keramické obkladové prvky .....	12
1.1.1. Technologie výroby .....	13
1.1.1.1. Suroviny .....	13
1.1.1.2. Úprava surovin.....	14
1.1.1.3. Vytváření.....	14
1.1.1.4. Sušení.....	15
1.1.1.5. Glazování.....	15
1.1.1.6. Výpal.....	15
1.1.2. Vady keramických obkladových prvků .....	16
1.2. Lepicí hmoty .....	16
1.2.1. Lepicí hmoty s cementovým pojivem.....	16
1.2.2. Lepicí hmoty s necementovým pojivem.....	18
1.2.3. Třídění a klasifikace.....	19
1.2.3.1. Požadavky .....	19
1.2.4. Technologie pokládky .....	20
1.2.4.1. Obecně .....	20
1.2.4.2. Příprava podkladu.....	20
1.2.4.3. Penetrace.....	21
1.2.4.4. Hydroizolace .....	21
1.2.4.5. Lepení .....	21
1.2.5. Vady pokládky .....	21
1.3. Spárovací hmoty .....	22
1.3.1. Účel .....	22
1.3.2. Typy spár.....	22
1.3.3. Třídění a klasifikace.....	22
1.3.3.1. Aditiva .....	23
1.3.4. Rozdělení spárovacích hmot dle typu pojiva .....	24
1.3.4.1. Cementové spárovací hmoty .....	24
1.3.4.2. Polymercementové spárovací hmoty .....	24
1.3.4.3. Polymerní spárovací hmoty.....	24
1.3.4.4. Silikonové spárovací hmoty .....	24

1.3.4.5.	Akrylátové spárovací hmoty .....	24
1.3.4.6.	Epoxidové spárovací hmoty .....	25
1.3.4.7.	Polyuretanové spárovací hmoty .....	25
1.3.5.	Průzkum trhu .....	25
1.3.5.1.	Krkonošské vápenky Kunčice a.s. ....	26
1.3.5.2.	Den Braven Czech and Slovak a.s. ....	26
1.3.5.3.	LB Cemix s.r.o. ....	26
1.3.5.4.	Shrnutí .....	27
1.3.6.	Technologie spárování .....	28
1.3.6.1.	Kontrola před spárováním .....	28
1.3.6.2.	Celoplošné spárování .....	28
1.3.6.3.	Spárování přímo do spáry .....	29
1.3.6.4.	Výběr šířky .....	29
1.3.6.5.	Výběr barvy .....	29
1.3.6.6.	Výběr typu .....	30
1.3.7.	Doplňkové komponenty .....	30
1.3.8.	Vady a poruchy .....	31
1.3.8.1.	Trhlinky .....	31
1.3.8.2.	Plísně .....	32
<b>2.</b>	<b>Experimentální část</b> .....	<b>33</b>
2.1.	Cíl práce .....	33
2.2.	Metodika práce .....	33
2.3.	Postup práce .....	34
2.4.	Použité suroviny a přístroje .....	36
2.4.1.	Použité přístroje .....	36
2.4.1.1.	Zkouška konzistence čerstvé malty .....	36
2.4.1.2.	Příprava vzorků .....	36
2.4.1.3.	Stanovení objemové hmotnosti .....	36
2.4.1.4.	Stanovení pevnosti v tahu a v tlaku .....	36
2.4.1.5.	Stanovení přídržnosti .....	36
2.4.1.6.	Stanovení délkových změn .....	37
2.4.2.	Použité suroviny .....	39
2.5.	Vyhodnocení výsledků .....	40
2.5.1.	Návrh složení vzorků .....	40
2.5.1.	Základní technologické vlastnosti .....	41
2.5.2.	Délkové smrštění .....	43
2.5.3.	Aplikační a pohledové vlastnosti .....	45

2.6.	Diskuze výsledků .....	46
2.7.	Závěr .....	48
	Seznam použité literatury .....	49
	Seznam tabulek .....	51
	Seznam obrázků .....	52

# Úvod

Téma spárovacích hmot je velice úzce spjato s keramickými obkladovými výrobky, které patří k jedněm z nejstarších známých stavebních materiálů. Pojem keramika má své kořeny v Řeckém slově Keramos, což znamená „jíl“. [1]

Definici keramiky odpovídají polykrystalické soudržné hmoty, složené převážně z anorganických složek, nejčastěji hlín, jílu, ostřiv a dalších látek, které po zpracování, vytvarování a pálení v žáru za dosažení slinovací teploty získají specifické fyzikálně mechanické vlastnosti. [1; 2]

Neoddělitelnou součástí keramických obkladových prvků jsou spárovací hmoty, které chrání funkčnost fyzikálně mechanických vlastností obkladů a dlažeb a vhodně je doplňují co do estetického projevu.

Při aplikaci obkladů keramických, ale např. i betonových či kamenných, se ke spárování nejčastěji používají hmoty na bázi cementového pojiva, jemnozrnného plniva a vhodných aditiv. Vlastnosti těchto spárovacích hmot musejí vyhovět řadě požadavků, z nichž mezi nejdůležitější náleží přídržnost k podkladu, pevnost, dobrá zpracovatelnost, vhodná barevnost a především objemová stálost. Spárovací tmely běžně dostupné v komerční síti jsou vesměs vysoce jemnozrnné, a proto při větší šířce spáry ne vždy dostatečně objemově stálé. Proto je bakalářská práce zaměřena na zvýšení objemové stálosti cementových spárovacích tmelů úpravou granulometrie plniva, event. i doplněním o vhodnou rozpínací složku.

# 1. Teoretická část

## 1.1. Keramické obkladové prvky

Za kolébku keramických obkladových prvků je považována oblast dnešního Egypta, kde byly tyto materiály glazovány a používány pro zkrášlení reprezentativních objektů. Po arabské expanzi na západ Evropy se výrobní technologie dostala do Španělska a následně do Itálie. I přes více jak tisíciletou tradici tohoto výrobku zůstává princip výroby téměř totožný. [15]

Souhrnným názvem keramické obkladové prvky označujeme keramické obkládačky lepené na svislý podklad a dlaždice pokládané na horizontální podkladní vrstvu. Dle technologie výroby získáváme jednotlivé prvky s různou nasákavostí střepe a mechanickými či mrazuvzdornými vlastnostmi. [15]

Tabulka 1: Rozdělení keramických obkladových prvků dle ČSN EN 14411 [9]

Technologie výroby	Nasákavost E [%]			
	Skupina I E ≤ 3 %	Skupina IIa 3% < E ≤ 6 %	Skupina IIb 3% < E ≤ 6 %	Skupina III E > 10 %
Metoda A Tažené	A1a (E ≤ 0,5 %)	AIIa	AIIb	AIII
	A1b (0,5 % < E ≤ 3 %)			
Metoda B Lisované	B1a (E ≤ 0,5 %)	BIIa	BIIb	BIII
	B1b (0,5 % < E ≤ 3 %)			

Keramické obkladové prvky jsou vhodné do namáhaných prostorů, jako jsou výroby chemického či potravinářského odvětví, do veřejných objektů, např. bazénů a toalet, a rovněž do privátních objektů, především koupelen a kuchyní, kde mimo praktických vlastností vynikne také estetická funkce těchto výrobků.

S rostoucím zájmem o ochranu životního prostředí je keramika obecně díky svému přírodního původu a vlastnostem stále velice žádaným stavebním prvkem. [14]

### **1.1.1. Technologie výroby**

Technologie výroby probíhá ve dvou etapách. V první etapě docílíme bez chemických reakcí výsledného tvaru budoucího prvku – výlisku s určitou pevností, avšak bez jeho konečných požadovaných vlastností. Těch nabude během druhé etapy při probíhajících chemických reakcí surovin během výpalu. Výlisek poté získá požadovanou pevnost, stálost svého tvaru a odolnost proti povětrnostním vlivům případně agresivnímu prostředí. [13]

#### **1.1.1.1. Suroviny**

Vhodnost surovin je dána chemickým a mineralogickým složením. Suroviny mohou být přírodní případně syntetické, mezi které řadíme i druhotné suroviny odpadající z průmyslu. Jedním z výrazných znaků surovin je jejich chování s vodou. Podle toho dělíme suroviny na plastické a neplastické. Plastické složky napomáhají k tváření suroviny. Neplastické složky plastičnost regulují a ovlivňují průběh výpalu. [13]

Typickým zástupcem plastických surovin jsou jílovinové zeminy, tedy takové zeminy, u nichž tvoří zrna velikosti pod 2 mm nadpoloviční většinu. Tyto zeminy se vyznačují svou schopností tvarování po smíchání s určitým podílem vody. [13]

Neplastické suroviny samy o sobě nejsou schopny tvořit plastické, tedy tvářitelné těsto, proto bývají přidávány pouze jako aditiva pro ovlivnění vlastností směsi před a po výpalu. Neplastické suroviny snižující plastičnost a smršťovací deformace nazýváme ostřiva, suroviny ovlivňující průběh výpalu taviva a složky vylehčující střep jako lehčiva. [13]

Ostřivo vytváří ve střepu nosnou kostru, snižuje vliv sušení na smrštění, může zvýšit teplotou výpalu, ale zároveň zvyšuje výslednou odolnost výrobku proti teplotnímu namáhání. Využívány bývají především křemičitá a hlinitokřemičitá ostřiva, tedy křemen, křemenný písek, šamot případně korund. [13]

Taviva do směsi přidáváme pro snížení teploty potřebné k dokonalému slinutí, tedy zhutnění střepe. Taviva dělíme na základní a eutektická. Základní taviva způsobující slinutí střepe svou vlastní tavitelností (např. živce). Eutektická taviva, což jsou tavící oxidy, působí ve směsi pouze v součinnosti s ostatními oxidy (nejčastěji spolu s  $\text{SiO}_2$ ). Eutektické oxidy jsou získávány z vápence, magnezitu či dolomitu. [13]

Další pomocnou složkou jsou lehčiva. Ty vylehčující keramický střepe. Jsou to látky působící přímo, tzn. během výpalu vyhoří, tím zvýší pórovitost střepe, nebo nepřímo pouze svou nízkou objemovou hmotností. [13]

#### **1.1.1.2. Úprava surovin**

Suroviny získáváme v kusovitém tvaru, v takovém stavu jsou však pro další výrobní postup nevhodné. Proto je nezbytné upravit jejich granulometrii a čistotu. [13]

V keramickém průmyslu je rozšířena úprava za mokra. Voda se projevuje jako účinný intenzifikátor mletí. Mimo to je výhodou mokré úpravy absence počátečního vysušení suroviny. Další možností je plavení vstupních surovin, čímž se odstraňují z jílu a kaolinů příměsi a nečistoty. [13]

#### **1.1.1.3. Vytváření**

Keramické obkladové prvky se zpravidla vytvářejí tažením nebo lisováním.

V případě tažení je plastické těsto protlačováno přes ústí lisu do nekonečného pásma, ze kterého jsou odřezávány jednotlivé prvky. Ty jsou pak rozeznatelné od lisovaných prvků podélnými drážkami. [14]

Tváření lisováním můžeme provádět na suchých směsích s vlhkostí okolo 4 až 6 %, případně na zavlhých s obsahem vody do cca 12 %. Granulát ze směsi vyplní formu s jistým přebytkem v závislosti na vlhkosti a lisovacím tlaku. Obecně platí, že prvky s nižší vlhkostí směsi tvářené vyšším lisovacím tlakem jsou rozměrově přesnější a nejsou náchylné na poškození způsobené smrštěním. [14]

V závislosti na způsobu tváření, tedy na množství vody a následném sušení výpalu výlisku, je nutné počítat se značným smrštěním, proto jsou rozměry výlisků větší v řádu několika procent, aby po výpalu získaly požadovaný rozměr. [13; 15]

#### **1.1.1.4. Sušení**

Při sušení odvádíme většinu vlhkosti z výlisku tak, aby jejím rychlým únikem při následném výpalu nedocházelo k poškození struktury výrobku. Sušení probíhá obvykle v sušárnách, které mohou být v závislosti na velikosti a druhu výroby kontinuální či periodické. [13]

Při sušení dochází k částečnému smrštění. Pokud je smrštění, tedy rychlost sušení příliš velká, dochází ke vzniku smršťovacích trhlin. Ty jsou způsobené chemicky vázanou vodou, proto v první fázi pozvolným sušením odstraníme tuto vodu obsaženou ve výliscích. Po dosažení kritické vlhkosti, tedy stavu, kdy výlisek obsahuje pouze vlhkost v pórech, můžeme sušení urychlit bez následného poškození výrobku. Obecně panuje snaha o zkrácení doby sušení a snížení potřebné energie k sušení. [13; 14]

#### **1.1.1.5. Glazování**

Vzhledem ke specifickému užití bývají obkladové prvky opatřeny povrchovou úpravou, glazurou. Glazura je tenkovrstvý, sklovitý, chemicky odolný a otěruvzdorný povlak na povrchu prvku, který zabraňuje pronikání vlhkosti a agresivních látek, čímž zajišťuje funkčnost a dlouhotrvající životnost obkladových materiálů. [13]

#### **1.1.1.6. Výpal**

Výpal keramických prvků je technologický proces, při němž výlisek získává nové strukturní uspořádání. Vlivem působení teploty a doby výpalu probíhají fyzikálně mechanické reakce surovin a jejich slinování. Během těchto procesů dochází ke zvýšení pevnosti, mechanické a chemické odolnosti a snížení pórovitosti. [13]

Typickým způsobem je výpal jednofázový, ale vzhledem k předchozímu technologickému postupu mohou být prováděny tzv. předpaly, kdy získáme pouze polotovar, se kterým dále pracujeme, popřípadě dvoufázové výpaly. [13]

Výpal je prováděn v tunelových pecích, které jsou navrženy maximálně ekonomicky z důvodu uchování a opětovného využívání velkého množství tepelné energie, neboť je to nejdražší proces v samotné výrobě. Kontinuální pece dělíme dále na tunelové, kde výlisek prochází jednotlivými žárovými pásmy a kruhové se stabilním umístěním výlisků a postupujícím žárovým pásmem. [13]

### **1.1.2. Vady keramických obkladových prvků**

Můžeme rozlišit dvojí druh vad. Vady vzniklé technologickou chybou při výrobě a vady vzniklé výběrem nevhodných prvků pro dané prostředí užití.

Vady odhalitelné před kladením bývají vzhledem k přísným výstupním kontrolám výjimečné. Jedná se především o dodržení geometrie prvku, tedy splnění rozměrové tolerance, pravoúhlosti a rovinnosti hran případně lícové plochy. Dále pak vady jakosti povrchu, kdy se mohou vyskytovat trhlinky ve střepu a trhlinky či bublinky v glazuře. Skryté, kterými jsou například cicváry a výkvěty, se projeví až po aplikaci působením vnějšího prostředí. [7]

## **1.2. Lepicí hmoty**

Lepicí hmoty pro obkladové prvky slouží pro jejich zakotvení na plochy, které byly určeny k pokládce. V dnešní době můžeme tyto hmoty nazývat maltami (dle ČSN EN 998-1), avšak zároveň také lepidly, případně tmely. [3; 10]

### **1.2.1. Lepicí hmoty s cementovým pojivem**

Tradiční cementová malta je složená z cementu jako pojiva, jemného kameniva ve funkci plniva a látek modifikujících výsledné vlastnosti malty. [3]

Jako pojivo bývá využíván především šedý portlandský cement třídy CEM I 42,5, ve speciálních případech cement bílý. [3]

Typickými zástupci plniva jsou především křemenný písek a rozdružený vápenec či dolomit. Původ a kvalita kameniva ovlivňuje výslednou kvalitu malty, především její mrazuvzdornost. Zvláště jemně namleté vápence ve formě moučky upravují společně s pojivem granulometrii v oblasti jemných podílů. Méně často bývají využívány metakaoliny, pucolány, popílký a mikrosilika. [3]

Látky modifikující výsledné vlastnosti malt jsou označovány jako přísady neboli aditiva. Většinou se jedná o látky upravující retenci vody, dobu zpracovatelnosti, přilnavost malty, přídržnost zatvrdlé malty k podkladu, provzdušnění či naopak odpěnění malty. Jedním ze základních aditiv jsou étery celulózy, které napomáhají k zadržení hydratační vody v maltě, a brání tak „spálení“ cementu (což hrozí právě v tenkovrstvých nanáškách), upravují dobu a kvalitu zpracování směsi, především její přilnavost k podkladu. Neméně důležitými přísadami jsou práškové redispergovatelné disperze, které působí v systému vedle primárního anorganického pojiva, tj. cementu, sádry či vápna, jako sekundární polymerní pojivo. Tento efekt se projevuje zvýšením přídržnosti, pevnosti v tahu za ohybu, objemové stálosti i odolnosti vůči obrusu.

Mezi další používaná aditiva patří plastifikátory, díky nimž můžeme při zachování potřebné reologie směsi snížit vodní součinitel, a tím eliminovat objemové změny způsobující trhlinky a kapilární póry, které jsou nevhodné např. pro mrazové a vlhkostní namáhání. Dalšími přísadami mohou být látky ovlivňující dobu a průběh zatuhnutí, hydrofobizační přísady, výztuž ve formě vláken a probarvovací pigmenty. [3]

Samotná směs cementu a jemnozrnného kameniva, zcela výjimečně modifikovaná polymerem, je vhodná především jako tlustovrstvá vyrovnávací malta pod dlažby. Nedoporučuje se aplikovat v tenkých vrstvách z důvodu vysokého modulu pružnosti a křehkosti vzniklého spoje. [6;16]

Lepicí hmoty na bázi cementu doplněné speciálními přísadami polymerního typu, které svými vlastnostmi zvyšují lepivost a přídržnost k podkladu, jsou označovány jako polymercementové malty (C). V současné době jsou vzhledem k jejich vhodnosti do různých typů provozů i podkladů nejrozšířenějším typem lepicích hmot na trhu. Nedoporučují se však do prostor s extrémním mechanickým, chemickým nebo vlhkostním namáháním. [6;16]

### 1.2.2. Lepicí hmoty s necementovým pojivem

Mezi další hmoty tohoto druhu patří průmyslově vyráběná polymerní lepidla. Ta pracují na zcela jiném principu vytvrzování, kdy za nepřítomnosti cementu ve směsi dochází k vysychání a současně polymeraci. Jejich výhodou je vyšší odolnost proti mechanickému namáhání a vysoká přídržnost k podkladu, nevýhodou u některých typů může být nižší odolnost ve vlhkém prostředí. [3]

Pojiva těchto hmot jsou tvořena akrylátovými, polyuretanovými případně silikonovými reakčními pryskyřicemi, a jsou doplněna plnivý (kamenivem). [6;16]

Disperzní lepicí hmoty (D) jsou tvořeny vodou rozpustnými částicemi, nejčastěji akryláty, a minerálními plnidly. Jejich předností je výborná přídržnost k podkladu a obkladu a odolnost vůči dynamickému zatížení (např. otřesy), tudíž jsou vhodné pro obkládání tenkých součástí staveb. Vzhledem ke způsobu vytvrzování, během kterého se ze soustavy vypařuje voda, je tato hmota náchylná na vlhkost. Pokud vlhkost po vytvrzení opět přijme, může docházet k bobtnání. Voděodolnými se mohou stát po přidání cementu, poté se mohou aplikovat do kuchyní a koupelen. [6;16]

Reakční pryskyřice (R) jsou obvykle dvojsložkové hmoty tvořené reakčním polymerem a tvrdidlem. Oproti cementovým nebo disperzním lepidlům jsou reakční pryskyřice velice odolné vůči chemické zátěži, jsou vodotěsné a vodovzdorné. [6;16] Jedním z typů jsou epoxidová lepidla, chemicky odolná s dobrou přídržností k rozličným materiálům, využívaná v chemických prostorách a v provozech s vysoce mechanickým namáháním. Dalším typem jsou polyuretanová lepidla, ta mohou vytvářet spoje dle potřeby měkké, tvrdé či trvale pružné za zachování výborné přídržnosti a mechanické odolnosti. [6;16]

Silikonové pryskyřice se vyznačují vysokou hydrofobizační schopností, velkou odolností vůči náhlým změnám teplot, chemickému působení a vysokou elasticitou. Díky těmto vlastnostem jsou vhodné pro lepení keramických prvků na pružné a nedostatečně tuhé podklady. [6;16]

### 1.2.3. Třídění a klasifikace

Zatřídění lepidel pro obkladové prvky klasifikuje norma ČSN EN 12004+A1. Dalším obsahem této normy jsou pracovní postupy, terminologie, aplikační vlastnosti a technické požadavky. Výrobky splňující požadavky evropské normy musí být označeny značkou **CE** a dalšími technickými informacemi, které specifikují daný výrobek. [4; 11]

Tabulka 2: Zatřídění lepicích hmot dle ČSN EN 12004+A1 [11]

<b>C</b>	Cementová lepidla
<b>D</b>	Disperzní lepidla
<b>R</b>	Lepidla na bázi reaktivních pryskyřic
<i>Každý druh může mít různé třídy. Ty jsou označeny následujícími zkratkami.</i>	
<b>1</b>	Standardní lepidlo
<b>2</b>	Zlepšené lepidlo (splňuje požadavky na doplňkové vlastnosti)
<b>F</b>	Rychle tuhnoucí lepidlo
<b>T</b>	Lepidlo se sníženým skluzem
<b>E</b>	Lepidlo s prodlouženou dobou zavaznutí
<b>S1</b>	Deformovatelné lepidlo
<b>S2</b>	Vysoce deformovatelné lepidlo

#### 1.2.3.1. Požadavky

Požadované vlastnosti lepicích hmot můžeme rozdělit do dvou kategorií. První jako vlastnosti dočasné, které využíváme při skladování a zpracování této hmoty a do druhé, jako výstupní/konečné vlastnosti, využívané po dobu jejich působení. Tyto vlastnosti vysvětluje norma ČSN EN 12004+A1 [3; 11]

Jako dočasné požadované vlastnosti lze zmínit skladovatelnost. Jedná se o dobu skladování za předepsaných podmínek (např. zamezení přístupu vlhkosti či působení mrazu), během níž lepidlo uchovává své definované vlastnosti. Důležitou informací je doba zrání, což je časový interval mezi smísením maltoviny s vodou a její připravenosti ke zpracování. Obvykle je dostačující doba 5 minut. Další významnou vlastností je doba použitelnosti a přestavitelnosti. Tyto časové údaje předurčují plochu, na kterou je možné natáhnout lepidlo, aniž by byla ohrožena kvalita či ztráta přidržitosti obkladu. V neposlední řadě je důležitou vlastností při obkládání svislých konstrukcí skluz čili pohyb obkladového prvku usazeného do vrstvy lepicí hmoty směrem dolů. [3]

Mezi konečné požadované vlastnosti řadíme přídržnost k podkladu, což je hodnota udávající maximální sílu na jednotku plochy měřenou smykovou nebo tahovou zkouškou. Postup této zkoušky je popsán v normě ČSN EN 12004-2 pro jednotlivé typy lepidel. Dalším požadavkem je deformovatelnost, což je schopnost zatvrdlé lepicí hmoty být deformována působením napětí mezi keramickým prvkem a podkladem. S tímto pojmem se zavedl v praxi pojem flexibilní. Tento pojem však není v normě definován, což může vést k jeho zneužívání v podobě nazývání konkrétních výrobků jako „poloflexibilní“, „ultraflexibilní“ apod. čímž mohou být zákazníci oklamáni, jelikož každý materiál má určitou flexibilitu. Ve skutečnosti mají lepidla se zvýšenou pružností (flexibilitou) označení S2, což znamená, že zkušební vzorek musí snést průhyb (při příčné deformaci) nejméně 5 mm, případně S1 s příčnou deformací od 2,5 mm do 5 mm. [3; 4; 12]

#### **1.2.4. Technologie pokládky**

##### **1.2.4.1. Obecně**

Tradičně se obkládání stěn provádělo nanesením hrubší vrstvy cementové malty (tzv. buchty) na rubovou stranu dobře nasáklé obkladačky. Takto připravený prvek se nalepil na stěnu. Dlažební prvky se ukládaly buďto přímo do čerstvého betonu, případně do nanesené cementové malty rozprostřené po podkladní vrstvě. [3]

Svou pracností, časovou náročností a vývojem nových materiálů došlo ke změně postupu kladení, při kterých se používají nenasáklé obkladové prvky a předem vyrobená lepidla, která se nanášejí na podkladní plochu v tenkých vrstvách. Mimo klasických cementových malt se používají i organická případně disperzní lepidla. Díky tomu můžeme pro kladení používat právě pojem lepení. [3]

##### **1.2.4.2. Příprava podkladu**

Před samotnou pokládkou je potřeba zajistit vyhovující stav podkladní plochy. Požadovanou vlastností je rovinnost podkladu, kde normový požadavek činí  $\pm 2$  mm (pro svislé, respektive vodorovné konstrukce dle ČSN 74 4505). [5; 18]

Dále pak únosnost, pevnost, stabilita a soudržnost podkladu, čímž se rozumí takový podklad, který má dostatečnou pevnost v tahu, na povrchu nedochází ke drolení, nevyskytují se v něm praskliny a trhliny. V případě jejich výskytu se vyplní vhodným materiálem, např. samotným lepidlem. [4; 5]

V neposlední řadě je důležitá čistota povrchu, tzn. zbavení se zbytků starších povrchových úprav, prachu, mastnot a výsledná vlhkost povrchu – dle použitého lepidla. [5;6]

#### **1.2.4.3. Penetrace**

Očištěný a připravený nasákavý podklad je potřeba dále upravit penetračním nátěrem. Ten slouží ke zvýšení přilnavosti a snížení nasákavosti podkladní vrstvy. U nenasákavých podkladů (např. sklo, umakart) se používá tzv. spojovací neboli adhezní můstek, který při tloušťce několika desetin milimetrů připraví povrch pro zakotvení lepicí hmoty. [4; 5]

#### **1.2.4.4. Hydroizolace**

V jistých případech použití lepicích hmot, jako jsou např. koupelny, sprchové kouty, terasy, balkóny, kuchyně apod., které musí zvládat teplotní, srážkové, a především vlhkostní namáhání, je vhodné opatřit povrch hydroizolační vrstvou. Ta se obvykle aplikuje pod lepicí hmotu. [4]

#### **1.2.4.5. Lepení**

Po rozmíchání suché směsi se stanovenou dávkou vody, důkladném promíchání rychloběžným míchadlem tak, aby byla vzniklá směs jednolitá, je potřebná několikaminutová pauza pro odležení hmoty. Po uplynutí této doby se lepidlo opět promíchá a nanáší na podklad pomocí zubového hladítka. Obklad se na takto připravený podklad aplikuje po dobu nazývanou „otevřený čas“. Po překročení této doby je další obkládání nemožné a nanesené lepidlo je potřeba odstranit. [5]

### **1.2.5. Vady pokládky**

Důvodem většiny závad při pokládce jsou nejčastěji problémy spojené s nevhodně ošetřeným podkladem. [6]

Typickou vadou je nedostatečné nanesení lepicí hmoty na podklad. V takovém případě dochází při zatížení k odlamování části dlaždice. Další problémy může vyvolat spára nedostatečně zaplněná příslušnou hmotou. To způsobí nadměrné pronikání vlhkosti, event. agresivních látek k lepicí hmotě, případně k podkladu, a může vést až ke ztrátě mrazuvzdornosti obkladu. V poslední řadě se může vyskytnout estetická vada v rovinnosti obkladových prvků. Jestliže tyto leží vůči sobě výše (níže), může v provozu dojít k odlamování hran či rohů. [6]

### **1.3. Spárovací hmoty**

#### **1.3.1. Účel**

Funkcí spárovacích hmot je dokonalé vyplnění spáry. Spáru lze definovat jako ohraničený prostor mezi dvěma navazujícími prvky vznikající v důsledku montážního spojení, případně jako přiznaný styk dvou přilehlých prvků. [8]

Spárováním obkladových prvků se tedy snažíme docílit dokonalého uzavření spár mezi jednotlivými prvky pro zamezení pronikání agresivních látek a vlhkosti k lepicí, případně podkladní vrstvě. Zároveň musí být schopné dilatovat v důsledku objemových změn obkladových prvků, což soustavně umožňuje jistou toleranci v přesnosti jejich výroby. Mimo to jsou společně s obkládačkami, případně dlažbou nositeli estetického dojmu v prostoru pokládky keramiky. [3;7]

#### **1.3.2. Typy spár**

Můžeme odlišit několik druhů spár. Dilatační spáry, oddělující celé objekty, dílčí spáry, které rozdělují konstrukci na menší úseky, případně spáry, které vytvářejí spoj při přechodu materiálů s rozdílným koeficientem roztažnosti. Dalšími typy jsou spáry mostní, pracovní, těsnicí a jiné. [5]

#### **1.3.3. Třídění a klasifikace**

Obdobně jako lepidla jsou spárovací hmoty zatříděny a rozděleny dle evropské normy ČSN EN 13 888:2002, viz tabulka 3.

Tabulka 3: Rozdělení spárovacích hmot dle ČSN EN 13888 [19]

<b>CG</b>	Cementová spárovací malta
<b>RG</b>	Spárovací malta nebo lepidlo z tvrditelných pryskyřic
<i>Cementové spárovací malty se mohou vyskytovat v různých třídách, do kterých jsou zařazeny na základě doplňkových charakteristik. Pro tyto třídy byla zvolena následující označení</i>	
<b>1</b>	Normální spárovací malta
<b>2</b>	Zlepšená spárovací malta
CG 1	Normální cementová spárovací malta
CG 2 W	Zlepšená cementová spárovací malta s doplňkovou charakteristikou sníženou nasákavostí vodou
CG 2 A	Zlepšená cementová spárovací malta s doplňkovou charakteristikou vysokou otěruvzdorností
CG 2 W A	Zlepšená cementová spárovací malta s doplňkovou charakteristikou sníženou nasákavostí vodou a vysokou otěruvzdorností
RG	Spárovací malta nebo lepidlo z tvrditelných pryskyřic

Spárovací malty nebo lepidla z tvrditelných pryskyřic (RG) jsou obvykle dvoukomponentní reakční epoxidové pryskyřice. Vyznačují se vysokou chemickou a mechanickou odolností, dobře odolávají vlhku a povětrnostním vlivům, dosahují vysokých pevností v tlaku a tahu. Využití těchto hmot je především v oblastech chemicky zatížených prostor, jako jsou laboratoře, pivovary, jatka, nemocnice, bazény. Požadavkem pro aplikaci RG malt je nízká vlhkost podkladu. Vzhledem ke složení těchto malt je doporučeno dodržovat bezpečnostní pokyny pro manipulaci s těmito látkami, jelikož tvrdidla pryskyřic jsou silně alkalická, agresivní vůči pokožce. [4]

#### 1.3.3.1. Aditiva

Spárovací hmoty obsahující fungicidní a algicidní přísady jsou odolnější vůči vzniku plísní, výkětotvornosti, mají efekt tzv. nesmáčivosti povrchu, což přispívá díky zabránění zanášení povrchu póru ke znečišťování, tudíž zlepšuje hygienické vlastnosti povrchu. [4]

### **1.3.4. Rozdělení spárovacích hmot dle typu pojiva**

#### **1.3.4.1. Cementové spárovací hmoty**

Tyto spárovací hmoty jsou vhodné pro běžné spárování obkladů vnitřních nezatěžovaných prostor. Vzhledem k vysokému modulu pružnosti se nehodí do mechanicky zatěžovaných prostor. Další nevýhodou je nedokonalá vodotěsnost. Aplikace se provádí na navlhčené plochy pro zabezpečení dostatečného průběhu hydratace cementu. [7; 16]

#### **1.3.4.2. Polymercementové spárovací hmoty**

Oproti cementovým tmelům obsahují polymercementové tmely navíc polymery pro snížení křehkosti, díky čemuž je tento typ pružnější, avšak nemá dobré dilatační schopnosti. I přesto je to nejpoužívanější typ spárovací hmoty. Využití nalézá v kuchyních, myčkách a obecně v prostorech, které jsou často čištěny. [7; 16]

#### **1.3.4.3. Polymerní spárovací hmoty**

Obecně lze říci, že polymerní spárovací hmoty jsou lepší než polymercementové, jsou voděodolné, schopné dilatovat, odolávají povětrnostním vlivům i mechanickému a chemickému prostředí. Právě díky tomu bývají aplikovány v bazénech nebo potravinářském průmyslu. [7; 16]

#### **1.3.4.4. Silikonové spárovací hmoty**

Tyto spárovací hmoty jsou složeny z polymerů, nastavovadel, změkčovadel plniv a přísad. Jsou velice pružné a vodotěsné. Díky tomu se aplikují v bazénech, koupelnách, kuchyňských linkách. Nevýhodou je malá odolnost vůči mechanickému poškození. [7; 8; 16]

#### **1.3.4.5. Akrylátové spárovací hmoty**

Tento typ spárovacího tmelu je tvořen polyakryláty, pryskyřicemi, změkčovadly, rozpouštědly, plnivy, přísadami a pigmenty. Má velice dobrou přídržnost k různým stavebním podkladům, je dobře zpracovatelný, v případě probarvení barevně stálý. Dále pak dobře odolává změnám teplot a je možné jej natřít povrchovým nátěrem. Hlavní nevýhodou je snadné znečištění a následná

tvorba plísni. K vytvrzování dochází odpařením těkavých složek (vody, rozpouštědel). Doba vytvrzování je závislá na okolní teplotě a relativní vlhkosti. Smrštění po dokončení vytvrzování může dosahovat až 20 %. [7; 8; 16]

#### **1.3.4.6. Epoxidové spárovací hmoty**

Tmely na epoxidové bázi jsou mechanicky a dilatačně odolné, vodotěsné, chemicky odolné vůči působení kyselin a roztoků solí. Díky těmto vlastnostem bývají využívány především v exteriérech, chemických a potravinářských průmyslech (pivovary, masokombináty, mlékárny) a v laboratořích. Bohužel jsou, co se týče technologie použití, velice problematické, neboť je nutná dokonale suchá spára. [7;16]

#### **1.3.4.7. Polyuretanové spárovací hmoty**

Existují jedno nebo dvojsložkové polyuretanové hmoty. Ty se skládají z vícesytných alkoholů, isokyanátů, polyuretanů, aktivátorů, změkčovadel, aktivních a neaktivních plniv a nejrůznějších přísad. Jejich přednostmi jsou dobrá přilnavost k běžným stavebním povrchům, výborná mechanická odolnost, pružnost a tažnost (až 20 %), odolnost vůči teplotním změnám, nízkým teplotám (až do -50 °C), těsnicí schopnost a s ní spojená odolnost proti oděru, olejům a mikroorganismům. Vzhledem k těmto vlastnostem bývají využity v chemicky a mechanicky exponovaných objektech, například na letištích. [7;8;16]

### **1.3.5. Průzkum trhu**

Vzhledem k obsahu této bakalářské práce byl průzkum trhu mířen na oblast cementových spárovacích hmot, tedy malty typu CG.

Na českém trhu působí celá řada výrobců spárovacích hmot. Pro tento průzkum jsem si vybral tři společnosti, u jejichž produktů byla uvedena alespoň většina mnou sledovaných parametrů. Konkrétně tedy Krkonošské vápenky Kunčice a.s., DEN BRAVEN Czech and Slovak a.s., LB Cemix s.r.o. Zanalyzoval jsem jejich stávající nabízené produkty se zaměřením především na doporučenou maximální šíři spáry, zrnitost směsi a maximální deklarovanou velikost smrštění.

### **1.3.5.1. Krkonošské vápenky Kunčice a.s.**

*KVK spárovací hmota řada KLASIK* je jemnozrnná směs klasifikována jako typ CG 1 s velikostí frakce 0–0,2 mm, doporučená pro šíře spár do 5 mm. Maximální deklarované smrštění je uváděno jako 0,3 %, resp. 3 mm na metr délky.

*KVK spárovací hmota řada FLEXIBILNÍ* má stejné technické parametry jako předcházející produkt, navíc je zlepšena hydrofobní a protiplísňovou ochranou, jedná se tedy o typ CG 2 WA.

*KVK spárovací hmota HRUBOZRNNÁ* je opět normální cementová malta lišící se zrnitostí 0–0,6 a výsledným deklarovaným maximálním smrštěním 2 mm na metr délky.

### **1.3.5.2. Den Braven Czech and Slovak a.s.**

*Flexibilní spárovací hmota na obklady a dlažbu* značená typem CG 2 WA, tedy zlepšená spárovací malta je vhodná pro šíře spár do 8 mm. Výrobce udává zrnitost směsi 0–0,2 mm a deklaruje smrštění do 0,2 %.

### **1.3.5.3. LB Cemix s.r.o.**

*Spárovací hmota FLEX* je opět jemnozrnná zlepšená malta, s využitím pro spáry šíře do 20 mm, avšak při stále jemné zrnitosti udávané maximální velikostí zrna 0,3 mm, při které je deklarované maximální smrštění 0,3 %.

*Spárovací hmota GFS* je vylepšená spárovací hmota CG 2 WA se zvýšenou flexibilitou (S1) zaručující vyšší vhodnost do prostor s teplotním namáháním. Této flexibility je dosaženo přidáním vláken do jinak typického složení se zrnitostí 0–0,6 mm.

*Spárovací hmota WIDE* svým složením a technickými parametry odpovídá hmotě s označením FLEX s rozdílem v zrnitosti směsi, která u tohoto výrobku dosahuje maximálního zrna 0,6 mm a vhodností šířky spáry v intervalu 5 až 30 mm.

Spárovací hmotě *COLOR* s vhodností použití pro tenkovrstvé spáry do 7 mm odpovídá její jemná zrnitost do 0,3 mm. Vzhledem k zvýšenému doporučenému vodnímu součiniteli lze usoudit, že např. oproti hmotě *FLEX* bude ve směsi zastoupen větší podíl velmi jemně rozduženého vápence.

#### 1.3.5.4. Shrnutí

Společným znakem téměř všech nabízených produktů je vylepšení cementové malty přidáním polymerů pro zvýšení hydrofobizace či otěruvzdornosti (ve většině případů z obou důvodů). Doporučené šíře spár se pohybují většinou v intervalu do 15 mm obvykle se smrštěním do 0,3 %. Zrnitost směsí, se pohybovala nejčastěji v rozmezí 0–0,6 mm. Taktéž u většiny produktů bývá, vzhledem k možnosti probarvení širokou škálou barevných pigmentů, používán cement bílý.

Tabulka 4: Souhrnný přehled analyzovaných produktů [20; 21; 22]

Produkt	Typ	Doporučená šíře spáry	Zrnitost	Maximální deklarované smrštění	Přidržnost
		[mm]	[mm]	[mm.m <sup>-1</sup> ]	[Nmm <sup>-2</sup> ]
KVK KLASIK	CG 1	<5	0–0,2	3	Neuvádí
KVK FLEXIBILNÍ	CG 2 WA	<15	0–0,2	3	Neuvádí
KVK HRUBOZRNNÁ	CG 1	<5	0–0,6	2	Neuvádí
Den Braven Flexibilní	CG 2 WA	<8	0–0,2	2	≥0,3
Cemix FLEX	CG 2 WA	2–20	0–0,3	3	Neuvádí
Cemix GFS	CG 2 WA	2–20	0–0,6	3	Neuvádí
Cemix WIDE	CG 2 WA S1	5–30	0–0,6	3	Neuvádí
Cemix COLOR	CG 2 WA	2–7	0–0,3	3	Neuvádí

### **1.3.6. Technologie spárování**

Spárovací tmely se používají až po dostatečném vyvrání lepicích hmot, obvykle v řádu desítek hodin. Při použití disperzních lepicích hmot je potřeba dokonce doby několika dnů pro dokonalé vyschnutí lepidla. Ve speciálních případech je možnost zkrácení této doby na několik hodin, avšak z důvodu ceny je tento způsob prováděn výjimečně. [4]

Spárovací hmoty jsou obvykle pochozí po několika hodinách, ale plně zatížitelné jsou až po vyvrání. Tyto doby mohou být různé, a proto je potřeba nahlédnout do technického listu výrobku, kde jsou tyto informace uvedené. [4]

#### **1.3.6.1. Kontrola před spárováním**

Před samotným spárováním je vzhledem k případným pozdějším reklamám vhodné zkontrolovat kvalitu „podkladu“. Tím je myšlena rovinnost obkladových prvků, která se zjišťuje obdobně jako rovinnost samotné podkladní plochy pomocí dvoumetrové latě, kdy maximální odchylka činí  $\pm 2$  mm (pro svislé, respektive vodorovné konstrukce dle ČSN 74 4505) [7; 18]

#### **1.3.6.2. Celoplošné spárování**

Tento způsob se využívá především pro spárovací hmoty na bázi cementu. Před samotnou aplikací je vhodné zjistit omyvatelnost hmoty z dlaždic, která může být znesnadněna nevhodným povrchem glazovaných prvků. Pro zamezení této vady je možnost aplikovat speciální nátěr, který uzavře pórovou strukturu na povrchu a umožní snadnější očištění. [7]

Spárovací hmota se aplikuje celoplošně rozetřením do vyčištěných spár diagonálně ke směru spáry do dostatečné hloubky pomocí stěrky s povrchem z měkčeného plastu, z gumy, případně z plastu s povrchovým pogumováním tloušťky cca 10 mm. Jako dostatečná hloubka se uvažuje tloušťka dlaždic. Aplikace se provádí spárovací gumou tak, aby byla spára zcela zaplněna bez vzduchových dutin a v rovině s obkladem. Spárovací hmota by měla mít 3 styčné plochy, jednu s lepicí hmotou a dvě se sousedními hranami obkladových prvků. [7]

Po aplikaci se nechá hmota zavadnout a následně dochází k vymývání spár pomocí mokré houby pro dosažení jejich požadovaného tvaru. Aby nedocházelo k dalšímu vymývání spár, čistí se obklad navlhčenou houbou. K úplnému dočištění dochází až po vyschnutí spárovací hmoty. Pro ulehčení omývání lze využít látky podporující odstranění znečišťujících zbytků, např. roztok octa nebo roztok kyseliny chlorovodíkové. Kyselinám je vhodné se zcela vyhnout kvůli jejich negativnímu působení na keramický stěp. [7]

#### **1.3.6.3. Spárování přímo do spáry**

Tímto způsobem se aplikují hmoty na necementové bázi, což jsou zpravidla polymerní, silikonové, akrylátové, epoxidové a polyuretanové látky. Při aplikování těchto tmelů je pro kvalitní provedení důležité dokonalé vyschnutí spáry. Mimo to je nežádoucí, vzhledem k zachování diletačních vlastností, přilnutí spárovací hmoty ke dnu spáry. Tomuto se zamezí vložením speciálních pásků, popřípadě tenké fólie na dno spáry. [7]

Aplikace se provádí pomocí vytlačovací pistole, kterou je hmota vtlačována do prostoru spáry. Před samotným vtlačováním je vhodné hrany spár oblépit pro zamezení znečištění a následné očišťování obkladových prvků. [7]

#### **1.3.6.4. Výběr šířky**

Hodnoty šířek spár nejsou normativně určeny. Jejich volba záleží na výrobci a označení příslušné spárovací hmoty. Vzhledem k rozměrovým odchylkám obkladových prvků je vhodné pro jejich eliminaci volit širší spáry. Pro dodržení stejné šířky spáry se využívají obkládačské křížky. Jsou k dostání v různých tvarech a šířkách, avšak i zde je potřeba pamatovat na rozměrové odchylky obkladů. [4;7]

#### **1.3.6.5. Výběr barvy**

Vzhledem k praktické funkci spárovací hmoty je její barva nepodstatná a na výsledné vlastnosti nemá vliv. Je však důležitá z estetického hlediska co do výsledného vzhledu obkládané plochy.

K probarvení spárovacích tmelů na cementové bázi se využívají výhradně anorganické pigmenty. Organické pigmenty v alkalickém prostředí cementové pasty degradují, a svou barevnost záhy ztrácejí. Můžeme zvolit barvu shodnou s barvou obkladu, případně světlejšího, respektive tmavšího odstínu, nebo zcela kontrastní barvu. [7]

#### **1.3.6.6. Výběr typu**

Volba spárovací hmoty závisí především na prostředí, kterému bude v období své životnosti vystavena a kvalitě lepicí hmoty, především s ohledem na délkovou roztažnost způsobenou teplotními výkyvy. V komerční výstavbě je nejběžnější využití cementových spárovacích hmot. Reakční spárovací hmoty jsou kvůli ekonomickým stimulům zpravidla používány pouze pro speciální účely. [7]

#### **1.3.7. Doplnkové komponenty**

Silikonové tmely, polyuretanové tmely, těsnicí pásky, lišty a separační provazce slouží k vyřešení detailů, což jsou přechody obkladů a dlažeb ve svislých a vodorovných napojeních, napojení na oplechování na balkonových konstrukcích, na terasách a všech problematických místech. Tyto produkty zabezpečují funkčnost detailů, tedy zaručují dostatečnou izolaci pro podkladní vrstvy [4]

Silikonové tmely jsou díky své vysoké elasticitě vhodné zejména pro napojení sanitární keramiky na obklady a dlažby, utěsnění spojů v rozích, případně na přechodech podlah a stěn. [4]

Polyuretanové tmely bývají využívány pro svou vysokou odolnost vůči UV záření a klimatickým podmínkám převážně v exteriérových prostorech. Využití naleznou rovněž pro utěsnění dilatujících spár, vzniklých např. oplechováním. [4]

Těsnicí pásky se využívají především pro své hydroizolační vlastnosti, a to především v místech přechodů mezi stěnami a podlahou. [4]

Separací provazce se vkládají do spár před nanášením tmelu. Jsou pružné, dobře těsnící a slouží k zamezení přilnutí spárovací hmoty ke dnu spáry. [4]

## **1.3.8. Vady a poruchy**

### **1.3.8.1. Trhlinky**

Trhlinkami nazýváme malé diskontinuity v materiálu, které nevedou k úplnému oddělení části materiálu. Ve své podstatě je trhlinka následkem působícího napětí, které překročilo mez pevnosti dotyčného materiálu. Trhlinky můžeme rozdělit do dvou skupin, a sice konstrukční a nekonstrukční. [17]

Konstrukční trhliny vznikají vlivem statických nebo dynamických účinků sil. [17]

Nekonstrukční trhliny jsou výsledkem vnitřních napětí. Jejich vznik je spojen zejména s aplikací materiálu a vlastnostmi samotné hmoty nebo kompozitu. Dle způsobu vzniku nekonstrukčních trhlín můžeme rozlišovat níže uvedené typy. [17]

Plastické trhlinky, jejichž příčinou bývá odloučení vody ze směsi a následné rychlé vysychání. [17]

Trhlinky způsobené teplotním gradientem (rozdílem teplot mezi jádrem a povrchem) způsobené především v době tuhnutí a tvrdnutí směsi. [17]

Smršťovací trhlinky vzniklé autogenním smršťováním. Tento proces je logickým důsledkem hydratace soustavy, kdy se vzniklé hydratační teplo vyzáří do okolí. Doba trvání autogenního smršťování se pohybuje v řádech týdnů, avšak jeho účinky jsou minimální. [17]

Expanzní trhliny způsobené např. vlivem síranové koroze. Obecně jsou to děje s dlouhodobým charakterem, při kterých hraje významnou roli přítomnost vlhkosti. [17]

Z výše uvedeného je patrné, že spárovací hmoty na cementové bázi jsou náchylné ke vzniku trhlinek, neboť se v průběhu své životnosti smršťují. Není-li tomuto procesu bráněno, dochází k volnému smrštění, v případě omezení tohoto procesu vyvolávají objemové změny napětí, které po překročení pevnosti materiálu způsobují diskontinuity. Ty mají ve struktuře negativní vliv na pevnost a životnost prvku. [17]

### **1.3.8.2. Plísně**

Dalším nežádoucím elementem jsou plísně, neboť v první řadě ruší estetický dojem obkládané plochy, ale také narušují hygienické požadavky prostor a životnost aplikované hmoty.

Ve vlhkých prostorech, jako jsou například koupelny a toalety, je pórovitý a nasákový povrch cementové malty doslova živnou půdou pro tvorbu plísní. I díky tomu je v dnešní době hydrofobizace či přidávání protiplísňových aditiv stále častějším trendem. Snížením nasákavosti malty a vytvořením co nejhladšího povrchu získáme plochu, na které se nedrží voda, čímž se stává výborně omyvatelnou. Na takovém povrchu se plísně nemají šanci uchytit.

V případě výskytu plísní jsou k dispozici chemické produkty pro vyčištění spár, avšak pokud plísně prorostou skrze spáru, lze se jich zbavit pouze mechanickým odstraněním veškeré spárovací hmoty, dodatečným vyčištěním spáry a opětovnou aplikací.

## 2. Experimentální část

### 2.1. Cíl práce

Cílem práce je návrh složení a laboratorní příprava tmelu pro vyplňování širokých spár keramických obkladových prvků včetně odzkoušení základních technologických, aplikačních a pohledových vlastností.

### 2.2. Metodika práce

Průmyslově vyráběné tmely pro spárování keramických obkladů a dlažeb, které jsou běžně dostupné v komerční prodejní síti, jsou přednostně určeny pro aplikaci do úzkých spár šířky 3 mm. S neustále se rozšiřující nabídkou velkorozměrových obkladů a dlažeb se však zákazník často dostává do situace, kdy pro šířku spáry vhodnou pro tyto obklady, tj. 5 mm a více, je odkázán na výše zmíněné tmely pro úzké spáry. Takovéto tmely, díky svému složení a vlastnostem, jsou pro širokou spáru nedostatečně objemově stálé a poněkud se smršťují, což se v konečném důsledku často projeví popraskáním a vypadáváním celých vyspárovaných úseků.

Smršťování hydratovaného tmelu, resp. cementového kamene, souvisí s jeho mikrostrukturou, zejména s jeho kapilárním systémem. Čím více kapilárních pórů vzniklý cementový kámen obsahuje, tím lze očekávat jeho větší smrštění. Zmíněná mikrostruktura a kapilární systém úzce souvisejí s charakterem a granulometrií vstupního pojiva a plniva, které při absenci vhodných aditiv přímo ovlivňují množství záměsové vody, a tím smrštění při vysychání hydratované soustavy.

Vzhledem k této úvaze byla jako nejjednodušší a neúčinnější způsob eliminace smršťování spárovacího tmelu navržena změna kvality a granulometrie komerčně používaného plniva.

Základem pro vývoj tmelu určeného pro široké spáry byla referenční receptura poskytnutá společností zabývající se výrobou lepicích a spárovacích tmelů, viz vzorek referenční I. U této receptury byla primárně navržena záměna plniva, a to mletého vápence za křemičitý písek přibližně stejné granulometrie,

viz vzorek jemnozrnný I. Druhý navržený vzorek se od předchozího lišil tím, že použité křemičité plnivo bylo hrubozrnnější, viz vzorek hrubozrnný I. V závěru práce byla navíc navržena modifikace všech tří popsaných tmelů rozpínací přísadou, složenou z hlinitanového cementu a sádrovce, viz vzorek referenční II, vzorek jemnozrnný II a vzorek hrubozrnný II. Mechanismus této rozpínací přísady spočívá ve zvýšené tvorbě primárního ettringitu, a tím eliminaci kapilárního systému.

Dle všech navržených receptur byly připraveny vzorky spárovacích tmelů. Ty byly následně podrobeny stanovení základních technologických vlastností se zvláštním zřetelem na sledování délkových změn zatvrdlého spárovacího tmelu a rovněž posouzení jejich aplikačních a pohledových vlastností.

### **2.3. Postup práce**

Použité suroviny byly ve vzduchosuchém stavu nadávkovány dle předepsané receptury a následně důkladně zhomogenizovány na celkové množství 3 kg suché směsi.

Každý z připravených vzorků suché směsi byl nejprve podroben stanovení množství záměsové vody, resp. vodního součinitele, na maltu předem zvolené konstantní konzistence. Pro tento účel byl zvolen normový postup dle ČSN EN 1015-3 pro zkoušku konzistence čerstvé malty s použitím střešacího stolku.

Pro konzistenci jednotlivých vzorků spárovacích tmelů bylo zvoleno rozlití kužele  $130 \pm 5$  mm, které bylo odvozeno od stejné hodnoty rozlití cementové kaše připravené na normální konzistenci dle ČSN EN 196. Postupovalo se tak, že z připravených vzorků bylo vždy odváženo 800 g suché směsi, která byla následně rozmíchána normovým způsobem v laboratorní míchačce s předem odhadnutým množstvím vody. Vzniklou maltou se ve dvou vrstvách naplnil kovový kužel umístěný do středu desky střešacího stolku. Každá vrstva se zhutnila 10 údery dusadla. Přebytečná malta byla setřena a rovněž volná plocha desky se otřela tak, aby byla čistá a suchá. Asi po 15 sekundách byl kužel zvednut kolmo vzhůru, a malta se na desce stolku rozlila 15 nárazy zdvihu střešacího stolku. Průměr koláče malty byl změřen ve dvou na sebe kolmých směrech pomocí měřidla s přesností na 1 mm. [24]

Po stanovení množství záměsové vody byly z jednotlivých vzorků suché směsi připraveny malty, které byly zaformovány do zkušebních těles rozměrů 40x40x160 mm. Příprava malt byla uskutečněna v laboratorní míchačce tak, že do nádoby míchačky bylo nejprve nalito množství záměsové vody odpovídající stanovenému vodnímu součiniteli pro navážku 1500 g suché směsi. Poté byla vsypána odvážená suchá směs a následovalo normové rozmíchání. Vzniklou maltou byla ve dvou vrstvách naplněna forma na přípravu trámečků, přičemž každá vrstva byla dostatečně zhutněna. Po zarovnání povrchu byla forma překryta PE fólií a takto ponechána do druhého dne, kdy byly trámečky odformovány.

Odformované trámečky byly exponovány v laboratorním prostředí za teploty cca 20°C a relativní vlhkosti cca 65 %.

Po předem zvolených termínech byly vzorky podrobeny stanovení délkových změn změřením délky trámečku na jeho dvou vyznačených protilehlých bodech. Délková změna byla vyhodnocena jako průměr ze stanovení na třech trámečcích.

V době hydratace 7 a 28 dnů byla nejprve stanovena objemová hmotnost trámečků způsobem změření jeho stran a hmotnosti, poté následovalo normové stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku, viz ČSN EN 1015-11. K uvedeným zkouškám byly použity vždy tři zkušební trámečky.

Pro stanovení přídržnosti k podkladu byla malta nanášena na ovlhčenou betonovou desku rozměrů 200x200 mm ve vrstvě tloušťky 3 až 4 mm. Po 28 dnech hydratace byly do připravené zatvrdlé malty vyvrtány dvě zkušební kruhové plochy o průměru 50 mm tím způsobem, že byl podklad proříznut zhruba do hloubky 2 mm. Poté byly speciálním lepidlem přilepeny zkušební terče, a po vytvrzení lepidla provedeny odtrhy odtrhoměrem dle ČSN EN 1015-12.

Z aplikačních a pohledových vlastností byla sledována snadnost nanášení a zarovnání povrchu, doba zpracovatelnosti čerstvé malty a barevnost vzniklého povrchu.

## **2.4. Použité suroviny a přístroje**

### **2.4.1. Použité přístroje**

#### **2.4.1.1. Zkouška konzistence čerstvé malty**

Byla provedena pomocí střešovacího stolku dle ČSN EN 1015-3. viz obr. 1

Zkušební zařízení: střešovací stolek dle normy, kovový kužel o výšce  $60 \pm 0,5$  mm, vnitřním průměru  $100 \pm 0,05$  mm ve spodní části a vnitřním průměru  $70 \pm 0,5$  mm v horní části, dusadlo kruhového průřezu z nenasákavého materiálu o průměru cca 40 mm a délce cca 20 mm o hmotnosti  $0,250 \pm 0,015$ kg, měřidlo, viz obrázek 1. [23]

#### **2.4.1.2. Příprava vzorků**

Vzorky byly vytvořeny dle ČSN EN 13888-3.

Zkušební zařízení: laboratorní váhy viz obr. 2, normová míchačka a míchací nádoba, viz obr. 3, ocelové formy viz obr. 4.

#### **2.4.1.3. Stanovení objemové hmotnosti**

Objemová hmotnost byla stanovena jako poměr hmotnosti ku objemu jednotlivých vzorků.

Zkušební zařízení: laboratorní váhy viz obr. 2, posuvné měřidlo viz obr. 5

#### **2.4.1.4. Stanovení pevnosti v tahu a v tlaku**

Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku byla stanovena dle ČSN EN 12808-3 jako poměr síly působící na vzorek ku tlačné ploše v případě pevnosti v tlaku. Ta se stanovuje po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu.

Zkušební tělesa: normový lis viz obr. 6, přípravek pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu, přípravek pro stanovení pevnosti v tlaku

#### **2.4.1.5. Stanovení přídržnosti**

Přídržnost byla stanovena dle ČSN EN 1015-12

Zkušební zařízení: Zkušební terče viz obr. 7;8;9, normový odtrhoměr

### 2.4.1.6. Stanovení délkových změn

Zkušební zařízení: posuvné měřidlo viz obr. 5



Obrázek 1: Strásací stůl



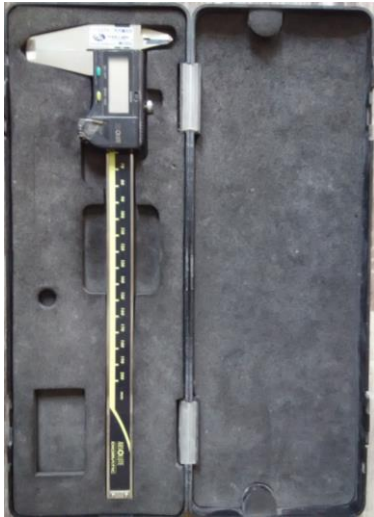
Obrázek 2: Laboratorní váhy



Obrázek 3: Normová míchačka



Obrázek 4: Ocelové formy



Obrázek 5: Posuvné měřidlo



Obrázek 6: Mechanický lis



Obrázek 7: Zkušební terče



Obrázek 8: Aplikace terčů



Obrázek 9: Zkušební terče po odzkoušení přídržnosti

## 2.4.2. Použité suroviny

V rámci experimentální části této bakalářské práce byly využity tyto suroviny:

- **Cement:** Třídy CEM I 52,5 N bílý jako pojivová složka. Výrobce CRH Slovensko a.s.
- **Vápencová moučka:** Omyacarb s označením 40 VA jako plnivo od výrobce Omya cz s.r.o
- **Křemičité písky:** Taktéž jako plnivo. Produkty společnosti Kerkosand značené SH 34 (pro vzorky s označením jemnozrný) a SH 32 (pro vzorky s označením hrubozrný). Zrnitosti SH 34 a SH 32 uvádí tabulka 5.

Tabulka 5: Zrnitostní podíly frakcí použitých křemičitých písků

Třída zrnitosti [mm]	SH 32 [%]	SH 34 [%]
0,71 – 1,0	2	
0,5 – 0,71	13	
0,355 – 0,5	35	2
0,25 – 0,355	35	22
0,18 – 0,25	13	54
0,125 – 0,18	2	20
0,063 – 0,125		2

- **Disperzní přísada:** Vinnapas v práškové formě sloužící k rovnoměrnému rozptýlu pevných částic ve směsi a tím ke zlepšení ohybových pevností a přidrženosti.
- **Retenční přísada:** Culminal v práškové formě sloužící pro zadržení vodních podílů v soustavě.
- **Hlinitanový cement:** Třídy CEM SCAR 71 jako součást rozpínací přísady v modifikovaných vzorcích.
- **Sádrovec:** PREGIPS jako součást rozpínací přísady v modifikovaných vzorcích. Výrobce Precheza a.s. [25]
- **Železitý pigment:** FEPREN OG975. Výrobce Precheza a.s. [25]

## 2.5. Vyhodnocení výsledků

### 2.5.1. Návrh složení vzorků

Složení vzorků spárovacích tmelů nemodifikovaných rozpínací přísadou uvádí tabulka 6 a vzorků modifikovaných rozpínací přísadou, složenou ze sádrovce a hlinitanového cementu, tabulka 7.

Tabulka 6: Receptury vzorků nemodifikovaných rozpínací přísadou

Složka	Označení vzorku		
	Referenční I [%]	Jemnozrný I [%]	Hrubozrný I [%]
Bílý portlandský cement	40	40	40
Vápenková moučka Omya	60		
Křemenný písek SH 34		60	
Křemenný písek SH 32			60
Disperzní přísada Vinnapas	0,06	0,06	0,06
Retenční přísada Culminal	0,01	0,01	0,01
Železitý pigment	0,3	0,3	0,3

Tabulka 7: Receptury vzorků modifikovaných rozpínací přísadou

Složka	Označení vzorku		
	Referenční II [%]	Jemnozrný II [%]	Hrubozrný II [%]
Bílý portlandský cement	40	40	40
Vápenková moučka Omya	60		
Křemenný písek SH 34		60	
Křemenný písek SH 32			60
Disperzní přísada Vinnapas	0,06	0,06	0,06
Retenční přísada Culminal	0,01	0,01	0,01
Hlinitanový cement	1,0	1,0	1,0
Sádrovec	2,9	2,9	2,9
Železitý pigment	0,3	0,3	0,3

V první sérii nemodifikovaných vzorků spočíval návrh úpravy základní receptury (vzorek referenční I) ve změně kvality plniva, konkrétně v substituci mletého vápence křemičitým pískem, a ve změně jeho granulometrie. Takto byly připraveny dva zkušební vzorky, a to vzorek jemnozrný I a vzorek hrubozrný I s plnivem na bázi křemičitého písku.

Druhá série vzorků se od první lišila modifikací směsi rozpínací přísadou, která byla sestavena z hlinitanového cementu a sádrovce. Dávkování obou složek bylo vzhledem ke shodné dávce cementu u všech tří modifikovaných vzorků stejné.

### 2.5.1. Základní technologické vlastnosti

Přehled výsledných hodnot sledovaných technologických vlastností vzorků spárovacích tmelů nemodifikovaných rozpínací přísadou je uveden v tabulce 8.

*Tabulka 8: Technologické vlastnosti vzorků nemodifikovaných rozpínací přísadou*

Sledovaná vlastnost	Označení vzorku		
	Referenční I	Jemnozrný I	Hrubozrný I
Konzistence [mm]	130	135	135
Vodní součinitel [-]	0,34	0,26	0,23
Pevnost v tlaku [MPa]			
7 dnů	9,0	10,7	12,9
28 dnů	11,1	13,3	16,1
Pevnost v tahu [MPa]			
7 dnů	2,4	3,0	3,6
28 dnů	3,4	4,5	5,5
Objemová hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]			
7 dnů	1630	1780	1830
28 dnů	1540	1650	1730
Přídržnost k podkladu [MPa]			
28 dnů	0,3	0,1	0,4

Z tabulky je zřejmé, že:

- Za podmínky dodržení konstantní konzistence se změna kvality a granulometrie plniva projevila v první řadě ve snížení množství záměsové vody, reprezentované hodnotou vodního součinitele. Při zhruba stejné granulometrii referenčního vzorku I a jemnozrného vzorku I došlo k výraznému snížení vodního součinitele již prostou záměnou vápence za křemičité plnivo, které se oproti vápenci vyznačuje zcela hladkým povrchem zrn, a tudíž podstatně nižší spotřebou vody smáčecí. Dalšího snížení množství záměsové vody bylo dosaženo změnou granulometrie křemičitého plniva ve prospěch hrubozrnějších částic
- V návaznosti na nižší spotřebu záměsové vody byly u vzorků s křemičitým pískem naměřeny vyšší pevnosti v tlaku i v tahu za ohybu. Přitom vzorek hrubozrnější vykázal ve shodě s nejnižším vodním součinitelem nejvyšší pevnosti, a to jak po sedmi, tak i po 28 dnech hydratace
- Ve shodě s vodním součinitelem byla i objemová hmotnost vzorků, která s jeho klesající hodnotou pravidelně vzrůstala. Současně bylo pozorováno, že při uložení vzorků v laboratorním prostředí došlo k jejich vysychání, což se projevilo mezi sedmým a 28. dnech hydratace zhruba 5% snížením objemové hmotnosti
- Zkouška přídržnosti k podkladu byla ovlivněna subjektivní chybou při přípravě vzorku jemnozrného I. Ze srovnání vzorku referenčního I a hrubozrného vzorku I však lze dedukovat, že vzhledem ke stejnému dávkování adhezní přísady Vinnapas bude přídržnost všech vzorků přibližně stejná, event. v návaznosti na nižší podíl záměsové vody a rostoucí pevnosti nepatrně vyšší u vzorku hrubozrného.

Výsledné hodnoty sledovaných technologických vlastností vzorků spárovacích tmelů modifikovaných rozpínací přísadou uvádí tabulka 9.

Tabulka 9: Technologické vlastnosti vzorků modifikovaných rozpínací přísadou

Sledovaná vlastnost	Označení vzorku		
	Referenční II	Jemnozrný II	Hrubozrný II
Konzistence [mm]	130	135	135
Vodní součinitel [-]	0,34	0,26	0,23
Pevnost v tlaku [MPa]			
7 dnů	11,1	20,0	22,7
Pevnost v tahu [MPa]			
7 dnů	2,7	2,7	3,6
Objemová hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]			
7 dnů	1650	1790	1820

Z výše uvedených hodnot je zřejmé, že:

- Při zachování stejných hodnot vodního součinitele jako u obdobných vzorků nemodifikovaných rozpínací přísadou byly zde stanoveny podstatně vyšší tlakové pevnosti, přičemž pevnosti v tahu za ohybu zůstaly přibližně stejné. Možné vysvětlení spočívá ve zvýšené tvorbě ettringitu, vzniklého v důsledku hydratační reakce sádrovce s hlinitanovým cementem, tím ke snížené pórovitosti vzorků a následném nárůstu tlakové pevnosti.
- Jelikož jediný rozdíl mezi složením vzorků nemodifikovaných a modifikovaných spočíval v přidavku rozpínací přísady a jelikož i vodní součinitel odpovídajících si vzorků v obou sériích byl stejný, byly i objemové hmotnosti vzorků modifikovaných rozpínací přísadou prakticky stejné jako odpovídajících vzorků přísadou nemodifikovaných.

### 2.5.2. Délkové smrštění

Přehled o délkovém smrštění vzorků spárovacích tmelů nemodifikovaných rozpínací přísadou uvádí tabulka 10.

Tabulka 10: Délkové smrštění vzorků nemodifikovaných rozpínací přísadou

Doba hydratace [den]	Délkové smrštění [%]		
	Referenční I	Jemnozrný I	Hrubozrný I
1	0,01	0,00	0,00
2	0,02	0,03	0,00
5	0,05	0,05	0,02
7	0,08	0,08	0,03
8	0,12	0,11	0,05
14	0,16	0,13	0,08
15	0,17	0,14	0,09
16	0,17	0,15	0,10
21	0,18	0,17	0,11
23	0,22	0,21	0,14
26	0,22	0,21	0,14
29	0,22	0,21	0,14

- Z výše uvedených hodnot je zřejmé, že oproti referenčnímu vzorku I se docílilo určitého snížení délkového smrštění již pouhou záměnou vápencového plniva za plnivo křemičité, a tudíž, jak výše uvedeno, snížením hodnoty vodního součinitele. Podstatné snížení délkového smrštění pak nastalo v důsledku změny granulometrie křemičitého plniva z jemnozrného na hrubozrné, a to rovněž v důsledku snížení vodního součinitele, který byl u hrubozrného vzorku nejnižší.

Délkové smrštění vzorků spárovacích tmelů modifikovaných rozpínací přísadou uvádí tabulka 11.

Tabulka 11: Délkové smrštění vzorků modifikovaných rozpínací přísadou

Doba hydratace [den]	Délkové smrštění [%]		
	Referenční II	Jemnozrný II	Hrubozrný I
1	0,00	0,00	0,00
3	0,06	0,05	0,04
4	0,06	0,06	0,04
5	0,09	0,08	0,05
6	0,11	0,08	0,05
7	0,12	0,09	0,05
10	0,15	0,10	0,06
11	0,16	0,11	0,07
12	0,16	0,11	0,07

- Z hodnot uváděných v tabulce 11 je patrný obdobný trend jako u směsi nemodifikované rozpínací přísadou ve smyslu menšího délkového smrštění u vzorků s křemičitým plnivem. Počáteční dynamičtější nárůst byl ovlivněn změnami podmínkami uložení, které zapříčinily rychlejší vysychání vzorků, a tedy i rychlejší smršťování. Jak je však z tabulky zřejmé, od doby hydratace 10 dnů se již vzorky prakticky nesmršťovaly, a lze proto očekávat, že i konečné smrštění bude poněkud menší než vzorků nemodifikovaných.

### **2.5.3. Aplikační a pohledové vlastnosti**

Z aplikačních vlastností byla sledována doba zpracovatelnosti, snadnost nanášení a úpravy povrchu čerstvé malty.

Bylo shledáno, že doba zpracovatelnosti čerstvé malty je u všech vzorků nemodifikovaných i modifikovaných delší než 60 minut, a tedy pro daný účel dostatečně dlouhá. Co se týče snadnosti nanášení a úpravy povrchu, proběhla tato aplikace zcela bez problémů u nemodifikovaných i modifikovaných vzorků jemnozrnných s vápencovým i křemičitým plnivem, poněkud nesnadnější bylo pouze závěrečné dokonalé uhlazení povrchu u obou vzorků s hrubozrnným křemičitým plnivem.

Z pohledových vlastností byla sledována barevnost spárovacích tmelů. Bylo zjištěno, že při shodné dávce pigmentu byla barva nemodifikovaného i modifikovaného referenčního vzorku s vápencovým plnivem nejméně sytá, odstín lze hodnotit jako pastelový. Záměnou tohoto plniva za jemnozrnný křemičitý písek nabyl nemodifikovaný i modifikovaný spárovací tmel poněkud sytějšího barevného odstínu. Nejsytější barevný odstín byl pozorován při použití hrubozrnného křemičitého plniva, a to jak u vzorku nemodifikovaného i modifikovaného rozpínací přísadou, viz obr. 10.



Obrázek 10: Sytost pigmentu jednotlivých směsí (zleva hrubozrnný, jemnozrnný, referenční)

## 2.6. Diskuze výsledků

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat:

- Záměna vápencového plniva spárovacího tmelu za plnivo křemičité, jakož i úprava jeho granulometrického složení, se projevila ve všech směrech sledovaných vlastností.
- Použitím křemičitého plniva namísto plniva vápencového přibližně stejné granulometrie došlo při zachování stejné konzistence čerstvé malty ke snížení potřebného množství záměsové vody. Další snížení záměsové vody při zachování konstantní konzistence nastalo záměnou jemnozrnného křemičitého plniva za křemičité plnivo hrubozrnné.
- Změna charakteru plniva a jeho granulometrie způsobila zvýšení objemové hmotnosti ve vztahu ke vzorku referenčnímu s vápencovým plnivem. Nejvyšší objemovou hmotnost vykázal vzorek spárovacího tmelu s křemičítým hrubozrnným plnivem, opačně nejnižší objemová hmotnost byla stanovena pro vzorek referenčního spárovacího tmelu s vápencovým plnivem. S ohledem na změnu objemové hmotnosti ve vztahu k době uložení lze konstatovat, že při expozici vzorků v laboratorním prostředí došlo po 28 dnech hydratace vlivem vysychání ke snížení objemové hmotnosti všech vzorků, a to v průměru o 5 %.
- U pevnosti v tahu za ohybu i pevnosti v tlaku se stejně jako u objemové hmotnosti projevila změna potřebného množství záměsové vody, daná změnou plniva a jeho granulometrie. Lze konstatovat, že nejvyšší pevnosti byly stanoveny pro vzorky s nejnižším vodním součinitelem, konkrétně

oba vzorky s hrubozrnným křemičitým plnivem. Naopak nejnižší pevnost poskytly oba referenční vzorky s vápencovým plnivem, které se vyznačovaly nejvyšší hodnotou vodního součinitele. U série vzorků modifikovaných rozpínací přísadou byl pozorován značný nárůst sedmidenních tlakových pevností ve vztahu ke vzorkům nemodifikovaným, nikoli však pevností tahových. Lze se domnívat, že tento nárůst byl vyvolán zvýšenou tvorbou ettringitu, vzniklého přidáním rozpínací přísady, která vyvolala jakési utěsnění vzorku, a tudíž i nárůst tlakové pevnosti.

- U série vzorků nemodifikovaných i modifikovaných rozpínací přísadou byl potvrzen příznivý vliv záměny plniva a jeho granulometrie na eliminaci délkových změn. Vlivem provedené úpravy došlo ke snížení vodního součinitele a tím i k výraznému snížení délkových změn spárovacího tmelu s hrubozrnným křemičitým plnivem. Při použití jemnozrnného křemičitého plniva byl uvedený efekt rovněž zřejmý, ale podstatně méně výrazný. U vzorků modifikovaných rozpínací přísadou, kde byl popsán vliv substituce plniva obdobný, došlo v důsledku intenzivního větrání prostoru ke změně laboratorních podmínek, což způsobilo rychlejší vysychání vzorků a následně jejich rychlejší smršťování. Očekává se však, že konečné smrštění modifikovaných vzorků bude v souladu s téměř konstantními hodnotami délkového smrštění od 10 dnů hydratace dále poněkud menší než u vzorků touto přísadou nemodifikovaných.
- Co se týče aplikačních vlastností, byly prakticky stejné jako u referenčního vzorku spárovacího tmelu. Pouze u vzorku hrubozrnného tmelu se poněkud znesnadnila finální úprava hladkého povrchu. Barevnost všech vzorků byla stejná, lišila se pouze sytostí barevného odstínu. Nejsytější odstín byl zaznamenán u obou vzorků s křemičitým hrubozrnným plnivem, naopak nejméně sytý, prakticky pastelový odstín, vykazaly oba vzorky s referenčním vápencovým plnivem.

## 2.7. Závěr

V souladu se zadáním byla v bakalářské práci studována možnost zlepšení objemové stálosti tmelů pro spárování velkorozměrových keramických obkladů a dlažeb.

Pro tento účel byla navržena záměna nyní používaného vápencového plniva za plnivo křemičité a zároveň úprava jeho granulometrie směrem do hrubozrnnějších podílů. V závěru práce byla pro další zlepšení objemové stálosti navržena navíc i modifikace spárovacího tmelu rozpínací přísadou na bázi směsi hlinitanového cementu se sádrovcem.

Lze konstatovat, že navržené úpravy, spočívající ve změně druhu plniva a jeho granulometrie, napomohly výraznému zlepšení objemové stálosti a vedle toho i zlepšení dalších technologických vlastností, zejména pevností. Proto i použití rozpínací přísady u takto upravených spárovacích tmelů již není nutné.

Zajímavým efektem byla mimo jiné i větší sytost barevného odstínu spárovacích tmelů s křemičitým plnivem, zejména tmelu hrubozrnného. Tato skutečnost v konečném důsledku umožní při zachování požadované barvy snížit dávku použitého pigmentu, a tím i zlepšit ekonomickou efektivitu výroby spárovacích tmelů. Cena některých anorganických pigmentů, zejména žlutého, modrého a zeleného, totiž přesahuje i částku 200 Kč/ kg, a stává se tak jednou z nejdražších nákladových položek. Ke zlepšení cenové bilance nepatrně přispěje i záměna vápencového plniva za plnivo křemičité, neboť cena křemičitých písků je o 200 až 400 Kč/t nižší než cena současně používané vápencové moučky.

Závěrem lze konstatovat, že provedený vývoj spárovacího tmelu na bázi křemičitého plniva, a to zejména hrubozrnného, byl úspěšný jak z hlediska výrazného zlepšení technologických vlastností, tak i z hlediska ekonomické efektivity výroby.

## Seznam použité literatury

- [1] ADÁMEK, Jiří, Jan KOUKAL a Bohumil NOVOTNÝ. *Stavební materiály*. Brno: CERM, 1997, 205 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0631-3.
- [2] Markéta VILÍMKOVÁ, *Trocha historie výroby obkladů a dlažeb*. [online]. [citace 2018-05-21]. Dostupné z: [https://www.obkladyvilimek.cz/download/clanky\\_cs/1476275741\\_cs\\_historie-vyroby-obkladu-a-dlazeb.pdf](https://www.obkladyvilimek.cz/download/clanky_cs/1476275741_cs_historie-vyroby-obkladu-a-dlazeb.pdf)
- [3] ŠOFFR, Václav. *Lepidla a tmely pro kladení obkladového materiálů*. Praha: Silikátová společnost České republiky, 2000. ISBN 80-02-01337-9.
- [4] BUREŠ, Martin. *Technologie suchých silikátových hmot*. Praha: Silikátový svaz, 2013. ISBN 978-80-86821-70-2.
- [5] SOKOLÁŘ, Radomír. *Technologie obklád[á]ní*. I, Příprava a provádění podkladu. 2. vyd. Praha: Silikátový svaz, 2009. ISBN 978-80-86821-51-1.
- [6] SOKOLÁŘ, Radomír. *Technologie obklád[á]ní*. II, Obkládání v interiéru. 2. vyd. Praha: Silikátový svaz, 2009. ISBN 978-80-86821-52-8.
- [7] SOKOLÁŘ, Radomír. *Technologie obklád[á]ní*. III, Obkládání v exteriéru. 2. vyd. Praha: Silikátový svaz, 2009. ISBN 978-80-86821-53-5.
- [8] MUSIL, Adolf a Jiří PEJCHAL. *Spárové těsnicí tmely ve stavebnictví*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985. Knižnice technických aktualit. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:943a2500-49bb-11e7-aac4-005056827e51>
- [9] ČSN EN 14411 ed. 3 (725109) *A Keramické obkladové prvky - Definice, klasifikace, charakteristiky, posuzování shody a označování*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [10] ČSN EN 998-1 ed. 3 (722401) *A Specifikace malt pro zdivo. Část 1, Malta pro vnitřní a vnější omítky = Specification for mortar for masonry. Part 1, Rendering and plastering mortar*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>

- [11] ČSN EN 12004+A1 (722469) A Lepidla pro obkladové prvky - Požadavky, posuzování shody, klasifikace a označování. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [12] ČSN EN 12004-2 (722469) A Lepidla pro obkladové prvky. Část 2, Zkušební metody = Adhesives for ceramic tiles. Part 2, Test methods. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [13] LACH, Vladimír. *Keramika*. 3. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1992. Učební texty vysokých škol. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:67c14c20-6eea-11e2-b1d4-005056827e51>
- [14] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1.
- [15] BENDA, Jan. *Keramické obklady a dlažby: [rady pro spokojené bydlení]*. Hradec Králové: Paradise Studio, 2002. ISBN 80-238-9138-3.
- [16] SOKOLÁŘ, Radomír. *Materiály pro obkladače*. Praha: Silikátový svaz, 2004. Učebnice pro učební obor obkladač a zedník. ISBN 80-86821-05-6. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:7c1ee580-4fea-11e6-ab2f-005056827e52>
- [17] LITOŠ, Jiří. *Objemové změny cementových past ve fázi tuhnutí*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04700-2.
- [18] ČSN 74 4505 (744505) A Podlahy - Společná ustanovení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [19] ČSN EN 13888 (722471) A Spárovací malty a lepidla pro keramické obkladové prvky - Požadavky, hodnocení shody, třídění a označování. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>

- [20] Technické listy společnosti Krkonošské vápenky Kunčice, a.s. [online]  
Dostupné z: <https://www.kvk.cz/>
- [21] Technické listy společnosti Den Braven Czech and Slovak, a.s. [online]  
Dostupné z: <https://www.denbraven.cz/>
- [22] Technické listy společnosti LB Cemix, s.r.o. [online] Dostupné z:  
<https://www.cemix.cz/>
- [23] Malty – zkoušky zatvrdlých malt [online]. [citace 2018-05-21]. Dostupné z:  
[http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=malty\\_zk\\_tvrde](http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=malty_zk_tvrde)
- [24] ČSN EN 1015-3 (722400) A Zkušební metody malt pro zdivo. Část 3, Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím střešacího stolku) = Methods of test for mortar for masonry. Part 3, Determination of consistence of fresh mortar (by flow table). Praha: Český normalizační institut, 2000. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [25] Technické listy společnosti Precheza a.s. [online] Dostupné z:  
<https://www.precheza.cz/>
- [26] Technická dokumentace společnosti Kerkosand s.r.o. [online] Dostupná z:  
<https://www.kerkosand.sk/>

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Rozdělení keramických obkladových prvků dle ČSN EN 14411 [9]	12
Tabulka 2: Zatřídění lepicích hmot dle ČSN EN 12004+A1 [11]	19
Tabulka 3: Rozdělení spárovacích hmot dle ČSN EN 13888 [19]	23
Tabulka 4: Souhrnný přehled analyzovaných produktů [20; 21; 22]	27
Tabulka 5: Zrnitostní podíly frakcí použitých křemičitých písků	39
Tabulka 6: Receptury vzorků nemodifikovaných rozpínací přísadou	40
Tabulka 7: Receptury vzorků modifikovaných rozpínací přísadou	40
Tabulka 8: Technologické vlastnosti vzorků nemodifikovaných rozpínací přísadou	41
Tabulka 9: Technologické vlastnosti vzorků modifikovaných rozpínací přísadou	43
Tabulka 10: Délkové smrštění vzorků nemodifikovaných rozpínací přísadou ..	44
Tabulka 11: Délkové smrštění vzorků modifikovaných rozpínací přísadou .....	44

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Střásací stůl.....	37
Obrázek 2: Laboratorní váhy.....	37
Obrázek 3: Normová míchačka.....	37
Obrázek 4: Ocelové formy.....	37
Obrázek 5: Posuvné měřidlo.....	38
Obrázek 6: Mechanický lis.....	38
Obrázek 7: Zkušební terče.....	38
Obrázek 8: Aplikace terčů.....	38
Obrázek 9: Zkušební terče po odzkoušení přídržnosti.....	38
Obrázek 10: Sytost pigmentu jednotlivých směsí (zleva hrubozrný, jemnozrný, referenční).....	46