



**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

**OŠETŘENÍ POVRCHU PRO ZLEPŠENÍ  
ODOLNOSTI DESKOVÝCH MATERIÁLŮ  
S CEMENTOVOU MATRICÍ A ORGANICKÝM  
PLNIVEM**

SURFACE TREATMENT FOR RESISTANCE IMPROVE OF BOARD MATERIALS WITH  
CEMENT MATRIX AND AN ORGANIC FILLER

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Ondřej Zrza**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. JIŘÍ BYDŽOVSKÝ, CSc.**

**BRNO 2017**



# 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	3607T020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Ondřej Zrza
Název	Ošetření povrchu pro zlepšení odolnosti deskových materiálů s cementovou maticí a organickým plnivem
Vedoucí práce	doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

---

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

---

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

## PODKLADY A LITERATURA

Tracton, A., A. Coatings materials and surface coatings, CRC Press, November 2006, 528 p. ISBN 978-1-4200-4404-1.

Kalendová, A., Kalenda, P. Technologie povrchových úprav: Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot. 1. vyd. Pardubice, Univerzita Pardubice, 2004. 328 s.

ČSN EN 634-2 Cementotřískové desky – Specifikace – Část 2: Požadavky na třískové desky pojené portlandským cementem pro použití v suchém, vlhkém a venkovním prostředí

ČSN EN ISO 11997-2 Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti při cyklických korozních zkouškách - Část 2: Solná mlha/sucho/vlhkost/UV záření

ČSN EN 1328 Cementotřískové desky - Stanovení odolnosti proti mrazu

ČSN EN ISO 2409 Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška

[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Úprava povrchu cementotřískových desek je poměrně aktuální téma. Producenti těchto desek totiž prozatím nenabízí variantu se strukturovaným povrchem a současně zvýšenou odolností vůči extrémním vlivům. Cílem práce je tedy návrh vhodných typů ošetření povrchu cementotřískových desek tak, aby byla zajištěna jejich vysoká odolnost v různých typech nepříznivého prostředí.

Nejprve je třeba provést průzkum a aktualizaci poznatků v teoretické rovině. Záměrem bude v této fázi především souhrn a zhodnocení informací z odborné literatury, týkající se povrchových úprav a jejich trvanlivosti v různých nepříznivých prostředích – UV, nízké teploty, chemicky agresivní média atd. Po vyhodnocení teoretických poznatků budou ve spolupráci s tuzemským výrobcem cementotřískových desek navrženy varianty povrchových úprav. Dále bude třeba s ohledem na užití desek v reálných konstrukcích provést selekci typických zástupců nepříznivých prostředí vč. intenzity a délky jejich působení.

Navržené povrchové úpravy budou testovány přímo na zkušebních tělesech cementotřískových desek exponovaných ve vybraných prostředích, tj. pomocí akcelerovaných zkoušek trvanlivosti. Při laboratorním testování bude posuzováno vizuální hledisko (změny odstínu, struktury povrchu, vznik případných poruch ap.) a dále i základní parametry povrchových úprav (soudržnost, tloušťka, přídržnost atd.). U vybraných typů povrchových úprav a prostředí bude využito i mikrostrukturních metod. V poslední fázi budou vybrány vhodné varianty povrchových úprav.

## STRUKTURA 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. Jiří Bydžovský, CSc.

Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Jako všechny materiály používané pro venkovní konstrukce, i cementotřískové desky podléhají povětrnostním vlivům, jako je mráz, chemické rozmrazovací látky, chemikálie (např. sírany) nebo UV paprsky. Degradace těmito vlivy je mírně zvýšená organickou bází cementotřískových desek. Zvýšenou náchylnost lze do jisté míry eliminovat vhodnou povrchovou úpravou, která omezuje přímé působení agresivních vlivů na desku a přispívá k její delší životnosti. V diplomové práci jsou v rámci teoretické části rozebrány negativní vlivy, působící na povrchové úpravy. V části praktické je pak proveden návrh konkrétních povrchových úprav pro cementotřískové desky. Dále bylo realizováno zkoušení a následné srovnání mechanických i estetických vlastností různých typů nátěrů včetně spektrofotometrického analyzování změn barevného odstínu pro jednotlivá nepříznivá prostředí.

## **Klíčová slova**

Cementotřísková deska, povrchová úprava, nátěr, povětrnostní vlivy, vlnová délka, elektromagnetické vlnění, viditelné spektrum, barevný odstín, odchylka, degradace.

## **Abstrakt**

As all materials used for exterior construction, cement-bonded particleboards also subject to climatic effects, such as frost, chemicals (eg. sulphates) or UV rays. Degradation of these effects is slightly increased by organic base. Increased susceptibility can be eliminated by an effective coating, which reduces direct contact with aggressive influences on the board and provides longer durability. Theoretical part of this thesis analyzes different types of negative influences and their effect on durability. Practical part contains selection of specific types of coating and assessment of their mechanical and aesthetic properties including spectrophotometric analysis of color change for each degradation effect.

## **Key words**

Cement-bonded particleboards, coating, weather conditions, color change, wavelength, visible spectrum, degradation, electromagnetic waves, deviation.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Ondřej Zrza *Ošetření povrchu pro zlepšení odolnosti deskových materiálů s cementovou maticí a organickým plnivem*. Brno, 2016. 97 s., 10 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ**

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

V Brně dne 12. 1. 2017

---

Bc. Ondřej Zrza  
autor práce

## **Poděkování**

Tato diplomová práce byla zpracována s využitím infrastruktury Centra AdMaS. Rád bych tímto poděkoval Ing. Tomáši Melicharovi, Ph.D. jakožto konzultantovi mé práce a zároveň také vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Bydžovskému, CSc. Poděkování je především za odborné vedení, které mi při vypracování poskytnuli, a také za pomoc při provádění většiny laboratorních zkoušek.

V Brně dne 12. 1. 2017

.....

Bc. Ondřej Zrza

## Obsah

1	ÚVOD.....	11
2	CÍL PRÁCE .....	11
3	CEMENTOTŘÍSKOVÉ DESKY .....	12
3.1	SUROVINY .....	12
3.1.1	Plnivo.....	13
3.1.2	Pojivo.....	13
3.1.3	Voda .....	14
3.1.4	Chemické látky .....	14
3.2	VÝROBA .....	14
4	NÁTĚROVÉ HMOTY .....	16
4.1	SLOŽENÍ.....	16
4.1.1	Filmotvorné látky .....	17
4.1.2	Pigmenty .....	17
4.1.3	Plniva.....	17
4.1.4	Těkavé složky.....	17
4.1.5	Ostatní přísady .....	17
4.2	BĚŽNĚ POUŽÍVANÉ NÁTĚROVÉ HMOTY .....	18
4.2.1	Vodou ředitelné nátěrové hmoty.....	18
4.3	SPECIÁLNÍ NÁTĚROVÉ HMOTY.....	19
4.3.1	Fluorované hybridní polykarbonátové povlaky na bázi oxidu zirkoničitého .....	19
4.3.2	UV tvrditelné vodou ředitelné nátěrové hmoty s přidáním celulósových nanokrystalů .....	20
4.4	NANÁŠENÍ NÁTĚROVÝCH HMOT .....	20
4.4.1	Navalování .....	21
4.4.2	Stříkání .....	21
5	ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM.....	22
5.1	INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ.....	24
5.2	VIDITELNÉ ZÁŘENÍ .....	24
5.2.1	Odraz světla .....	25
5.2.2	Míchání barev.....	26
5.2.3	Měření barevnosti.....	27

5.3	REFLEXNÍ SPEKTROFOTOMETR .....	27
5.3.1	Standardní barevný prostor CIELAB .....	28
5.4	ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ .....	30
6	DEGRADACE MATERIÁLU .....	30
6.1	VYBRANÉ DRUHY DEGRADACE .....	31
6.1.1	Degradace cementového tmele vlivem chloridů .....	31
6.1.2	Degradace cementového tmele vlivem síranů .....	32
6.1.3	Degradace dřeva vlivem UV záření .....	32
6.1.4	Degradace nátěru vlivem vlhkosti .....	33
6.1.5	Degradace nátěru vlivem UV záření .....	34
6.1.6	Degradace nátěru vlivem prachových částic .....	35
6.1.7	Degradace a změny barevného odstínu vlivem UV záření a povětrnosti .....	35
7	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	37
8	METODIKA PRÁCE .....	37
9	POUŽITÉ ZKUŠEBNÍ POSTUPY .....	41
9.1	EXPOZIČNÍ PROSTŘEDÍ .....	41
9.1.1	Stanovení odolnosti proti mrazu .....	41
9.1.2	Stanovení odolnosti proti mrazu a chemických rozmrazovacích látek .....	42
9.1.3	Stanovení odolnosti proti UV záření .....	42
9.1.4	Stanovení odolnosti proti síranům .....	42
9.2	POUŽITÉ METODY PRO OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ .....	43
9.2.1	Stanovení přilnavosti odtrhovou zkouškou .....	43
9.2.2	Mřížková zkouška .....	43
9.2.3	Stanovení změny barevného odstínu .....	44
9.2.4	Stanovení odolnosti proti vrypu .....	44
9.2.5	Stanovení odolnosti proti rychlé deformaci dynamickým zatížením .....	45
9.2.6	Stanovení tloušťky nátěru .....	46
10	VÝSLEKY ZKOUŠEK .....	46
10.1	VIZUÁLNÍ HODNOCENÍ .....	46
10.2	PŘILNAVOST NÁTĚRŮ .....	53
10.3	ODDĚLENÍ NÁTĚRU OD PODKLADU .....	62

10.4	ODOLNOST PROTI VRYPU .....	66
10.5	TLOUŠŤKA NÁTĚRU .....	69
10.6	ODOLNOSTI VŮČI DYNAMICKÉMU ZATÍŽENÍ .....	74
10.7	ZMĚNY BAREVNÉHO ODSTÍNU.....	80
10.8	SHRnutí VÝSLEDKŮ.....	85
10.8.1	Vizuální hodnocení.....	85
10.8.2	Přilnavost nátěru .....	86
10.8.3	Mřížková zkouška .....	86
10.8.4	Odolnost proti vrypu .....	87
10.8.5	Tloušťka nátěru .....	87
10.8.6	Odolnost proti dynamickému zatížení .....	87
10.8.7	Změna barevného odstínu .....	88
11	ZÁVĚR .....	88
12	SEZNAMY .....	90
12.1	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	90
12.2	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	94
12.3	SEZNAM TABULEK .....	96

# 1 ÚVOD

Kompozitní materiály na bázi dřeva, mezi které patří i cementotřísková deska, zaznamenaly v průběhu dvacátého století prudký rozvoj a v dnešní době jsou již důležitou součástí trhu stavebních materiálů. Velká výhoda tohoto materiálu je možnost obnovy dřevěné báze, relativně nízká energetická náročnost při výrobě, a také snížení nároků na dopravu z důvodu možnosti např. produkovat výchozí surovinu v blízkosti odběratele.

V dnešní době však k úspěchu výše uvedené vlastnosti nestačí. Vysoká konkurence na trhu stavebních materiálů klade čím dál tím vyšší požadavky na kvalitu a odolnost materiálů používaných v exteriéru. Jedná se především o mechanické vlastnosti materiálu, stabilitu, odolnost proti nepříznivým atmosférickým vlivům, nízkou cenu a samozřejmě také estetické vlastnosti výrobku. Pro dosažení co nejlepších vlastností se začaly rozvíjet různé druhy povrchových úprav, jejichž cílem bylo zvýšit odolnost materiálu proti mechanickému opotřebení, všem druhům nepříznivých vlivů, prodloužit životnost a zlepšit vzhled a atraktivitu.

V současné době však neexistuje strukturovaný nátěr, který by byl vyvinut výhradně pro úpravu cementotřískových desek, a zajišťoval výrazné zlepšení jejich vlastností jako je například rezistence vůči agresivním mediím v kombinaci s povětrnostními vlivy. Z tohoto důvodu je rozvíjen výzkum zahrnující kombinace složení barev, volbu vhodné materiálové báze a její množství ale také vhodný postup aplikace jednotlivých vrstev.

## 2 CÍL PRÁCE

Práce se zaměřuje na porovnání a vyhodnocení potencionálně vhodných nátěrových systémů cementotřískových desek, zejména jejich mechanickou odolnost a estetické vlastnosti po působení nepříznivých vlivů.

Cílem teoretické části bude zjištění a specifikace různých typů povrchových úprav s ohledem na jejich chemickou bázi, účel použití a vhodný způsob nanesení. Rovněž bude třeba specifikovat vlivy, které způsobují degradaci jak cementotřískové desky, tak samotného nátěru. Tato specifikace v teoretické

části bude podstatná zejména pro výběr materiálové báze povrchových úprav a typů agresivních prostředí.

Záměrem experimentální části práce bude studium vlivu navržených nátěrových hmot pro cementotřískové desky exponované v nepříznivém klimatickém a chemicky agresivním prostředí, jež simuluje reálné externí vlivy, kterým desky musí odolávat. Ověření bude provedeno stanovením základních mechanických a estetických vlastností nátěru před a po expozici zkušebních těles. Pro objektivní posouzení vhodnosti konkrétní povrchové úpravy bude také třeba využít komplexní soubor metod, jež zohlední jak základní parametry, tak estetické hledisko, čímž umožní zjištění případných podstatných souvislostí pro řízenou optimalizaci povrchových úprav.

### **3 CEMENTOTŘÍSKOVÉ DESKY**

Cementotřísková deska je dle ČSN EN 633 definována jako deska vyrobená lisováním částic na bázi dřeva nebo jiných rostlinných částic, které jsou pojeny běžným portlandským cementem nebo cementy na bázi hořčíku s možnými přísadami.

Hlavní výhody tohoto materiálu jsou protipožární odolnost, dobré fyzikálně-mechanické vlastnosti, odolnost proti hmyzu, plísním a do jisté míry také mrazuvzdornost a odolnost proti chemickým rozmrazovacím látkám. Díky těmto výhodám, je cementotřísková deska ideálním materiálem při použití pro podlahové systémy, odvětrané fasády, půdní vestavby, střešní nadstavby, příčky, protipožární aplikace aj. [1]

#### **3.1 SUROVINY**

Dvě základní složky materiálu jsou patrné přímo z názvu desek. Částicové plnivo na organické bázi a cementová matrice zajišťující pevnost a soudržnost. Třetí hlavní složkou pro výrobu desek je voda, která slouží pro lepší promísení jednotlivých složek a samozřejmě také hydrataci cementové matrice. Na specifické vlastnosti materiálu mají velký vliv také modifikující přísady, jako jsou sodné vodní sklo a síran hlinitý. [2]

### 3.1.1 Plnivo

Plnivo cementotřískových desek je pouze organické, tvořené dřevěnými třískami různé délky. Třísky se dělí dle velikosti do dvou frakcí – hrubou (pro zajištění vylehčeného středu desky) a jemnou (pro jemný a hladký povrch desky). Délka třísek hrubé frakce se pohybuje okolo 15 – 20 mm s šířkou 0,25 – 0,3 mm. Jemná frakce obsahuje třísky dlouhé 10 – 15 mm s šířkou 0,2 – 0,25 mm.

Dřevo má velmi dobrý poměr objemové hmotnosti ku jeho pevnosti v tahu a také v tlaku. Má výborné izolační schopnosti, jeho úprava není příliš energeticky náročná a má příznivý vliv na životní prostředí.

Hlavní nevýhody dřeva jsou nehomogenita způsobená různorodostí struktury, nasákavost a s ní spojené objemové změny, anizotropie dřeva (nestejnorodost dřeva v různých směrech vláken).

V moderním stavebnictví je snaha skloubit výhody a minimalizovat nebo vyloučit nevýhody dřeva. Cementotřísková deska je typickým příkladem takového materiálu. Nehomogenita a anizotropie je vyloučena úpravou dřevního materiálu na drobné třísky a jejich následnému spojení pomocí cementového pojiva. Nasákavost desek je do jisté míry omezena použitím cementového tmele.

Pro výrobu cementotřískových desek se nejběžněji používá smrkové dřevo z důvodu nízkého obsahu celulózy. [3]

### 3.1.2 Pojivo

Jako pojivo cementotřískových desek používáme látky, které po smíchání s vodou tvoří tuhý celek. Pojivá látka tvoří hlavní nosný prvek desky. Výslednou pevnost lze do jisté míry ovlivňovat množstvím a pevnostní třídou použitého pojiva.

Nejčastěji používaným pojivem pro výrobu cementotřískových desek je portlandský cement CEM I 42,5. Tento druh cementu se používá především pro jeho rychlý nárůst pevnosti, dobrou finální pevnost a přijatelnou cenu. Některé látky obsažené v dřevní hmotě (třísloviny, polysacharidy, lignin) však mohou

výrazně zpomalovat tvrdnutí cementu a snižovat jeho pevnost. Tento problém lze řešit různými způsoby nejčastěji však mineralizací dřevěných částic. K mineralizaci lze použít samotný portlandský cement. V dnešní době byl však cement nahrazen jinými mineralizačními látkami, jako jsou chlorid vápenný nebo síran hlinitý. [5]

Problémy s inhibicí tvrdnutí odpadají také při použití hořčnatého pojiva. Desky s tímto pojivem však nejsou odolné proti vlhkosti, a proto je lze bez další ochrany použít pouze v interiéru. [4]

### **3.1.3 Voda**

Kvalita vody významně ovlivňuje výsledné vlastnosti cementotřískových desek. Jakost záměsové vody může ovlivnit dobu tuhnutí a vývoj pevnosti materiálu. Ve vodě by měla být omezena koncentrace látek, které zabraňují hydrataci cementu a tím snižují výsledné pevnostní parametry cementové matrice. Pitná voda je považována jako ideální pro výrobu stavebních materiálů na bázi cementu. Při splnění stanovených podmínek lze použít také voda recyklovaná.

### **3.1.4 Chemické látky**

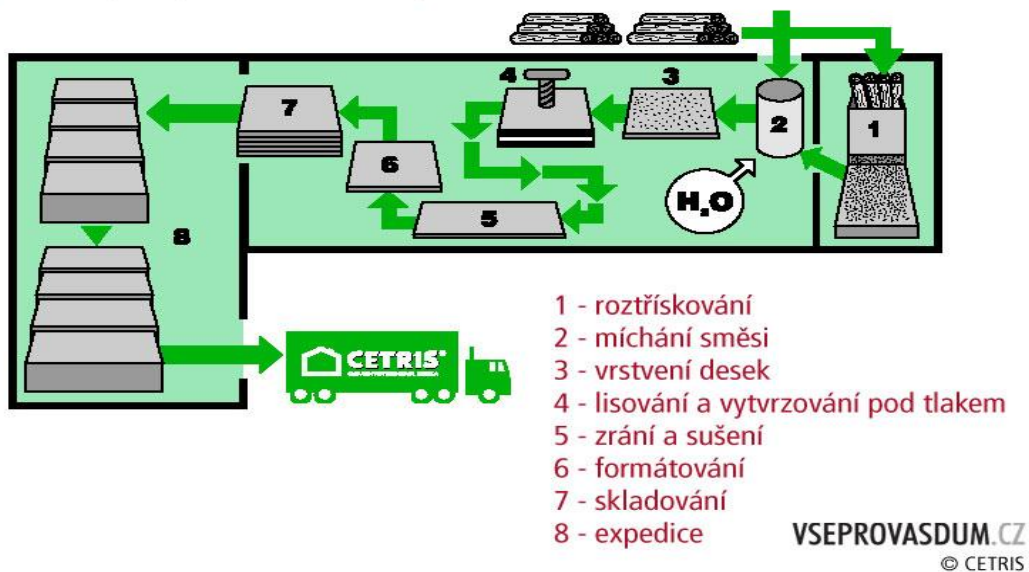
*Vodní sklo* – tuhá tavenina alkalických křemičitanů nebo vodný roztok těchto tavenin. Ve stavebnictví se používá převážně k urychlení tuhnutí cementové matrice, ale také k mineralizaci organických plniv, což vede ke zlepšení protipožárních vlastností.

*Síran hlinitý* – anorganická sloučenina, hlinitá sůl kyseliny sírové. Ve stavebnictví se využívá především k urychlení dosažení manipulační pevnosti, a také k mineralizaci organického materiálu.

## **3.2 VÝROBA**

Pro popis výroby cementotřískových desek byla vybrána tuzemská společnost CIDEM Hranice a.s – divize CETRIS, která v současné době patří mezi největší výrobce cementotřískových desek v Evropě.

Zjednodušené schéma  
výrobního postupu cementotřískových desek CETRIS®



**Obrázek 1:** Zjednodušené schéma výroby cementotřískových desek CETRIS [6]

Výroba desek začíná roztřískováním celých kmenů smrků na malé třísky. Před roztřískováním se jednotlivé kmeny nechají odstát z důvodu ustálení jejich vlastností a odbourání určitých škodlivin. Po odstání se jednotlivé kmeny zbaví kůry a poté se nasekají na jednotlivé třísky. Po tomto procesu jsou dřevěné třísky spolu s dalšími složkami dávkovány a promíchány v mísárně, kde dochází k mineralizaci třísek a následnému přidání cementu a vody. Z míchačky putuje zhomogenizovaná směs na předem naolejovaný podklad. Směs je dávkována tak, aby se na spodním a horním povrchu desky vyskytovalo více menších částic (třísek) a díky tomu byl její povrch hladký a homogenní, oproti tomu střed desky byl vylehčen v důsledku použití větších třísek. Dalším postupem ve výrobě je lisování. Před lisováním je každá deska z horní strany naolejovaná a je na ní uložena ocelová podložka oddělující ji od následující desky. Nanesením oleje se zabraňuje přilepení desky k ocelové podložce. Takto vytvořené sestavy (rouna) jsou skládány na sebe do určité výšky a poté jsou vloženy do lisu, kde na ně působí tlak 2 – 3 MPa. Po lisování jsou sestavy umístěny na dobu 6 – 8 hodin do vytvrzovací komory. Po dosažení manipulační pevnosti jsou jednotlivé desky vyjmuty z komory a skládány na sebe. Ocelové podložky jsou poté očištěny a putují zpět do procesu výroby. Složené soustavy desek jsou z důvodu rovnoměrného vysychání zakryty fólií. Takto ošetřené, částečně

vysušené desky putují dále do sušárny, kde dochází k dalšímu uvolňování přebytečné vody z desek a dosažení jejich konečné pevnosti. Po vysušení putují desky na formátovací pilu, kde dochází k jejich mechanickému dělení na požadované rozměry. Po dělení jsou desky očištěny, jejich povrch je vyhlazen a vybroušen do požadované rovnosti. Pro další úpravy desek je zadávání zcela individuální. Výrobky se mohou řezat na libovolné tvary, mohou se děrovat pro zlepšení akustických vlastností nebo na ně lze nanášet libovolnou povrchovou úpravu s pestrou škálou barev. Po takto provedených úpravách se desky skladují v předem určených prostorech, nebo se hned expandují.

## **4 NÁTĚROVÉ HMOTY**

Nátěrová hmota slouží k vytvoření ochranného povlaku, který povrchu propůjčuje své ochranné a funkční schopnosti. Norma ČSN EN ISO 4618:2007 – Nátěrové hmoty, definuje tento způsob ochrany jako pigmentový materiál, určený k povlakování (natírání), který poté, co byl nanesen na podklad, vytváří neprůhledný film, vyznačující se ochrannými, dekorativními nebo jinými vlastnostmi.

Charakter a složení nátěrové hmoty volíme dle požadovaných vlastností povlaku. Požadavky plynou jednak z materiálu, na který je povlak nanášen, z povahy prostředí, korozní agresivity z jeho požadovaných funkcí a vlastností. Jako základní požadavky lze uvést odolnost proti povětrnostním vlivům, UV záření, estetické požadavky nebo odolnost proti chemikáliím. Další požadavky, které se týkají především samotného nátěru, souvisí s ekologičností procesu, složitosti aplikace, reologickými vlastnostmi a také finanční dostupností. [7][8]

### **4.1 SLOŽENÍ**

Všechny nátěrové systémy jsou složeny z několika základních komponentů. Mezi tyto základní složky řadíme filmotvorné látky, pigmenty, plniva, těkavé složky a ostatní přísady. [11]

### **4.1.1 Filtrovací látky**

Filtrovací látky umožňují vznik tuhého souvislého filmu různé tloušťky. Tvoří hlavní složku pojiv do nátěrových látek, které mají značný vliv na ochrannou účinnost a celkovou životnost nátěrového systému. Filtrovací složku představují nejčastěji vysychavé oleje, přírodní pryskyřice, deriváty celulózy, syntetické pryskyřice nebo deriváty kaučuku. [9][10]

### **4.1.2 Pigmenty**

Pigmenty jsou látky anorganického, organického nebo smíšeného původu, které jsou nerozpustné v pojivech a rozpouštědlech. Pigmenty určují barvu nátěrové hmoty a ovlivňují jejich krycí schopnost. Další požadované vlastnosti jsou barevná stálost v závislosti na působení chemických látek, povětrnostních vlivů či slunečních paprsků. Anorganické pigmenty mají oproti organickým pigmentům větší odolnost proti chemikáliím a povětrnostním vlivům. Nevýhody anorganických pigmentů jsou však menší barvicí síla, menší čistota odstínů a vyšší hustota. [9][10]

### **4.1.3 Plniva**

Látky vyznačující se nižším indexem lomu a nižší cenou, z tohoto důvodu tvoří kostru nátěrových filmů všude tam kde je to možné. Ovlivňují tedy množství sušiny a často také hořlavost či korozní odolnost výsledného povlaku. [9][10]

### **4.1.4 Těkavé složky**

Látky upravující viskozitu nátěrové hmoty. Tyto látky se při zasychání odpařují nebo oddifundují z podkladu. Dva základní zástupci těkavých složek nátěru jsou rozpouštědla a ředidla. Rozpouštědla slouží k rozpouštění organických látek a tvoří tak disperzi filtrovacích látek. Ředidlo používáme k úpravě viskozity, a tím i dosažení lepších aplikačních a vzhledových vlastností. [9]

### **4.1.5 Ostatní přísady**

Ostatní přísady neboli aditiva jsou látky nejčastěji v podobě jemného prášku, které tvoří pouze něco kolem jednoho procenta látek v nátěru, avšak významně ovlivňují vlastnosti povrchové úpravy. Umožňují například rychlejší dispergaci

pigmentů, jejich stabilizaci a zamezují pění nátěru. Dále také zlepšují odolnost proti mikroorganizmům nebo odolnost proti povětrnosti. [10]

## **4.2 BĚŽNĚ POUŽÍVANÉ NÁTĚROVÉ HMOTY**

Při volbě druhu nátěrové hmoty je nutno přihlížet na vlastnosti jako složitost aplikace, doba zasychání, schopnost krytí, obsah organických těkavých látek a podobně. Z tohoto důvodu existují vhodnější a méně vhodné nátěrové hmoty. Níže jsou uvedeny nátěry, které jsou v dnešní době běžně používané a jeví se jako vhodné i pro povrchové ošetření cementotřískových desek.

### **4.2.1 Vodou ředitelné nátěrové hmoty**

V posledních letech se tento druh nátěrových látek značně rozvinul, a to především díky snaze o snížení škodlivých látek vypouštěných do ovzduší, jedná se o takzvané organické těkavé látky (VOC). Voda zde představuje médium, do kterého jsou rozptýleny malé částice polymeru. Vznik homogenního filmu je způsoben pohybem částic polymeru vlivem odpařování vody za přítomnosti organických rozpouštědel. Jejich množství může kolísat v rozmezí od 1 do 40 %. Částice se během odpařování vody přibližují a vlivem působení povrchového napětí a vnitřních sil deformují na mnohostěny. [9]

Mezi hlavní výhody vodou ředitelných nátěrových hmot patří nehořlavost, dobrá mechanická odolnost a přilnavost, nízký obsah VOC, rychlé schnutí. Jako nevýhoda lze uvést časové náročné odpařování a velká energetická náročnost při sušení. [11][13]

Dobré fyzikálně-mechanické vlastnosti a chemická odolnost nátěrových filmů významně závisí na polymerní bázi polyolů, ze které mohou být podle požadavků kladených na povrchovou úpravu připraveny. Pro značnou odolnost proti povětrnosti se používají nejčastěji polyestery, polyakryláty a polykarbonáty. [12]

#### *4.2.1.1 Epoxidové vodou ředitelné nátěry*

Disperze epoxyesterů jsou aplikovány hlavně ve stavebnictví. Největší význam mají dvousložkové vodou ředitelné nátěrové systémy sestávající se z nízkomolekulárních epoxidových pryskyřic a příslušného tvrdidla. Nátěrová

hmota obvykle obsahuje modifikovanou nízkomolekulární epoxidovou pryskyřici s pigmenty, plnivý a roztok tvrdidla ve vodě. Vytvrzování pak probíhá reakcí epoxidových a aminových skupin tvrdidla. V některých případech se nepřipravují disperze epoxidové pryskyřice předem, ale dispergují se před aplikací smícháním s vodou a ve vodě rozpuštěným tvrdidlem. [13]

Tvrdidla epoxidových nátěrů dělíme na polyadiční a polymerační. Polyadiční tvrdidla se při vytvrzování stávají součástí polymerní sítě, kdežto polymerační nikoliv. Jako hlavní zástupce polyadičních tvrdidel lze uvést polyamidy, polykyseliny nebo polyfenoly. Při nedokonalém smíchání obou složek dochází k nedokonalému zasychání a tvrdnutí epoxidu, proto je nutné obě složky dokonale promíchat a zhomogenizovat. Tento druh nátěrů vyniká svojí tvrdostí, přilnavostí, odolností proti alkáliím a vodě. Jako nevhodné se ukázalo použití alkoholů, z důvodu snížení životnosti disperze epoxidové pryskyřice. [11][13]

#### *4.2.1.2 Akrylátové vodou ředitelné nátěry*

Kopolymerní disperze polyvinylacetátu z velké části odstraňují nevhodné vlastnosti homopolymerních disperzí. Kopolymeraci vinylacetátu s jinými monomery ve vodném prostředí může vzniknout mnoho variant disperzí s různými vlastnostmi. Pro kopolymeraci jsou nejčastěji používány estery kyseliny akrylové. [11]

Filmy těchto disperzí se vyznačují lepší odolností proti alkáliím, vysokou stálostí a odolností proti povětrnosti a zlepšenou adhezí k některým povrchům. Další výhodou akrylátových disperzí je rychlé zasychání, dobré mechanické vlastnosti a odolnost proti žloutnutí. [13]

## **4.3 SPECIÁLNÍ NÁTĚROVÉ HMOTY**

### **4.3.1 Fluorované hybridní polykarbonátové povlaky na bázi oxidu zirkoničitého**

Tento povlak se připravuje chemickou metodou sol-gel, během které dochází k transformaci koloidní suspenze na gel. Takto získaný gel je následně vyčištěn a vzniká tak lidický materiál o vysoké teplotě. [31]

Organickou složku těchto povlaků tvoří fluoropolymerní pryskyřice, která patří do třídy chlortrifluorethylen-vinylether kopolymerů. Funkcionalizaci tohoto

kopolymeru se rovněž provádí za použití izokyanátového silanu, který zajišťuje kovalentní zesílení organických fluorovaných pryskyřic s anorganickými fázemi. Při správném poměru těchto složek nátěr vykazuje výjimečné mechanické vlastnosti se zachováním pružnosti, velkou odolnost proti povětrnosti a dobrou adhezi k podkladnímu materiálu. [31]

#### **4.3.2 UV tvrditelné vodou ředitelné nátěrové hmoty s přidáním celulóзовých nanokrystalů**

UV tvrditelné nátěry využívají energii fotonů ze zdroje záření v oblasti krátkých vlnových délek elektromagnetického spektra, za účelem vytvrzování reaktivních látek, které vyvolávají rychlou řetězovou vytvrzovací reakci. [32]

V minulosti byly jako zpevňovací činidla těchto nátěrů používány anorganické nanomateriály, které byly postupně nahrazeny organickými, jako jsou například celulóзовé nanokrystaly. Celulóзовé nanokrystaly se vyrábí kyselou hydrolyzou přírodní krystalické celulózy za použití kyseliny chlorovodíkové, sírové nebo fosforečné. Krystalická část celulózy se vyznačuje vynikajícími mechanickými vlastnostmi.

Jedná se o nátěry šetrné k životnímu prostředí, s velkou mechanickou odolností, odolností vůči povětrnosti a chemikáliím se snížením nebo úplným vyloučením těkavých organických látek. [32]

### **4.4 NANÁŠENÍ NÁTĚROVÝCH HMOT**

Pro dokonalou ochranu podkladního materiálu je kvalitní nanesení nátěru nezbytné. Je třeba dosáhnout stejnoměrného nanesení nátěrové hmoty po celé ploše materiálu. Při nedodržení této zásady dochází ke zrychlené degradaci oslabeného místa a průniku nežádoucích látek do materiálu. Další důležité faktory jsou ekonomická výhodnost, rychlost natíracího procesu nebo také údržba natírací linky.

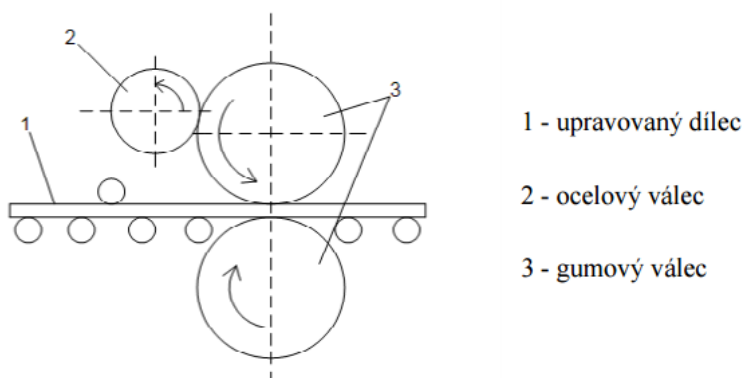
Metody nanášení povrchové úpravy jsou různé, ve spojení s cementotřískovou deskou se ovšem setkáváme pouze s nanášením stříkáním nebo navalováním, což je určeno konstrukcí výrobní linky tuzemského producenta cementotřískových desek.

#### 4.4.1 Navalování

Tento způsob nanášení nátěru na povrch je prováděn prostřednictvím soustavy pohyblivých válců, které můžeme regulovat a měnit jejich vzdálenost, respektive tlak, kterým n sebe navzájem působí. Tímto způsobem regulujeme množství nátěru, respektive tloušťku, kterou válec na materiál nanese.

Výhoda tohoto způsobu nanášení je zajištění dobré přilnavosti nátěrové látky, která je způsobena přímým kontaktem mezi nanášecím válcem a upraveným materiálem a dále taky úspora nátěrové hmoty. Nevýhoda tohoto způsobu je v nedokonalosti krytí především u nátěru s nízkou konzistencí a složitost čištění nanášecího válečku. [15]

Tento způsob nanášení používáme především pro základní nátěry a nátěrové hmoty s vysokým obsahem sušiny.

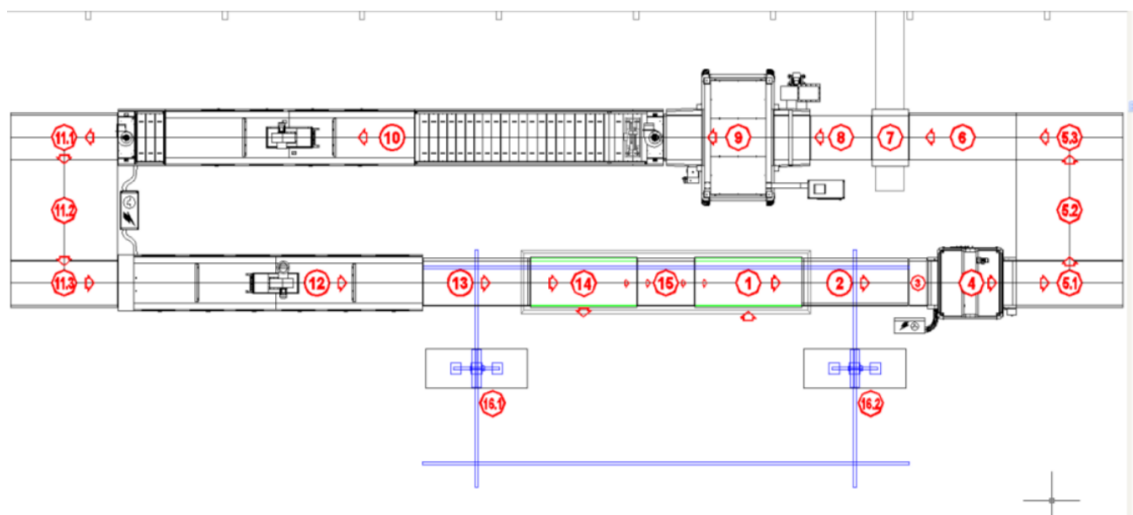


**Obrázek 2:** Schéma stroje pro povrchovou úpravu navalováním

#### 4.4.2 Stříkání

V současné době nejrozšířenější způsob nanášení povrchových úprav na cementotřískové desky. Nátěr je v podobě mlhovité disperze nanášen rozprašováním ze stříkací pistole na povrch materiálu a vytváří tak souvislý film.

Nevýhodou tohoto typu nanášení jsou poměrně velké materiálové ztráty způsobené velkým rozptylem stříkání. Barva je při tomto způsobu aplikace rozptýlena do vzduchu, což způsobuje také relativně velké znečištění okolních prostor. Další nevýhody jsou pak vyšší spotřeba ředidel a velké finanční nároky na zřízení stříkáren. Výhodou velkého rozptylu nátěru je pokrytí nejen rovné části vrchní strany natírané plochy, ale i bočních stran výrobku. Jako další výhody lze uvést stejnoměrné natírání, rychlost a rychlé zasychání nátěru. [15]



**Obrázek 3:** Schéma nanášecí linky pro povrchovou úpravu desek CETRIS [6]

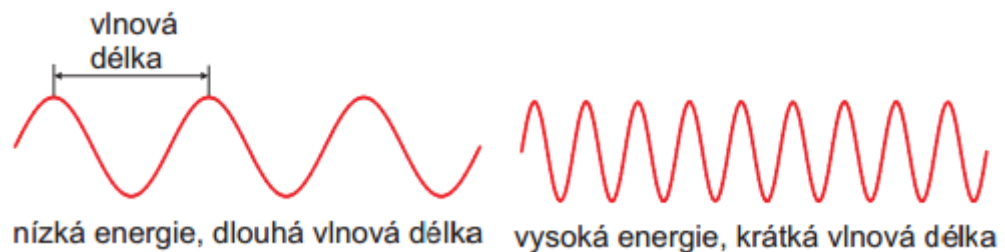
- |  |  |
|--|--|
| 1 - Válečkový dopravník na nůžkové zvedací plošině | 9 - Stříkací stroj EKOS                                |
| 2 - Válečkový dopravník                            | 10 - Sušící zařízení FASTDRY 180                       |
| 3 - Válečkový dopravník                            | 11 - Válečko-páskovo-válečkový prav. přechod           |
| 4 - Brousící zařízení PEGASO + panel k obsluze     | 12 - Chladicí zařízení FASTDRY 100 (10m)               |
| 5 - Válečko-páskovo-válečkový pravoúhlý přechod    | 13 - Válečkový dopravník – dva díly                    |
| 6 - Válečkový dopravník                            | 14 - Válečkový dopravník na zvedací plošině            |
| 7 - Navalovací zařízení Bürkle                     | 15 - Válečk. doprav. na podvozku pro možnost odstavení |
| 8 - Předehřev s dopravníkem FASTDRY 35 (3,5m)      | 16 - Ocelová konstrukce s podvěsnou dráhou             |

## 5 ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM

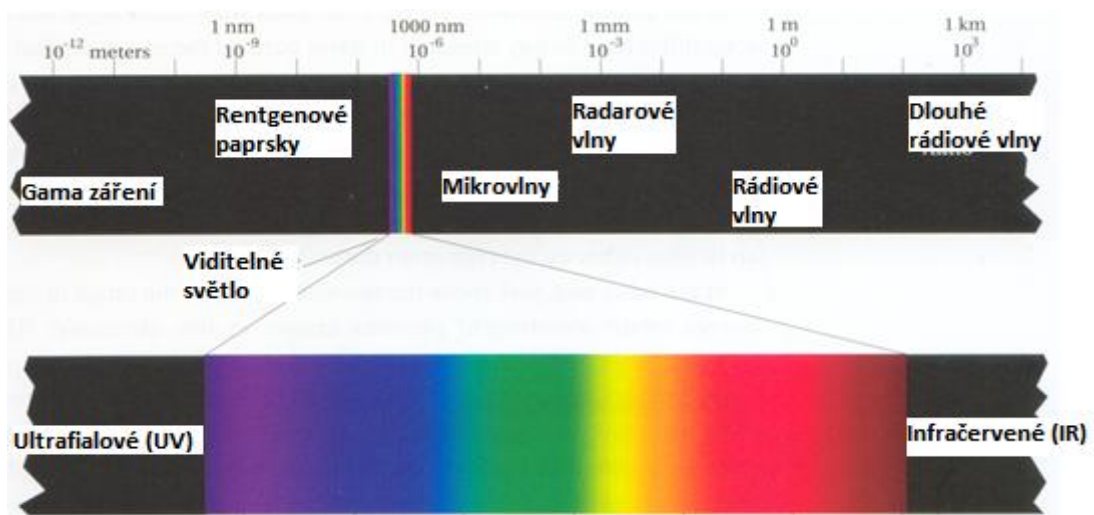
Vzhledem k tomu, že jedním z klíčových aspektů hodnocení estetického hlediska je barevný odstín povrchu cementotřískových desek a jeho změny, bylo nutné se soustředit také na tuto problematiku. Elektromagnetické spektrum lze charakterizovat jako škálu elektromagnetického vlnění, která obsahuje soubor barev a k nim odpovídající vlnové délky. Elektromagnetické vlnění má dvě základní neoddělitelné složky elektrickou a magnetickou. Elektrickou složku charakterizuje vektor intenzity elektrického pole  $E$  a magnetickou vektor magnetické indukce  $B$ . Tyto vektory jsou na sebe navzájem kolmé, mají souhlasnou fázi a jejich kmity probíhají napříč ke směru, kterým se vlnění šíří. Zdrojem tohoto záření bývají přeměny energie v atomech a molekulách svítícího tělesa. [16]

V průběhu vývoje bylo dokázáno, že se v některých experimentech elektromagnetické vlnění chová jako částice a někdy jako vlna. Tuto záhadu vyřešila až kvantová mechanika zavedením pojmu foton. Foton si lze představit

jako pulsující kvantum energie šířící se prostorem. Každý foton nese určitou energii, která určuje, jak rychle foton pulsuje, což odpovídá vlnové délce fotonu. Podle vlnové délky pak záření dělíme na více druhů. Jednotlivé druhy v uspořádání podle vlnové délky tvoří elektromagnetické spektrum. [16]



**Obrázek 4: Závislost velikosti energie na vlnové délce**



**Obrázek 5: Spektrum záření – viditelné světlo [17]**

Dále lze elektromagnetické záření dělit na podskupiny podle toho, jestli dané záření prostupuje hmotou nebo nikoli. Při průchodu ionizujícího záření hmotou vznikají ionty a můžeme zde zařadit např. částicové záření ( $\alpha$ ,  $\beta$ , neutronové atd.) a dále pak elektromagnetické záření, které má kratší vlnovou délku než UV světlo. Neionizující záření je záření iontové, neproniká hmotou a řadíme sem elektromagnetické záření o vlnové délce delší, než mají RTG vlny. [17]

## 5.1 INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ

Jedná se o elektromagnetické záření v rozsahu mezi viditelným spektrem a nejkratšími rádiovými vlnami. Toto záření je dále rozděleno na tři spektrální pásma: IR-A (790 nm až 1400 nm); IR-B (1400 nm až 3000 nm) a IR-C (nad 3000 nm). Zdrojem tohoto záření jsou předměty s vysokou teplotou, jako např. žárovka s wolframovým vláknem, oblouková lampa nebo sluneční záření.

Infračervené záření je pohlcováno anorganickými i organickými materiály. Při pohlcování tohoto druhu záření dochází k tepelné výměně, kdy je ozařované těleso zahříváno.

Jako příklady využití lze uvést infračervené kamery, dalekohledy a infračervené spektroskopy.

## 5.2 VIDITELNÉ ZÁŘENÍ

Jde o světelné záření v rozsahu zhruba od 380 do 750 nm. Světelné záření se při přechodu z jednoho optického prostředí do druhého láme a tvoří se tak tzv. světelné spektrum, které je složeno z těchto hlavních pásem barev: červené, oranžové, žluté, zelené, modré a fialové.

Barva charakterizuje vjem pozorovatele na základě záření původně přicházejícího ze světelného zdroje, což je směs záření o různých vlnových délkách a změněného díky vlastnostem pozorovaných objektů.

Vnímání barvy člověkem přidává subjektivní vrstvu nad objektivní fyzikální pozorování, tj. vlnovou délku elektromagnetického záření. Dá se tedy říci, že barva představuje psychofyzikální jev a barva sama o sobě neexistuje. [18]

Barevný vjem je vyvolán různou frekvencí viditelného záření. Tento světelný interval začíná fialovou barvou od 380 nm a končí červenou na vlnové délce 750 nm. Mezi nimi se ve spektru objevují barvy duhy, kde jedna barva plynule přechází v druhou.

Barva	Vlnová délka
červená	625 až 740 nm
oranžová	590 až 625 nm
žlutá	565 až 590 nm
zelená	520 až 565 nm
azurová	500 až 520 nm
modrá	430 až 500 nm
fialová	380 až 430 nm

**Obrázek 6:** Seznam barev viditelného spektra

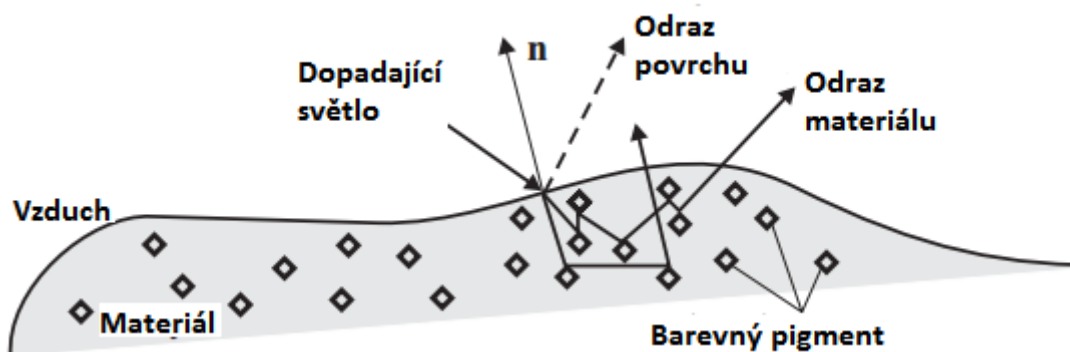
V praxi většinou nevnímáme světlo monochromaticky, ale světlo, které je složené z vlnění o různých frekvencích. Tento poměr pak určuje výsledný barevný vjem, odstín barvy, sytost, jas nebo kontrast daného objektu.

Světlo významně ovlivňuje nejen podmínky pro viditelnost, ale i duševní pohodu a fyziologické funkce člověka. Intenzita světla působí na duševní pohodu člověka, kde vyšší intenzita světla vyvolává pocity radosti a optimizmu, naopak nízká intenzita může vyvolat pocity úzkosti, únavy a deprese.

### 5.2.1 Odraz světla

Odraz světla může probíhat z povrchu. V tomto případě se objekt chová jako zrcadlo a dá se říci, že téměř nemá vliv na barevné spektrum. Ideálním případem takových materiálů jsou kovy.

Druhý způsob odrazu světla je uvnitř objektu. Tento jev lze pozorovat nejčastěji u plastů a nátěrových hmot. Viděná barva je způsobena vlastnostmi pigmentů (částic), které pohltí některé vlnové délky ze spektra přicházejícího světla. Matematický model pro tento děj je difúze. [17]



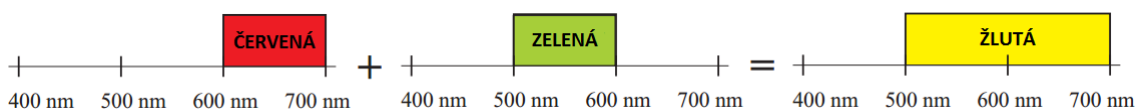
**Obrázek 7:** Schéma odrazu světla od povrchu materiálu

## 5.2.2 Míchání barev

Neboli také barevný metamerismus je definován jako dva různé jevy, které jsou vnímány stejně. Jako příklad lze uvést smíchání červené a zelené barvy, při kterém nám vznikne barva žlutá. Žlutou barvu lze však získat také pomocí spektrální barvy, což je záření jediné vlnové délky mezi zelenou a červenou. Lidské oko je tímto klamáno, že směs červené a zelené je totéž jako fyzikálně vytvořená žlutá. Tento výsledek je hojně využíván pro tvorbu tzv. barevných prostorů, které jsou tvořeny pouze třemi základními barvami. [18]

- ADITIVNÍ MÍCHÁNÍ BAREV

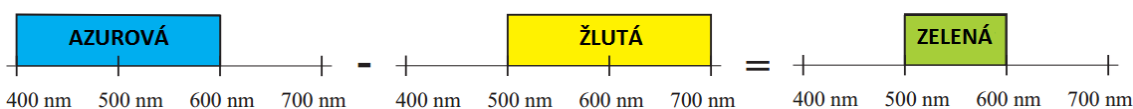
Ú tohoto způsobu míchání se sčítají jednotlivé složky barev a vytváří se světlo vyšší intenzity. Výsledná intenzita se rovná součtu intenzit jednotlivých složek. Základní barvy pro toto míchání jsou červená, zelená a modrá. Model aditivního míchání barev platí pro luminofory vakuových obrazovek, vícenásobnou projekci na plátno nebo také čípký na lidské sítnici. [17]



**Obrázek 8:** Aditivní míchání barev

- SUBTRAKTIVNÍ MÍCHÁNÍ BAREV

Je to způsob míchání barev, kdy se s každou další přidanou barvou ubírá část původního světla tzn. od plného spektra bílé, jsou postupně odečítány díky filtraci jednotlivé části spektra. Světlo prochází jednotlivými barevnými vrstvami a je stále více pohlcováno. Výsledkem je barva, která se skládá z vlnových délek zbylých po odrazu nebo průchodu filtrem. Základní barvy jsou žlutá, azurová a purpurová. Tento model platí pro většinu fotografických filmů, nátěry (barvy), barevné pastelky, tiskárny atd. [17]



**Obrázek 9:** Subtraktivní míchání barev

### 5.2.3 Měření barevnosti

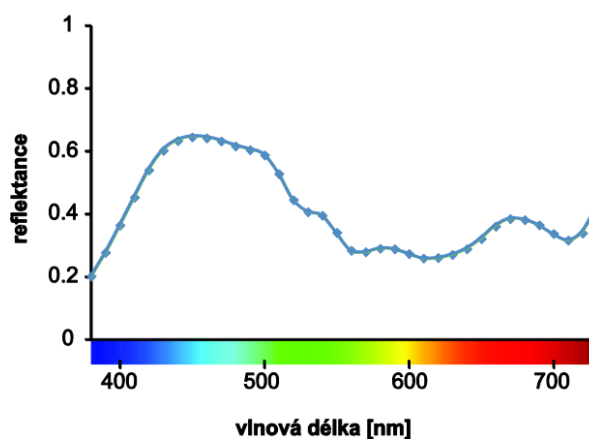
Každý světelný zdroj vyzařuje ve viditelné oblasti na každé vlnové délce v různé intenzitě, a tedy světlo různých zdrojů má rozdílnou barevnost. Toto světlo dopadá na objekty a v závislosti na vlastnostech materiálu se v něm toto světlo pohlcuje, respektive odráží. [18]

Toto měření nazýváme spektrofotometrie. Jedná se o měření energie pohlcené, respektive odražené vzorkem při průchodu určitého záření. Výsledkem měření jsou tzv. absorpční spektra, která představují grafické znázornění závislosti absorbance na vlnové délce. Spektrofotometrické měření je založeno na Lambertově – Beerově zákoně. [18]

Řada látek obsahuje valenční elektron, který může být excitován do vyšší energetické hladiny elektromagnetickým zářením. Taková látka absorbuje určité záření s danou vlnovou délkou a energií fotonů. Pokud se ono záření nachází ve viditelné části spektra, bude se člověku jevit jako barevná. Pro měření se používá jak viditelné, tak ultrafialové oblasti spektra. [18]

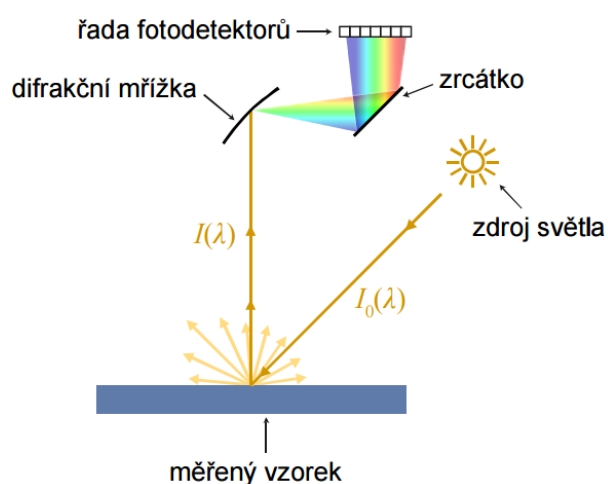
## 5.3 REFLEXNÍ SPEKTROFOTOMETR

Jedná se o přístroj měřící v oblasti viditelného i ultrafialového záření. Měří tzv. reflektanci vzorku tzn. jak moc objekt světlo o dané vlnové délce odráží. Když tento parametr zjistíme pro všechny viditelné vlnové délky, tak získáme reflexní spektrum charakterizující objekt. [18]



*Obrázek 10: Reflexní spektrum modrého vzorku [18]*

Abychom zjistili, jaká je intenzita odraženého světla pro jednotlivé vlnové délky, musíme světlo rozložit pomocí difrakční mřížky. Posléze pak takto rozložené světlo dopadá na řadu fotodetektorů, které promění světlo na elektrický signál. Intenzitu dopadajícího světla je třeba porovnat s intenzitou po odražení od dokonale bílého tělesa, které světlo nepohlcuje. Z tohoto důvodu je před každým měřením nutné přístroj kalibrovat. Přístroj posléze změří intenzitu odraženého světla, kterou dá do poměru s intenzitou dopadajícího světla a vyhodnotí tím vlnové délky pro každý vzorek. [18]



**Obrázek 11:** *Obecné schéma spektrofotometru*

U ručních spektrofotometrů je difrakční mřížka fixní s řadou fotodetektorů, kde jeden fotodetektor odpovídá pro jeden interval vlnových délek. Kvalitnější stolní laboratorní spektrofotometry mají jeden fotodetektor a difrakční mřížka je otočná, což zajišťuje citlivost intervalu v jednotkách nanometrů.

Kromě absorpčních vlastností daného vzorku záleží také ve značné míře na struktuře povrchu. Povrch ovlivňuje měření barevnosti a pro matný, lesklý nebo jinak texturovaný vzorek často dostaneme rozdílné hodnoty, protože různý povrch odráží dopadající paprsky do různých směrů. [18]

### 5.3.1 Standardní barevný prostor CIELAB

Pravouhlé osy tohoto prostoru tvoří měrná světlost  $L^*$ , která nabývá hodnot z intervalu 0 (černá) až 100 (bílá), a dvě chromatické osy  $a^*$  a  $b^*$ . Osa  $a^*$  probíhá od zelené barvy k červené, osa  $b^*$  pak od modré k žluté. [42]

Souřadnice barvy se počítá z trichromatických složek pro  $X > 0,008856X_n$ ,  $Y > 0,008856Y_n$  a  $Z > 0,008856Z_n$  pomocí následujících vztahů

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16, \quad a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right], \quad b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right]$$

kde  $X_n, Y_n, Z_n$  jsou trichromatické složky použitého normalizovaného světla. Pro ostatní  $X, Y, Z$  se provádí lineární extrapolace. Hodnoty  $X_n, Y_n, Z_n$  pro světelné zdroje D65, D60, D55, D50 a typu E jsou uvedeny v tabulce níže [42]

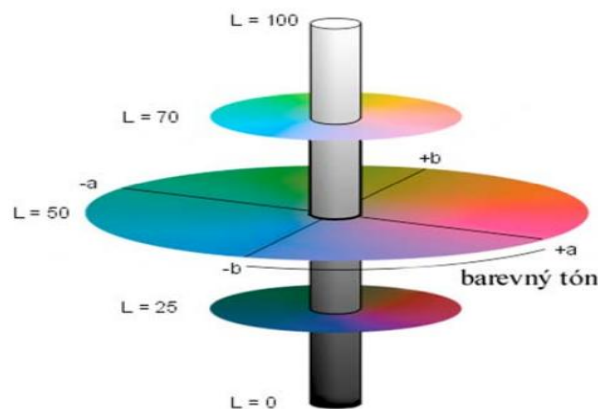
**Tabulka 1: Hodnoty X, Y, Z pro různé světelné zdroje**

zdroj světla	$Y_n$	$x_n$	$y_n$	$z_n$	$u_n$	$v_n$
D65	100	0,3127	0,3290	0,3583	0,1978	0,4451
D60	100	0,3226	0,3382	0,3393	0,2012	0,4526
D55	100	0,3324	0,3474	0,3202	0,2044	0,4600
D50	100	0,3457	0,3585	0,2958	0,2092	0,4707
E	100	0,3333	0,3333	0,3334	0,2105	0,4737

Výhodou barevného prostoru CIELAB je, že z jeho chromatických souřadnic  $a^*$  a  $b^*$  lze vypočítat veličiny, které jsou intuitivní, protože odpovídají lidskému pojetí tvorby barev. Je to měrná čistota chroma  $C^*_{ab}$  (sytost) a měrný úhel barevného tónu - hue  $h^{\circ}_{ab}$  (barevný tón, odstín) [42]

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}, \quad h^{\circ}_{ab} = \arctg(b^*/a^*)$$

Měrná čistota barvy určuje vzdálenost od středu chromatické roviny  $a^*b^*$ , odstín udává úhel ve stupních v rovině  $a^*b^*$ , počátek je na kladné poloose  $a^*$  (červená  $0^{\circ}$ ) další poloosy odpovídají následujícím barvám  $b^*$  (žlutá  $90^{\circ}$ ),  $-a^*$  (zelená  $180^{\circ}$ ),  $-b^*$  (modrá  $270^{\circ}$ ) viz obrázek níže



**Obrázek 12: Prostorový model CIE  $L^*a^*b^*$  [42]**

Podobné vlastnosti má standardní barevný prostor CIE 1976 (L\*u\*v\*) zkráceně taky CIELUV. Barevný prostor CIELAB (CIE LUV) umožňuje také výpočet objektivních odchylek  $\Delta E^*_{ab}$ , kterými lze stanovit rozdíl barev mezi jednotlivými vzorky z odchylek jasů  $\Delta L^*$  a odchylek chromatických souřadnic  $\Delta a^*$  (resp.  $\Delta u^*$ ) a  $\Delta b^*$  (resp.  $\Delta v^*$ ) a to pomocí vztahu [42]

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Rozdíl barev  $\Delta E^*_{ab}$  představuje důležitou, obecně uznávanou metodu hodnocení rozdílu barev. Podle její velikosti lze hodnotit např. kvalitu monitorů, shodu mezi tisky apod.

## 5.4 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ

Elektromagnetické záření v oblasti vlnových délek v intervalu od 380 nm po 10 nm. Stejně jako IR záření dělíme i ultrafialové do tří základních skupin, a to do UV-A (380 nm až 315 nm), UV-B (315nm až 280 nm) a UV-C (pod 280 nm). [18]

Nejčastějšími zdroji ultrafialového záření jsou rtuťové výbojky, žárovky, zářivky, elektrický oblouk, největší množství UV však produkuje slunce. Paprsky slunce obsahují všechny tři skupiny UV záření, přesto na zemský povrch dopadá především záření typu UV-A, a to z důvodu absorpce zbylých dvou zemskou atmosférou. [18]

Záření tohoto typu je pro lidské oko neviditelné, avšak jeho účinky lze snadno poznat. Záření tohoto typu působí na látkovou výměnu, výšku krevního tlaku, má účinnost na dýchání a při dlouhodobém vystavení se projevuje stárnutí kůže.

## 6 DEGRADACE MATERIÁLU

Korozi neboli degradaci lze definovat jako nevratné a škodlivé rozrušování tuhých látek vlivem fyzikálně-chemické nebo chemické interakce s okolním prostředím. Samovolnost tohoto děje je způsobena snahou korozní soustavy mezi materiálem a prostředím o termodynamickou rovnováhu. Termodynamické

rovnováhy je dosaženo, pokud je entropie korozní soustavy rovna maxima. Koroze materiálu má většinou za následek změny mechanických a fyzikálních vlastností, úbytek materiálu, ztráta soudržnosti mezi materiály a v neposlední řadě také změny vzhledových vlastností. Degradaci lze rozdělit do tří skupin. [20]

- **Fyzikální degradace**

Je to typ degradace způsobený vnějšími vlivy jako například teplota, vlhkost nebo mechanické namáhání.

- **Chemická degradace**

Děje, při kterých se mění chemické složení materiálu nebo některé složky reakcí s okolím. Nejčastějším typem tohoto druhu je koroze na vzduchu za vyšších teplot, ale patří zde také koroze v suchých plynech a elektricky nevodivých kapalinách.

- **Biologická degradace**

Tato koroze je jednou ze dvou předchozích typů, je však výrazně ovlivněna biologickým materiálem, jako jsou bakterie, plísně nebo houby, jež vytváří na povrchu anodická a katodická místa. [21]

## **6.1 VYBRANÉ DRUHY DEGRADACE**

### **6.1.1 Degradace cementového tmele vlivem chloridů**

Chloridy jsou často zastoupeny v přírodních i průmyslových vodách. Zastoupení v přírodních vodách sledujeme především u oceánů a moří, kde je koncentrace chloridů nejvyšší. V průmyslových vodách je koncentrace značně nižší, ale zdaleka ne zanedbatelná. Při kontaktu s cementovou maticí dochází v mikrostruktuře k objemovým změnám, které jsou způsobeny vznikem krystalických novotvarů a ty mají za následek expanzivní tlaky, kterými rozrušují strukturu materiálu. [22]

První mechanismus lze popsat jako reakci mezi chloridy a cementovou maticí, přičemž produktem těchto reakcí bývá zpravidla Friedlova sůl. Druhý mechanismus je fyzikální jev, v jehož důsledku vznikají tahové napětí ve struktuře materiálu. K tomuto jevu často dochází při kapilárním nasávání

roztoku soli do pórů a následného vypařování vody. Koncentrace soli vzrůstá až do dosažení nasycených roztoků a počátku krystalizace. To vede ke vzniku krystalů v omezeném prostoru pórů materiálu a tím k rozrušení struktury. [23]

### **6.1.2 Degradace cementového tmele vlivem síranů**

Tento typ degradace probíhá pouze tehdy, když jsou síranové soli rozpuštěny ve vodě, se kterou tvoří roztok. Míra degradace do vysoké míry závisí na koncentraci takového roztoku, druhu síranových solí, ale také na permeabilitě a porositě degradovaného materiálu. Nejčastěji na materiál působí roztoky síranu sodného, draselného, vápenatého, hořečnatého nebo amonného, které postupně způsobují rozrušení cementové matrice a ztrátu pevnosti. [24]

Sírany se běžně vyskytují v podzemních vodách a jsou také obsaženy v některých průmyslových odpadních vodách. Jako nejagresivnější se jeví rozpustné sírany, z důvodu uvolňování síranových iontů, které způsobují korozi cementového tmele.

Degradace vlivem síranového roztoku může probíhat několika způsoby. Nejčastější jsou tvorba ettringitu, sádrovce nebo krystalizací a rekrystalizací soli. [25]

### **6.1.3 Degradace dřeva vlivem UV záření**

Barvostálost dřeva je u cementotřískových desek jedním z hlavních estetických znaků. Barva dřeva je zrakový vjem, který je ovlivněn spektrálním složením odražených světelných paprsků. Hlavními stavebními látkami dřeva jsou celulóza, hemicelulóza, lignin a velká skupina doprovodných složek dřeva. Celulózy a hemicelulózy neabsorbují viditelné světlo a jeví se tedy jako bílé. Přírodní lignin s malými chemickými a fyzikálními změnami má bledě žlutou barvu. Tyto světlé odstíny bývají však zpravidla překryty barvou výraznějších extraktiv. [26]

Barva dřeva se může velmi dramaticky změnit vlivem různých činitelů jako je sluneční záření, vlhkost, teplota, mikroorganismy atd. Ultrafialová složka slunečního záření způsobuje nejvýraznější barevné změny dřeva. Z hlavních stavebních látek dřeva absorbuje největší procento UV záření lignin a to 80-95

%, menší část pak polysacharidy 5-12 % a pouhé 2 % UV záření připadají na extraktiva. Při vystavení dřeva venkovnímu nebo umělému slunečnímu záření i po relativně krátkou dobu lze pozorovat snadno rozpoznatelné barevné změny a ztráta jasu. Barva většiny dřev se působením světla mění do žlutého až hnědého odstínu vlivem fotooxidace ligninu a extraktiv. Ve venkovním prostředí dochází k šednutí povrchu dřeva vyplavováním hnědých rozkladných produktů ligninu. K rozkladu nejméně stabilního ligninu však dochází pouze v povrchových buňkách dřeva, tudíž se jedná pouze o povrchový jev. Ultrafialové záření ani viditelné světlo nepronikne do větší hloubky než 75  $\mu\text{m}$ , respektive 200  $\mu\text{m}$ . Následná řetězová reakce volných radikálů však způsobuje ztmavnutí dřeva až do hloubky 2 mm. [26]

Zkoumání vlivu slunečního světla na změnu barvy dřeva je složité nejen z hlediska neopakovatelnosti přírodních podmínek, ale i z důvodu časové náročnosti. Proto je sluneční světlo v laboratorních podmínkách nahrazováno xenonovými lampami. Xenonové lampy jsou ideální simulace slunce z důvodu velmi podobného spektra. Tato simulace je přesnější v delším časovém horizontu. Žloutnutí dřeva vyvolané působením světla xenonových lamp je v krátkém období rychlejší a výraznější. [27]

#### **6.1.4 Degradace nátěru vlivem vlhkosti**

Voda působí na vzorky ve dvou formách - v plynné a kapalné. Plynná fáze zahrnuje vzdušnou vlhkost a mlhu, kapalná fáze pak kondenzovanou vlhkost, déšť, tání ledu a sněhu.

Výsledky předešlých zkoušek v různých klimatických podmínkách potvrzují, že vysoká vlhkost s dlouhou dobou smočení tj. až 50% času, hraje významnou roli v odolnosti a životnosti nátěrového systému.

Vlhkost adsorbovaná na povrchu proniká difúzí nátěrovým filmem, reaguje s vodorozpustnými složkami v podkladu a tím způsobuje osmotické procesy, které se mohou projevit odpadáváním nátěru nebo tvorbou puchýřů. Jev kondenzace vody na povrchu organického povlaku také ovlivňuje pomocí rozpuštěného kyslíku fotodegradační a chemické reakce.

Vodní srážky ovlivňují povrch nátěrových filmů zvýšením rychlosti křídování, na druhé straně mohou přispět k odstranění špíny od prašného spadu či řas. Déšť může v létě také způsobovat teplotní šoky, např. teplota nátěrů tmavé barvy poklesne v horkých letních dnech během dvou minut o více než 40 °C.

Naopak v období zimy, kdy teploty klesají do minusových hodnot, dochází ke kondenzaci proniklé vlhkosti a následné zamrzání. Při tomto ději se zvyšuje celkový objem vody přibližně o 10% a tlak vzniklý touto objemovou změnou, působí jak na vrstvy nátěru, tak na materiál samotný. V důsledku tohoto procesu vznikají tahové trhlinky a dochází k odpadávání jednotlivých vrstev povrchové úpravy.

### **6.1.5 Degradace nátěru vlivem UV záření**

Absorpcí světelné energie dochází u ochranných povlaků k hluboké fotooxidační destrukci, která se projeví zejména zhoršením mechanicko-fyzikálních vlastností polymerů spolu s možnou degradací podkladového materiálu. [28]

Součástí novodobých nátěrových hmot bývají i UV absorbéry, které fungují na principu přeměny UV záření v neškodné záření o nižší hladině energie. Pro transparentní a bezbarvé materiály se převážně používají organické absorbéry, které absorbují záření v oblasti vlnových délek 290 až 400 nm. Tyto absorbéry fungují na principu tautomerní změně, eventuálně ve vyzáření přebytečné energie ve formě tepla. Stabilizační účinek je nejčastěji způsoben likvidací volných radikálů, zhášením excitovaných stavů molekul, rozklad hydroperoxidů apod. V praxi se nejvíce osvědčily deriváty benzofenonu, hydroxibenzenofenony s různými substituenty, benzotriazoly či stericky bráněné aminové stabilizátory. [28][29]

Stabilizace polymerů se provádí převážně fyzikálním vmícháním UV stabilizátoru jako aditiva k základnímu polymeru. Nízkomolekulární světelné stabilizátory nejsou ve filmotvorném polymeru pevně poutány, a tak samovolně migrují směrem k povrchu lakového filmu a lze je z polymerní matrice snadno extrahovat. Jejich obsah se postupem času snižuje prakticky až na třetinu původní koncentrace, čímž se snižuje ochranný účinek a v konečné fázi vede

k úplné ztrátě celého nátěru. Některé světelné stabilizátory byly navrženy tak aby se vázaly na hlavní polymerní řetězec. Perspektivním UV stabilizátorem se v této oblasti ukazuje radikálově polymerizovatelný benzotriazolový typ ve formě esteru kyseliny methakrylové. [28][29]

### **6.1.6 Degradace nátěru vlivem prachových částic**

V oblastech s velkou koncentrací tuhých částic často dochází k ulpívání těchto částic na nátěru. Často tyto částice obsahují rozpustné soli, které způsobují degradaci nátěru nebo podkladního materiálu samotného. Ve vlhkém prostředí tyto látky pod nátěrem stimulují vznik puchýřků naplněných roztokem příslušné rozpustné soli. Jako příklad lze uvést elektrárenský popílek, který obsahuje rozpustné sírany a kterého je v našich podmínkách značné množství.

Tuhé částice mohou být kontaminovány jinými látkami, např. silikony a při dopadu na čerstvý nátěr způsobují vznik kráterku. Nebezpečná je zejména kontaminace silikony ve velkých lakovnách. Pevné částice mohou proniknout do nátěru a tak negativně ovlivnit jeho výslednou celistvost. Degradními zkouškami bylo stanoveno, že nátěry zhotovené v bezprašných prostředích vykazovaly při dlouhodobém působení nepříznivých vlivů větší odolnost, než nátěry zhotovené v prostředí běžném. [29]

### **6.1.7 Degradace a změny barevného odstínu vlivem UV záření a povětrnosti**

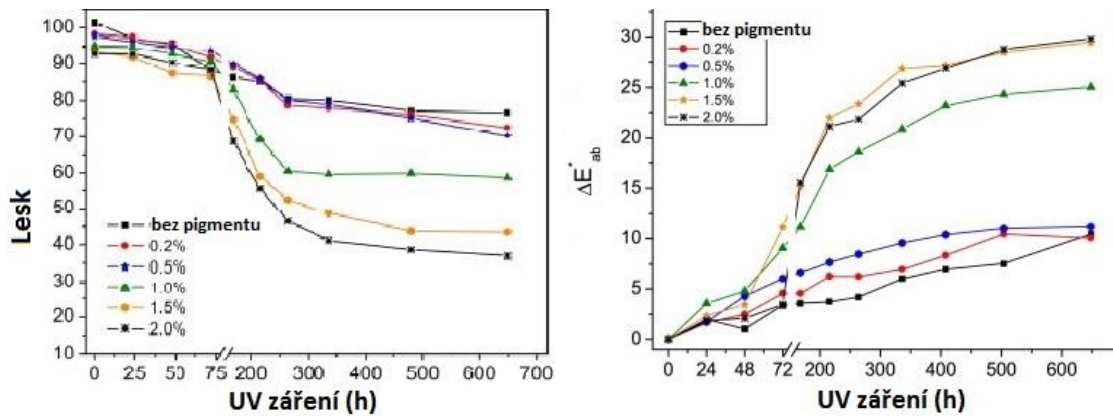
Jak už bylo řečeno, vzhled a stálobarevnost nátěru jsou jedny z hlavních kritérií při volbě typu povrchové úpravy. Organické pigmenty, vyrobené na bázi ropy dosahují jasných a výrazných barev, ale jejich degradace vlivem vlhkosti a UV záření probíhá rychleji než u anorganických pigmentů. [30]

Jedním z výzkumů na toto téma bylo testování optimálního množství organického žlutého pigmentu v nátěru na bázi styren-akrylátu. Vzorky byly vystaveny ultrafialovému a infračervenému záření, vlhkosti a působení chloridů, kdy byla pozornost zaměřena i na působení nepříznivých vlivů v dlouhodobém časovém horizontu.

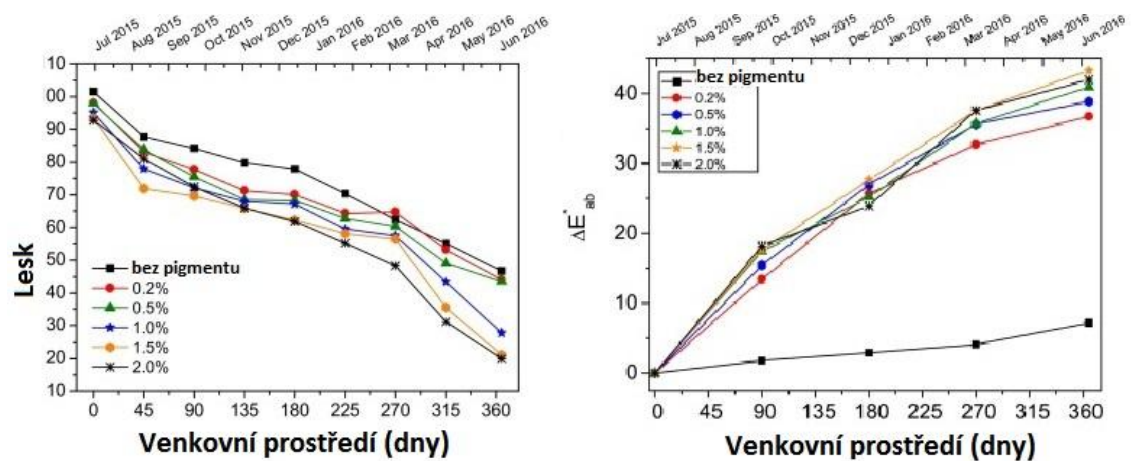
Z výsledků byly zřetelný negativní vliv vlhkosti a teploty na světlostálost, dále také výrazná náchylnost žlutého nátěru na působení ultrafialového záření, kdy

se postupně začala vytrácet podstata žluté barvy. Při působení infračerveného záření, došlo k fotochemické degradaci styren-akrylové matrice. [30]

Nejlepší hodnoty ochrany podkladu, změny barvy a lesku nátěru byly vyhodnoceny při množství žlutého pigmentu 0,2; 0,5 a 1 % z celkové hmotnosti.



**Obrázek 13:** Změna lesku (vlevo) a odchylka barevného odstínu (vpravo) během působení UV záření



**Obrázek 14:** Změna lesku (vlevo) a odchylka barevného odstínu (vpravo) během působení běžných povětrnostních vlivů působících po dobu 365 dní [30]

## 7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část je zaměřena na výběr vhodných nátěrových systémů a jejich aplikaci pro ošetření cementotřískových desek. Po tomto výběru byly jednotlivé vzorky podrobeny simulaci nepříznivých vlivů a následně zkoušeny jejich mechanické a vizuální vlastnosti.

## 8 METODIKA PRÁCE

Praktická část práce byla rozdělena do několika etap, konkrétně jde o:

- výběr vhodné materiálové báze nátěru
- výběr vhodného aplikačního postupu
- definice nepříznivých prostředí - délka působení, koncentrace, teplota
- návrh zkoušek a postupů
- vizuální posouzení
- vyhodnocení fyzikálně-mechanických parametrů
- analyzování změn barevného odstínu a lesku
- zhodnocení s vyvozením závěrů pro navazující výzkum a praxi

### 1. VÝBĚR VHODNÉ MATERIÁLOVÉ BÁZE NÁTĚRU

Nejprve byla pozornost zaměřena na 2 vrstvé nátěrové systémy, u kterých se jednotlivé varianty lišily především v množství nátěrové hmoty, ve zkoušení různých kombinací akrylátových s epoxidových typů, ale také v zavádění speciálních plniv ve formě teflonových kuliček, pro dosažení požadované struktury povrchu. Testován byl také ideální způsob nanášení jak základní, tak finální vrstvy. Postupně byla pozornost převedena na 3 vrstvé povrchové úpravy se zavedením minimálně jedné epoxidové vrstvy do každé skladby. Hrany vzorků byly ošetřeny vždy všemi třemi resp. čtyřmi nátěry. V tabulce níže jsou stručně popsány složení a dávky jednotlivých vrstev nátěru.

**Tabulka 1: Použité nátěrové systémy**

OZN.	Základová vrstva na rub a hrany	1. Základová vrstva na líc a hrany	2. Základová vrstva na líc a hrany	Finální vrstva na líc a hrany
TS3-1	BTAi základní nátěrová hmota, válec, 110-150 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
TS3-2	BTAi základní nátěrová hmota, válec, 110-150 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 160-210 g/m <sup>2</sup>
TS3-3	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-140 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
TS3-4	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-140 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 160-210 g/m <sup>2</sup>
TS3-5	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP2 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 110-160 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
TS3-6	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP2 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 110-160 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 160-210 g/m <sup>2</sup>
TS3-7	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-140 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
TS3-8	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-140 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 160-210 g/m <sup>2</sup>
PI3-1	BTAi základní nátěrová hmota, válec, 110-150 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní lasurovací lak, nástřik, 160-220 g/m <sup>2</sup>
PI3-2	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní lasurovací lak, nástřik, 160-220 g/m <sup>2</sup>

TC3-3	BTAi základní nátěrová hmota, válec, 110-150 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP2 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-140 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 160-210 g/m <sup>2</sup>
TC3-4	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP2 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-140 g/m <sup>2</sup>	není	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 160-210 g/m <sup>2</sup>
TC4-5	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP2 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 160-210 g/m <sup>2</sup>
SS4-1	BTAi základní nátěrová hmota, válec, 110-150 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
SS4-2	BTAi základní nátěrová hmota, válec, 110-150 g/m <sup>2</sup> , +5 % Rukosil	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
SS4-3	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
SS4-4	BTAi základní nátěrová hmota, válec, 110-150 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 100-160 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
SS4-5	BTAi základní nátěrová hmota, válec, 110-150 g/m <sup>2</sup> , +5 % Rukosil	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 100-160 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
SS4-6	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 100-160 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
TS4-1	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 140-200 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>
TS4-2	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 140-200 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP3 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140g/m <sup>2</sup>	BTAi vrchní nátěrová hmota, nástřik, 170-220 g/m <sup>2</sup>

Z4-3	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 140-200 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP4 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-160 g/m <sup>2</sup>
Z4-4	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 130-190 g/m <sup>2</sup>	BTAi základní nátěrová hmota nástřik, 140-200 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP1 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 90-140 g/m <sup>2</sup>	BTAi EP4 dvousložkový epoxidový nátěr, nástřik, 100-160 g/m <sup>2</sup>

### Legenda:

válec - nanášení nátěrů navalováním pomocí stroje Bürkle

nástřik - nanášení nátěru stříkáním pomocí stříkacího stroje Ekos

EP1 - poměrem tužení 1:4

EP2 - poměrem tužení 1:1

EP3 - poměrem tužení 1:10

EP4 - dvousložkový epoxidový finální nátěr

### Poznámka:

Každý nátěr, který není uveden jako epoxidový, je na akrylátové bázi.

## 2. VÝBĚR APLIKAČNÍHO POSTUPU

Vzhledem k snaze přiblížení se co nejvíc reálným podmínkám bylo zvoleno strojní nanášení stříkáním a navalováním. Nanášení bylo prováděno strojem stříkacím stojem Ekos a pro válcem Bürkle.

## 3. DEFINICE NEPŘÍZNIVÝCH PROSTŘEDÍ

Pro věrnou simulaci klimatických vlivů v mírném pásmu byly zvoleny tyto degradační vlivy: mráz, UV záření, síranový roztok a chemické rozmrazovací látky. Délka působení těchto vlivů byla stanovena dle míry degradace po jednotlivých etapách.

## 4. NÁVRH ZKOUŠEK A POSTUPŮ

Navrženo bylo 7 zkoušek zahrnující hodnocení jak fyzikálně-mechanických tak estetických vlastností povrchových úprav. Mezi tyto zkoušky patří: vizuální posouzení, zkouška přilnavosti, mřížková zkouška, stanovení tloušťky nátěru,

vrypová zkouška, měření změny lesku a barevného odstínu, odolnost proti rychlé deformaci.

#### 5. VIZUÁLNÍ POSOUZENÍ

V této části byly jednotlivé vzorky vizuálně hodnoceny a porovnány s vzorky referenčními. Důraz byl kladen především na sledování tvorby trhlinek, výkvětů nebo odpadávání nátěrové hmoty.

#### 6. VYHODNOCENÍ FYZIKÁLNĚ MECHANICKÝCH PARAMETRŮ

Po provedení fyzikálně-mechanických zkoušek byly tyto výsledky zapsány a následně vyhodnoceny ve formě tabulek a grafů.

#### 7. ANALYZOVÁNÍ ZMĚN BAREVNÉHO ODSTÍNU A LESKU

Tato etapa zahrnovala stanovení vizuálních změn jednotlivých nátěrů, vyjádřených pomocí komparačního parametru a změny lesku. Tyto hodnoty byly poté zpracovány a přeneseny do grafů.

#### 8. ZHODNOCENÍ S VYVOZENÍM ZÁVĚRU

Zde se jednalo o shrnutí veškerých získaných dat, okomentování výsledků a stanovení nejlepší možné varianty povrchové úpravy s doporučením na navazující studium

## 9 POUŽITÉ ZKUŠEBNÍ POSTUPY

### 9.1 EXPOZIČNÍ PROSTŘEDÍ

Vybrány byly prostředí, které nejlépe simulují působení běžných klimatických vlivů ve středním pásmu.

#### 9.1.1 Stanovení odolnosti proti mrazu

Sada těles je před vložením do mrazicího boxu uložena na 48 hodin do vodní lázně o teplotě  $(20 \pm 2)$  °C. Po vyjmutí z vodní lázně tělesa podstoupí řadu cyklů zmražení a rozmražení. Po uložení do mrazicího boxu jsou vzorky zmrazeny s teplotou prostředí  $(-18 \pm 2)$  °C, které je třeba dosáhnout během 1 až 2 hodin. Teplota se poté nadále udržuje další hodinu. Poté následuje rozmrazovací část cyklu, ve které jsou tělesa zality vodou o teplotě  $(20 \pm 2)$  °C po dobu 1 až 2 hodin. Každý cyklus trvá 4 až 6 hodin. Tento cyklus se opakoval u každého

vzorku minimálně 50x a jejich počet byl navyšován se zvyšující se kvalitou nátěru. [41]

### **9.1.2 Stanovení odolnosti proti mrazu a chemických rozmrazovacích látek**

Stejně jako u mrazu se je i zde zapotřebí před expozicí, uložit vzorky na 48 hodin do vodní lázně o teplotě  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Po vyndání z této lázně jsou tělesa ponořena do 3 % roztoku NaCl tak, aby hladina roztoku dosahovala maximálně do poloviny tloušťky vzorku. Takto připravený vzorek podstoupí řadu zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů. Tento cyklus je složen z chlazení zkušební plochy na teplotu  $-15 ^\circ\text{C}$  a následného ohřevu na  $+20 ^\circ\text{C}$  pomocí teplosměnného media, kterým je zkušební roztok. Na obou teplotách dochází k výdrži na stejné teplotě po dobu 15 minut. Jeden cyklus trvá přibližně 2 hodiny. Při expozici v mrazu s působením chemických rozmrazovacích látek, podstoupil každý vzorek minimálně 25 cyklů a se zvyšující se kvalitou nátěru počet cyklů stoupal. Po dosažení předepsaného počtu cyklu se tělesa nechala vyschnout a byly dále zkoušeny řadou fyzikálně mechanických a vizuálních zkoušek. [34]

### **9.1.3 Stanovení odolnosti proti UV záření**

Jednotlivé nátěrové systémy jsou vystavovány působení UV záření, kondenzace vody a teploty za kondenzovaných podmínek. Pro zkoušení povrchových úprav byla použita výbojka UVA-340. Zkušební vzorky se cyklicky vystaví vždy po 4 hodinách za sucha UV záření při teplotě černého panelu  $(60 \pm 3) ^\circ\text{C}$  a poté po 4 hodinách kondenzaci vody bez záření při teplotě černého panelu  $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ . Jeden cyklus se tedy skládá z 8h expozice. U každého vzorku se po 400 hodinách stanovily změny barvy a lesku. Doba expozice byla zvyšována dle míry degradace nátěru.

### **9.1.4 Stanovení odolnosti proti síranům**

Korozní kapalně síranové prostředí bylo připraveno jako nasycený roztok  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  o koncentraci 51,2 g/l ( $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$ ). Každý vzorek byl do expozice umístěn tak, aby jeho lícová strana byla v kontaktu s roztokem po celou dobu uložení. Nejvíce namáhány se jevily hrany, u kterých se nepřetržitě střídalo

částečné vysychání a opětovným smáčení roztokem, což bylo způsobeno vypařováním roztoku. Všechny vzorky byly exponovány v síranovém prostředí po dobu 45 dní, některé pak i 90 dní.

## 9.2 POUŽITÉ METODY PRO OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ

Metody byly stanoveny tak, aby vyhodnotili vliv expozičního prostředí jak na fyzikálně-mechanické tak i estetické vlastnosti vzorku.

### 9.2.1 Stanovení přilnavosti odtrhovou zkouškou

Zkouška byla principiálně provedena dle ČSN EN ISO 4624, která popisuje hodnocení přilnavosti jednovrstvých nebo vícevrstvých nátěrových systémů připravených z nátěrových hmot nebo obdobných výrobků měřením minimálního napětí v tahu potřebného k oddělení nebo odtržení nátěru ve směru kolmém k podkladu. [35]

Na zkušební vzorky jsou nejprve pomocí dvousložkového lepidla přilepeny kovové terče o průměru 50 mm. Po zatvrdnutí lepící hmoty je pomocí přístroje Controls 58-C0215/T, zjištěna minimální síla potřebná k odtržení přilepeného terče. Poté následovalo vyhodnocení zkoušky dle vzorce:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$\sigma$  - přilnavost povrchové vrstvy s podkladem v megapaskalech

$F$  - odtrhová síla v newtonech

$A$  - plocha terčiku v milimetrech čtverečních

### 9.2.2 Mřížková zkouška

Zkouška byla provedena dle ČSN EN ISO 2409:2013 odolnost nátěrů proti oddělení od podkladů, jestliže je nátěr proříznut pravouhlou mřížkou pronikající až k podkladu. [36]

Podstatou metody je provedení šesti rovnoběžných řezů a šesti dalších, které vedeme v kolmém směru na ty předešlé. Řezy musí pronikat celou vrstvou nátěru až na podkladní materiál. Po takto provedených řezech se na mřížku

nalepí samolepící páska, která se po 5 minutách odstraní během 0,5 až 1,0 s. Následuje vyhodnocení zkoušky dle klasifikační tabulky v normě. [36]

### 9.2.3 Stanovení změny barevného odstínu

Zkouška byla provedena dle ČSN EN ISO 105 – J03.

Měření bylo provedeno reflexním spektrofotometrem KONICA MINOLTA CM-600d. Barevný odstín určíme dle komparačního parametru  $\Delta E_{CMC}$ , který stanovíme z naměřených hodnot L, a, b v souladu s technickou normou. Výsledkem je porovnání vzorků uložených v expozici s referenčními vzorky. [37]



*Obrázek 15: Spektrofotometr KONICA MINOLTA CM-600d*

### 9.2.4 Stanovení odolnosti proti vrypu

Zkouška byla provedena principiálně dle postupů uvedených v ČSN EN ISO 1518-2.

Měření bylo provedeno pomocí zkušebního přístroje TQC SP0010-981. Hrot o poloměru 1 mm, zatížený specifikovanou silou se táhne konstantní rychlostí po povrchu nátěru, dokud nedojde k jeho porušení. Vzdálenost mezi jednotlivými vrypy musí být minimálně 5 mm a vzdálenost k hraně zkušební vzorku nejméně 10 mm. U každého vzorku byly určeny tři velikosti sil, podle toho, o jaký typ nátěru se jedná. Vyhodnocení zkoušky spočívá ve stanovení minimální zkušební zatížení potřebné k jejímu proniknutí. [38]

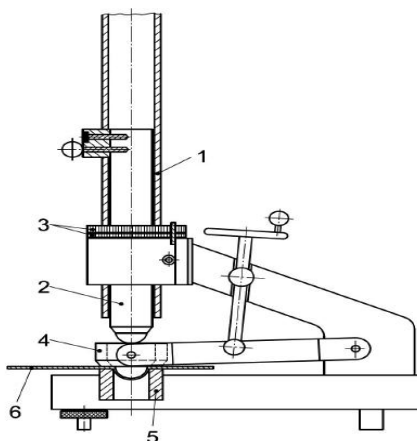


**Obrázek 16:** Zkušební přístroj TQC SP0010-981

### 9.2.5 Stanovení odolnosti proti rychlé deformaci dynamickým zatížením

Zkouška byla provedena dle ČSN EN ISO 6272-1 – Zkouška padajícím závažím, velká plocha úderníku.

Na vzorek opatřený nátěrem se spustí normalizované závaží o hmotnosti  $(1000 \pm 10)$  g z výšky, ze které nezpůsobí deformaci nátěru a podkladu. Postupným zvětšováním výšky, ze které závaží padá, a tedy i síly, kterou na vzorek působí, lze stanovit hodnotu, při které nastane poškození. Bylo zvoleno různých výšek (2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15) cm, pro všechny zkušební vzorky. U nátěru obvykle dojde k praskání, které je lépe viditelné při použití lupy nebo mikroskopu. [39]



**Obrázek 17:** Schéma zkušebního zařízení [39]

- 1 – vodící tubus
- 2 – závaží
- 3 – přídavné závaží, pokud se požaduje
- 4 – upínací zařízení
- 5 – matrice

## 9.2.6 Stanovení tloušťky nátěru

Zkouška byla provedena dle ČSN EN ISO 2808:2007

Použitím přístroje Erichsen P.I.G 455 s nožem číslo 5 byl proveden řez v úhlu 14°. Na stupnici přístroje se poté odečte šířka základní a horní vrstvy nátěru v řezu. [40] Výpočet tloušťky se poté vypočte dle vzorce:

$$t = b \cdot \tan \alpha$$

$b$  – odečtená šířka

$\alpha$  – úhel řezu nožem

$t$  – tloušťka nátěru

## 10 VÝSLEKY ZKOUŠEK

Testovány byly vždy tři vzorky v jedné sadě a uvedené výsledky jsou průměrné hodnoty z jednotlivých měření.

### Použité zkratky

M (100, 50) - vystavení mrazu po dobu (100, 50) cyklů

C (50, 25) - vystavení mrazu v kombinaci s chemickými rozmrazovacími látkami po dobu (50, 25) cyklů

S (45, 90) - uložení v síranovém prostředí po dobu (45, 90) dnů

QUV (4,...,4000) - vystavení UV záření po dobu 400 až 4000 hod (dle průběžného hodnocení změn barevného odstínu a struktury povrchu nátěru)

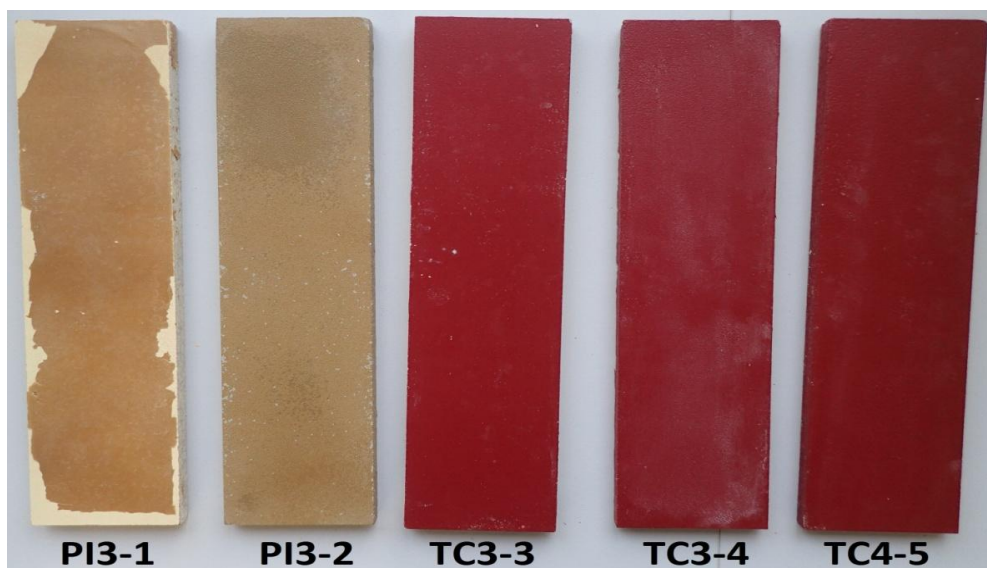
REF - referenční vzorky

OZN - označení vzorku

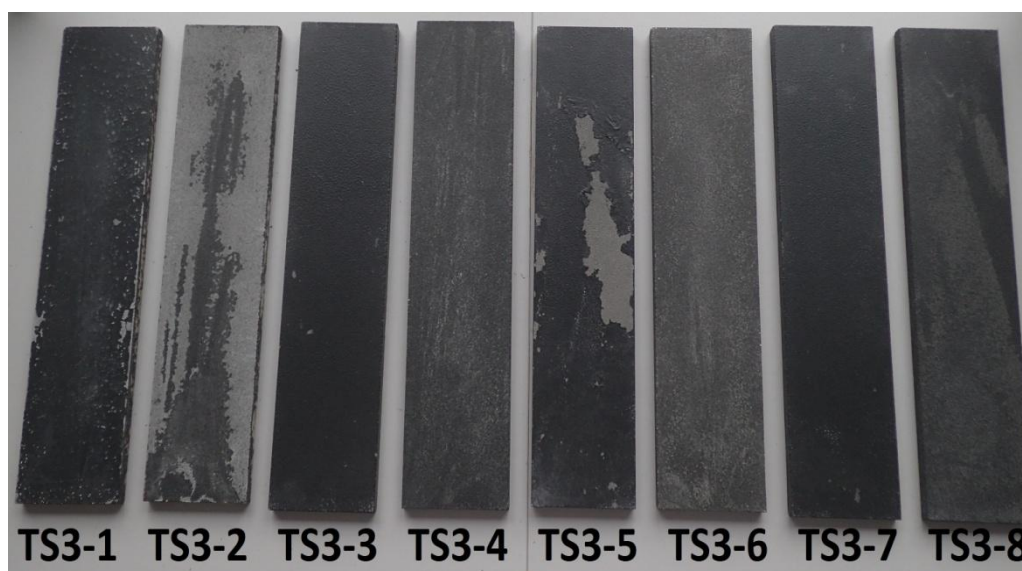
EXP - expozice

### 10.1 VIZUÁLNÍ HODNOCENÍ

Z důvodu velkého počtu zkušebních vzorků jsou v této kapitole vybrány pouze reprezentativní případy z každé sady. V jednotlivých nátěrech nejčastěji docházelo k tvorbě mikrotrhlinek a zhoršení vizuálních vlastností.

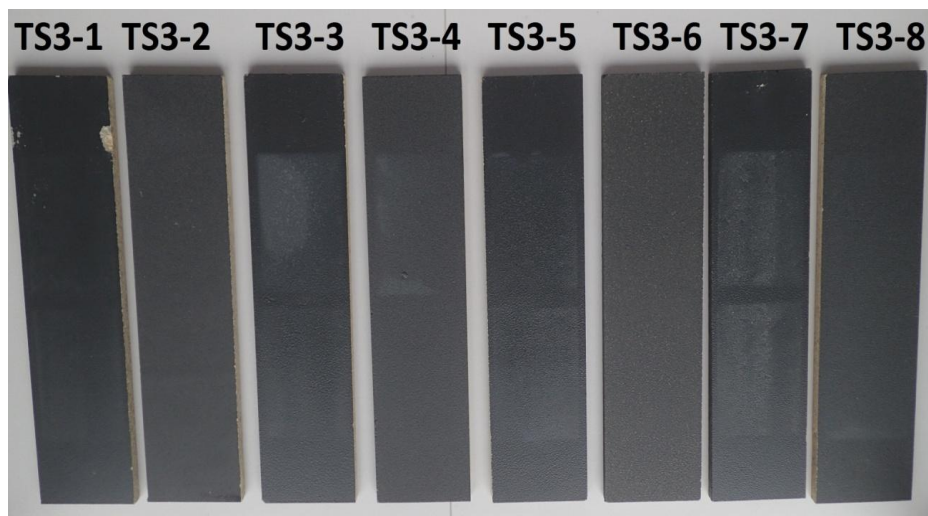


**Obrázek 18:** Sada vzorků PI3-1 až TC4-5 po podrobení 50 zmrazovacích cyklů. Jednotlivé vzorky podstoupily 50 zmrazovacích cyklů. Po tomto působení lze pozorovat značnou degradaci povrchové úpravy PI3-1, kde došlo k odlupování jednotlivých vrstev nátěru. Nátěr PI3-2 tomuto působení odolal lépe, lze však předpokládat podobný průběh degradace při delším působení mrazu. Vzorky TC3-3 až TC4-5 odolaly tomuto typu expozice bez výraznějších vizuálních změn.



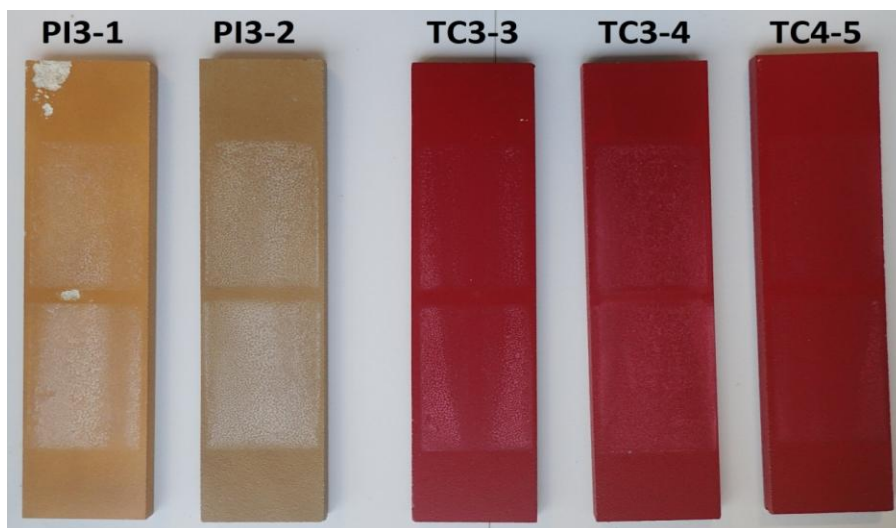
**Obrázek 19:** Sada vzorků PI3-1 až TC4-5 po podrobení 50 zmrazovacích cyklů. Sada byla uložena v mrazáku po dobu 50 cyklů. Došlo zde k viditelným změnám především u vzorku TS3-2 a TS3-5. Mráz způsobil porušení soudržnosti mezi základním a finálním nátěrem, a to mělo za následek jeho

odpadávání. Jako nejméně degradované lze vyhodnotit úpravy TS3-3, TS3-7 a TS3-8. Nátěr TS3-8 však vykazuje výraznou změnu barevného odstínu.



**Obrázek 20:** Sada vzorků TS3-1 až TC3-8 po působení UV záření

Jednotlivé vzorky sady byly vystaveny UV záření po dobu 2000 hodin. Největší vizuální změna nastala v případě TS3-3 TS3-5 a TS3-7, kdy lze na nátěru zřetelně určit místo působení kombinace UV záření s kondenzací vlhkosti. Degradace se projevila změnou odstínu barvy a lesku nátěru. Nejlépe tomuto působení odolaly vzorky TS3-2 a TS3-6, u kterých tato místa nejsou na první pohled zřetelná.



**Obrázek 21:** Sada vzorků PI3-1 až TC4-5 po působení UV záření

Sada pěti vzorků byla vystavena působení UV záření po dobu 4000 hodin. U prvních čtyř vzorků se projevily výrazné změny barevného odstínu, v extrémních případech i barvy samotné.



**Obrázek 22:** Vzorky PI3-1 a PI3-2 po vystavení síranovému prostředí

Tyto vzorky byly vybrány z důvodu jasné změny barevného odstínu po působení roztoku síranu sodného. Při této degradaci lze očekávat zachování mechanických vlastností avšak velký pokles estetických vlastností jako je změna odstínu barvy a lesku.



**Obrázek 23:** Sada vzorků PI3-1 až TC4-5 po působení síranového roztoku

Vzorky byly vystaveny působení síranového roztoku po dobu 90 dní. Degradace byla patrna především na hranách a rubové straně vzorků, kde krystalizovaly síranové soli. Na lícové straně, která byla v neustálém kontaktu se síranovým roztokem, došlo pouze k změně barevného odstínu, podobně jako tomu bylo při vystavení vzorků UV záření. Tomuto druhu nepříznivého vlivu nejlépe odolaly vzorky PI3-2 a TC4-5, naopak nejhorší se jevily vzorky TC3-3 a TC3-4.



**Obrázek 24:** Sada vzorků SS4-1 až SS4-6 po působení mrazu

Degradace způsobena působením mrazu se u této sady projevila především na hranách vzorků. Na rozdíl od lícové strany, která byla neustále ponořena do roztoku síranu sodného, hrany vyčnívaly nad hladinu roztoku, a tudíž zde mohlo docházet ke krystalizaci solí a postupnému narušování desky, resp. soudržnosti nátěrového systému deskou.



**Obrázek 25:** Detail hrany vzorku SS4-4 po působení 50 cyklů mrazu v kombinaci chemickými rozmrazovacími látkami

Vzniklé trhlinky v nátěru mohou způsobit průnik škodlivých látek do cementové matrice, a tím snížit mechanické vlastnosti cementotřískové desky.



**Obrázek 26:** Detail trhlinky na lícové straně vzorku SS4-6 po působení 100 cyklů mrazu

Zde lze vidět detail trhlinky způsobené průnikem a následným zamrznutím malého množství vody. Patrné jsou také poruchy ve formě odlupování částí povrchu. Tento typ porušení nastane pouze při oslabení nátěrové vrstvy, například vlivem špatného nanášení.



**Obrázek 27:** Detail porušení lícové strany povrchové úpravy vzorku PI3-1 po působení 50 zmrazovacích cyklů

V extrémních případech může dojít k úplné ztrátě přídržnosti mezi vrchní a podkladní vrstvou nátěru a následnému odpadávání celé povrchové úpravy.



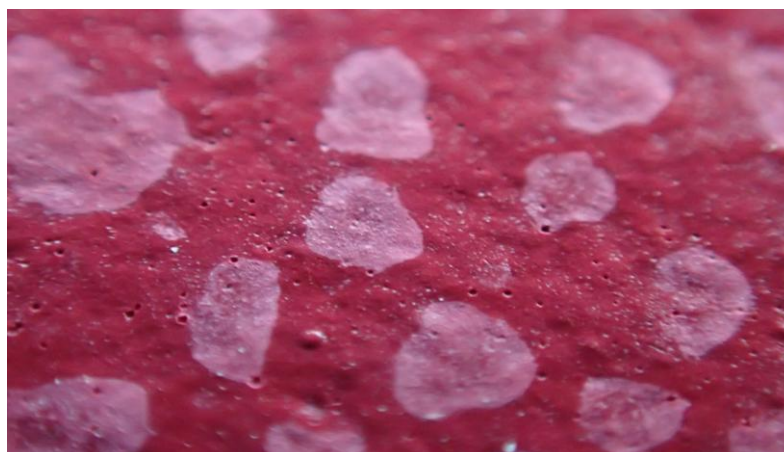
**Obrázek 28:** Detail průniku síranových solí do matrice cementotřískové desky

Po překonání povrchové vrstvy desky sírany dále vnikají do materiálu, rozrušují strukturu a mění hladký povrch desky.



**Obrázek 29:** Detail trhlinky na boční straně vzorku TC4-3 po působení mrazu

K zamezení tvorby trhlinek v oslabené části desky jako je například hrana, by bylo vhodné, desky dodatečně ošetřovat další vrstvou nátěru.



**Obrázek 30:** Detail degradace nátěru TC3-3 po působení UV záření

Změna odstínu zatím nastala pouze v malých částech kruhového tvaru, které se vytvořily jako důsledek kondenzace vodní páry. Při dalším působení lze

předpovídat zvětšení barevné difference a zvýšenou četnost těchto částí. UV záření rovněž negativně ovlivnilo lesk nátěru.

## 10.2 PŘILNAVOST NÁTĚRŮ

Níže v tabulce (viz Tab.) a grafech (viz Obr. 31-37) je uvedeno porovnání průměrných hodnot přilnavosti testovaných nátěrů. Vzhledem k tomu, že sada TS3 byla považována za nejméně odolnou ze všech testovaných, byly v jejím případě tělesa, vystavena nepříznivým vlivům pouze při kratší expoziční době.

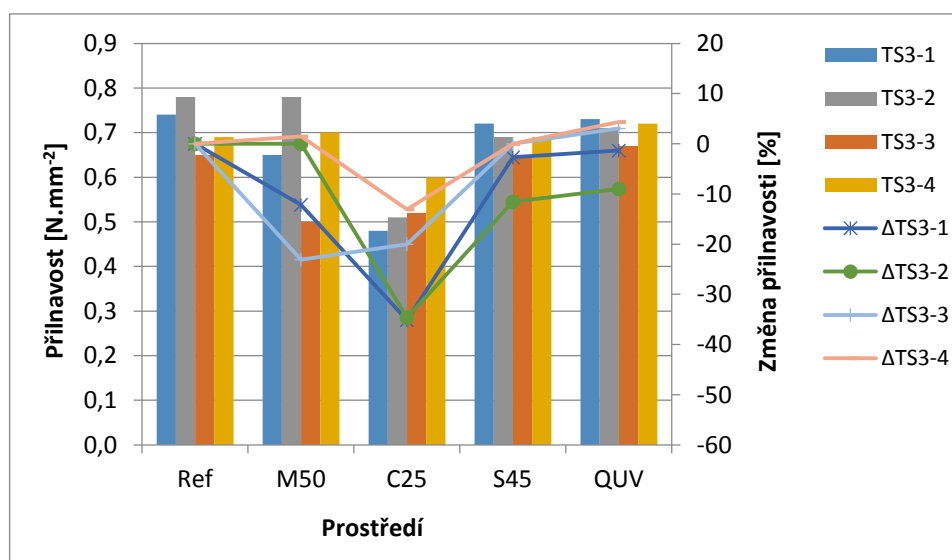
**Tabulka 2:** Typy ploch porušení dle ČSN EN 1542

Označení	Popis porušení
A	Kohezní porušení uvnitř podkladu
A/B	Adhezní porušení mezi podkladem a první vrstvou
B	Kohezní porušení v první vrstvě
B/C	Adhezní porušení mezi první a druhou vrstvou
C	Kohezní porušení v druhé vrstvě
-/Y	Adhezní porušení mezi poslední vrstvou a lepidlem
Y	Kohezní porušení v lepidle
Y/Z	Adhezní porušení mezi lepidlem a kruhovým terčem
Pokud dojde ke kombinaci těchto typů porušení, musí se provést vizuální prohlídka plochy porušení a stanoví se procentní podíl jednotlivých typů porušení podle velikosti plochy, např.: A : A/B : B = 40 % : 10 % : 50 %	

U drtivé většiny vzorků došlo ke koheznímu porušení uvnitř desky a lze tedy říci, že přilnavost těchto nátěrů byla ovlivněna pouze v nepatrné míře. Při tomto typu porušení byly výsledky porovnány s požadovanými hodnotami pro rozlupčivost cementotřískových desek a následně vyhodnoceny jako vyhovující.

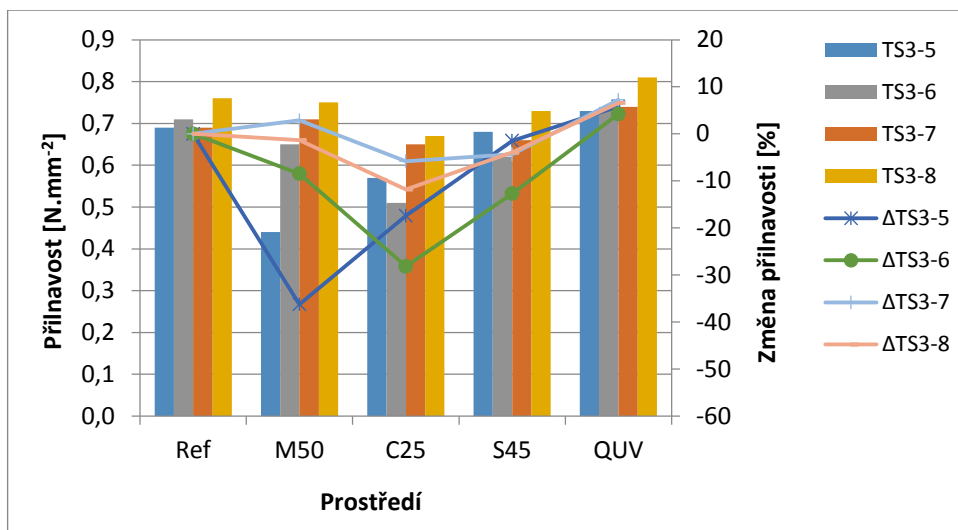
**Tabulka 3:** Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků TS3-1 až TS3-8

EXP.	REF		M50		C25		S45		QUV	
OZN	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]
TS3-1	A	0,7	A	0,7	A	0,5	A	0,7	A	0,7
TS3-2	A	0,8	B/C	0,5	A	0,5	A	0,7	A	0,8
TS3-3	A	0,7	A	0,5	B/C	0,5	A	0,7	A	0,7
TS3-4	A	0,7	A	0,7	A	0,6	A	0,7	A	0,7
TS3-5	A	0,7	A	0,4	A	0,6	A	0,7	A	0,7
TS3-6	A	0,7	A	0,7	A	0,5	A	0,7	A	0,7
TS3-7	A	0,7	A	0,7	A	0,7	A	0,7	A	0,7
TS3-8	A	0,8	A	0,8	A	0,7	A	0,8	A	0,8



**Obrázek 31:** Srovnání přilnavosti vzorků TS3-1 až TS3-4 po působení nepříznivých vlivů

Výše uvedená grafická závislost zobrazuje vliv nepříznivých vlivů na přilnavost nátěru s podkladní vrstvou. Z výsledků lze vidět, že největší vliv mělo působení mrazu v kombinaci s chemickými rozmrazovacími látkami, po kterém u vzorku TS3-2 a TS3-3 docházelo k adheznímu porušení mezi první a druhou vrstvou nátěru, důsledkem kterého poklesla hodnota přilnavosti téměř o 40% oproti referenčnímu vzorku. Působení síranového roztoku a UV záření naopak nemělo výrazný vliv na sledovanou vlastnost ani u jednoho vzorku. Nejkonstantnější výsledky přilnavosti vykazoval vzorek TS3-4.



**Obrázek 32:** Srovnání přilnavosti vzorků TS3-1 až TS3-4 po působení nepříznivých vlivů

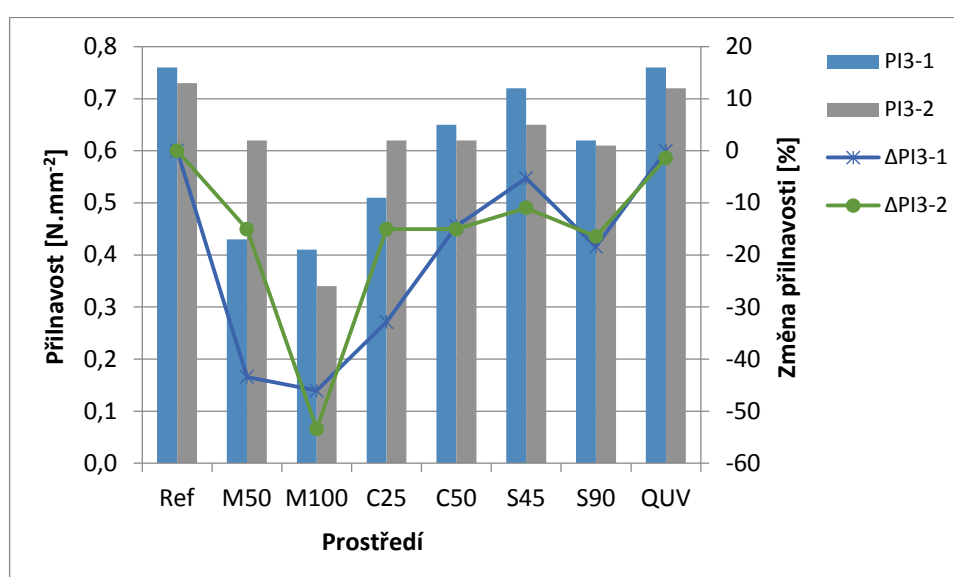
Podobně jako v minulém případě i zde hodnotu přilnavosti nejvíce ovlivnily chemické rozmrazovací látky a mráz. K adhezivnímu porušení mezi jednotlivými vrstvami nátěru došlo pouze u vzorku TS3-5. Přilnavost ostatních vzorků nebyla nepříznivými vlivy nijak významně ovlivněna. Jako nejlepší se jevíly vzorky TS3-7 a TS3-8.

**Tabulka 4:** Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků 1P3-5TC4

EXP.	REF		M50		M100		C25	
	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]
PI3-1	A	0,8	B/C	0,4	B/C	0,4	A/B/C	0,5
PI3-2	A	0,7	B/C	0,6	B/C	0,3	A	0,6
TC3-3	A	0,8	A	0,7	A	0,7	A	0,7
TC3-4	A	0,8	A	0,6	A	0,7	A	0,6
TC4-5	A	0,7	A	0,7	A	0,7	A	0,7

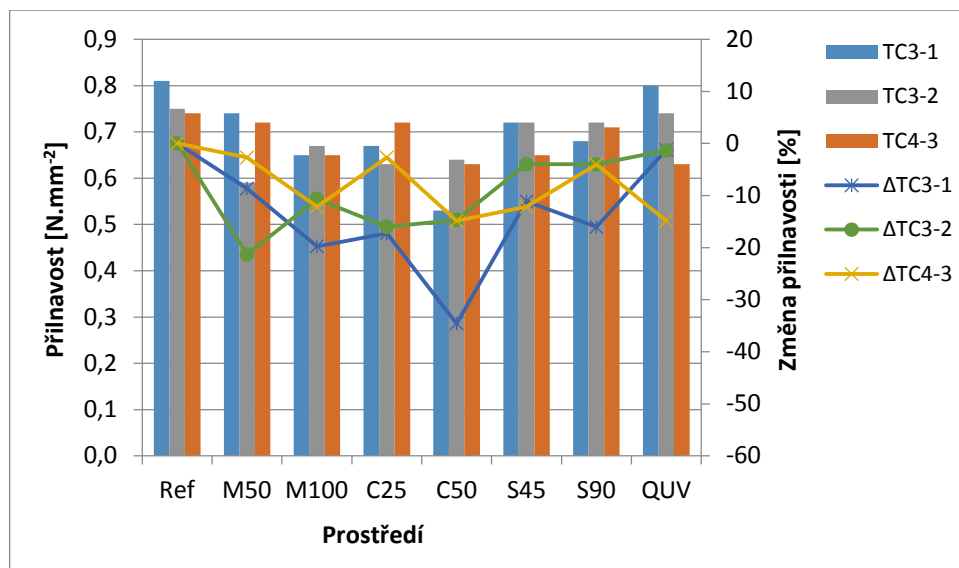
**Tabulka 5:** Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků PI3-1 až TC4-3

EXP.	C50		S45		S90		QUV	
OZN.	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]
PI3-1	A	0,6	A	0,8	A	0,6	A	0,8
PI3-2	A	0,6	A	0,7	A	0,6	A	0,7
TC3-3	A	0,5	A	0,7	A	0,7	A	0,8
TC3-4	A	0,6	A <td 0,7	A	0,7	A	0,7	
TC4-5	A	0,6	A	0,7	A	0,7	A	0,6



**Obrázek 33:** Srovnání přilnavosti vzorků PI3-1 a PI3-2 po působení nepříznivých vlivů:

Již při vizuálním hodnocení bylo u vzorku PI3-1 patrné porušení adhezční vrstvy mezi základním a finálním nátěrem po působení mrazu, což se také projevilo na hodnotě přilnavosti, která klesla téměř o 50 % oproti referenčnímu vzorku. Po větším počtu zmrazovacích cyklů tento případ nastal také u vzorku PI3-2. Při působení chloridů, byl zaznamenán pouze malý pokles přilnavosti nátěru. Vystavení síranovému roztoku a působení UV záření sledovanou veličinu nijak zvlášť neovlivnily.



**Obrázek 34:** Srovnání přilnavosti vzorků TC3-1 až TC3-3 po působení nepříznivých vlivů

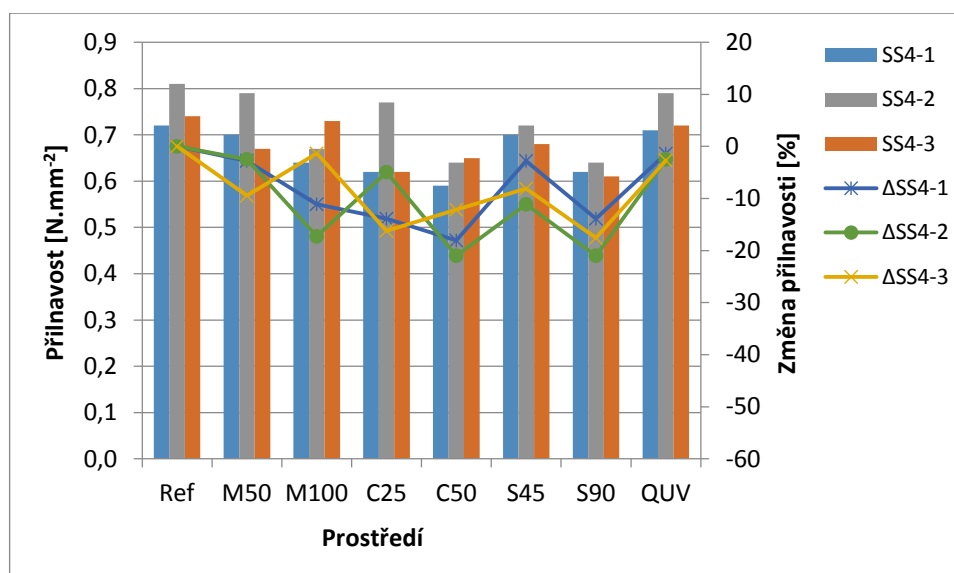
U všech třech vzorků došlo ke koheznímu porušení uvnitř desky. Lze tedy říci, že všechny tři nátěry odolaly působení všech nepříznivých vlivů. Největší pokles zde byl o necelých 35% oproti referenční hodnotě a to u přilnavosti nátěru TC3-1 po působení mrazu v kombinaci s chemickými rozmrazovacími látkami. Všechny tři povrchové úpravy jinak vykazovaly podobné hodnoty ve všech prostředích.

**Tabulka 6:** Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků SS4-1 až SS4-6

EXP.	REF		M50		M100		C25	
	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]
SS4-1	TP	$\sigma$ [MPa]	A	0,6	A	0,7	A	0,6
SS4-2	A	0,7	A	0,7	A	0,8	A	0,8
SS4-3	A	0,8	A	0,7	A	0,7	A	0,6
SS4-4	A	0,7	A	0,7	A	0,8	A	0,6
SS4-5	A	0,8	A	0,7	A	0,7	A	0,7
SS4-6	A	0,7	A	0,7	A	0,8	A	0,7

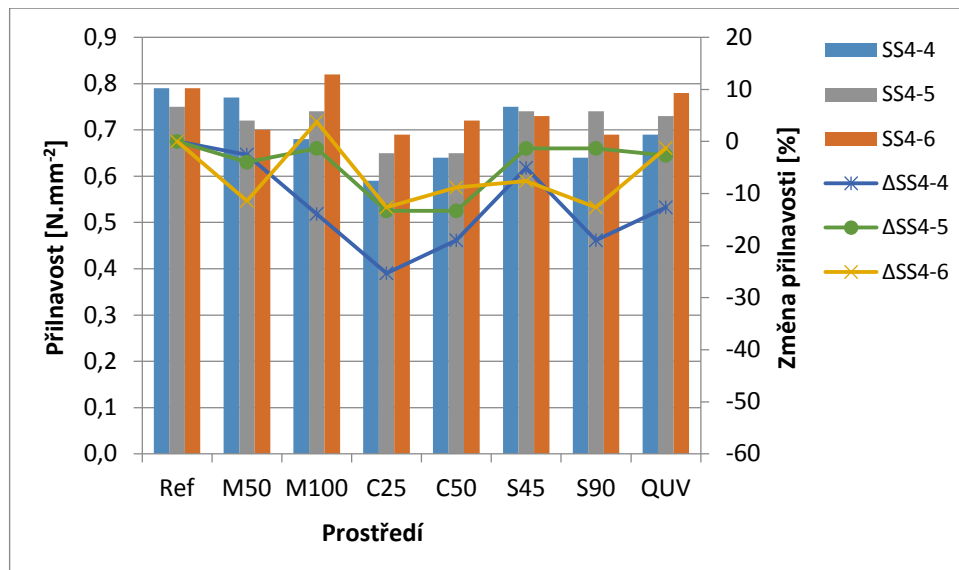
**Tabulka 7: Vyhodnocení typu porušení a soudržnosti nátěru vzorků SS4-1 až SS4-6**

EXP.	C50		S45		S90		QUV	
OZN.	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]
SS4-1	A	0,6	A	0,7	A	0,6	TP	$\sigma$ [MPa]
SS4-2	A	0,6	A	0,7	A	0,6	A	0,7
SS4-3	A	0,7	A	0,7	A	0,6	A	0,8
SS4-4	A	0,6	A	0,8	A	0,6	A	0,7
SS4-5	A	0,7	A	0,7	A	0,7	A	0,7
SS4-6	A	0,7	A	0,7	A	0,7	A	0,8



**Obrázek 35: Srovnání přilnavosti vzorků SS4-1 až SS4-3 po působení nepříznivých vlivů**

Největší pokles hodnoty přilnavosti nastal u sady těles, která byla vystavena působení mrazu v kombinaci s chemickými rozmrazovacími látkami po dobu 50 cyklů a roztoku síranu sodného. Pokles byl u všech třech nátěrů v rozmezí od 10 do 20 %. Ostatní vlivy neměly na sledovanou vlastnost výrazný vliv. Jako nejlepší se z této skupiny jevila povrchová úprava SS4-2.

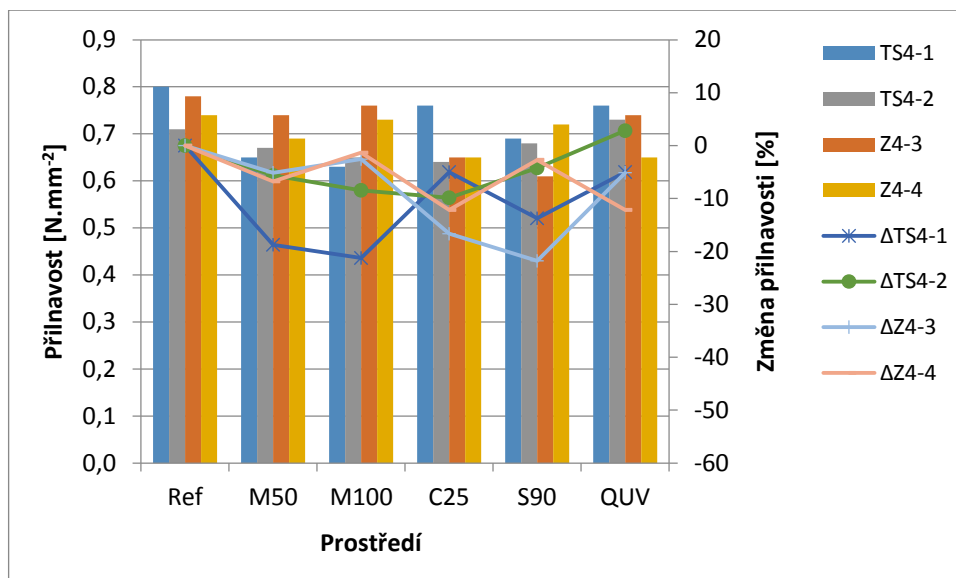


**Obrázek 36:** Srovnání přilnavosti vzorků SS4-4 až SS4-6 po působení nepříznivých vlivů

Podobně jako u minulé trojice vzorků i zde hodnota přilnavosti poklesla nejvíce u sady vzorků, která byla vystavena mrazu v kombinaci s chloridy. Největší pokles byl zaznamenán u nátěru SS4-4 a to konkrétně 25 % oproti referenční hodnotě. Působení roztoku síranu sodného, zde neměl tak výrazný vliv jako tomu bylo v minulém případě. Nejkonstantnější výsledky přilnavosti vykazovala povrchová úprava SS4-6.

**Tabulka 8:** Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků TS4-1 až Z4-4

EXP.	REF		M50		M100		C25		S90		QUV	
	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]	TP	$\sigma$ [MPa]
TS4-1	A	0,8	A	0,7	A	0,6	A	0,8	A	0,7	A	0,8
TS4-2	A	0,7	A	0,7	A	0,7	A	0,7	A	0,7	A	0,7
Z4-3	A	0,7	A	0,8	A	0,8	A	0,9	A	0,9	A	0,7
Z4-4	A	0,7	A	0,8	A	0,7	A	0,8	A	0,8	A	0,7



**Obrázek 37:** Srovnání přilnavosti vzorků TS4-1 až Z4-4 po působení nepříznivých vlivů

Při působení tahové síly na povrchovou vrstvu vzorků došlo vždy pouze ke koheznímu porušení uvnitř materiálu desky. Největší pokles hodnoty byl zaznamenán u vzorku TS4-1 po působení mrazu a u vzorku Z4-3 po uložení mrazu v kombinaci s chemickými rozmrazovacími látkami. Tento pokles byl mírně přes 20 % oproti přilnavosti referenčního vzorku.



**Obrázek 38:** Příklady typu porušení při odtrhu terčíku od podkladu



**Obrázek 39:** Vybraná sada 1TS3 - 8TS3 po S45, odzkoušená odtrhovou zkouškou



**Obrázek 40:** Vybraná sada 1SV4 - 6SV4 po C25 a následném odzkoušení odtrhovou zkouškou

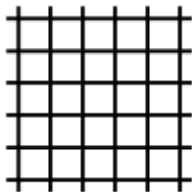
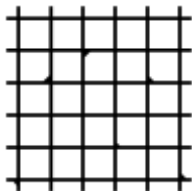
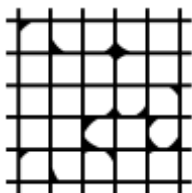

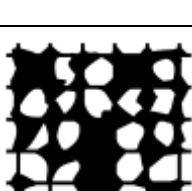


**Obrázek 41:** Vybraná sada 1P3 - 5TC4 po M50 a následném odzkoušení odtrhovou zkouškou

## 10.3 ODDĚLENÍ NÁTĚRU OD PODKLADU

Na každém vzorku byla provedena a následně vyhodnocena mřížková zkouška dle normy ČSN EN ISO 2409:2013.

**Tabulka 9:** Klasifikace vzhledu povrchu plochy s mřížkou dle ČSN EN ISO 2409:2013

Klasifikace	Popis	Vzhled povrchu plochy s mřížkou, na které se vyskytlo odlupování *
0	Hrany řezů jsou zcela hladké; žádný čtverec mřížky není odloupen	
1	Odloupení malých šupinek povlaku v místech křížení řezů. Zasažená plocha není větší než 5 % plochy mřížky.	
2	Nátěr odloupen podél hran řezů a v místech jejich křížení. Zasažená plocha převyšuje 5 %, ale není větší než 15 % plochy mřížky.	
3	Nátěr částečně nebo zcela odloupen ve velkých pásech podél hran řezů a/nebo částečně nebo zcela odloupen na různých částech čtverců. Zasažená plocha převyšuje 15 %, ale není větší než 35 % plochy mřížky.	
4	Nátěr odloupen ve velkých pásech podél hran řezů a/nebo se některé čtverce částečně nebo zcela odlouply. Zasažená plocha převyšuje 35 %, ale není větší než 65 % plochy mřížky.	
5	Jakýkoliv rozsah odloupení, který nelze klasifikovat ani stupněm 4.	

\* Obrázky znázorňují příklady mřížek v rámci jednotlivých klasifikačních stupňů. Uvedené procentuální podíly jsou založeny na vizuálním dojmu z obrázků a při digitálním zpracování obrazu nemusí být nutně dosaženy stejné podíly.

**Tabulka 10: Klasifikace zkušebních vzorků TS3-1 až TS3-8**

EXP.	REF	M50	C25	S45	QUV
OZN.	Klasifikace				
TS3-1	3	5	5	5	5
TS3-2	3	3	3	5	5
TS3-3	4	3	4	3	5
TS3-4	2	4	3	5	1
TS3-5	3	5	3	4	1
TS3-6	3	5	4	5	5
TS3-7	2	2	4	3	2
TS3-8	4	4	4	2	5

U většiny vzorků z této sady se na soudržnosti nátěru s podkladem projevilo nepříznivé působení vnějších vlivů, jako byl mráz, působení síranů a chloridů nebo vystavení UV záření. Tyto vzorky měly znatelně horší soudržnost než vzorky referenční. Největší odolnost proti oddělení nátěru od podkladu vykazovaly vzorky TS3-4 a TS3-7. Nejmenší soudržnost byla stanovena u vzorku TS3-1.

**Tabulka 11: Klasifikace zkušebních vzorků PI3-1 až TC4-3**

EXP.	REF	M50	M100	C25	C50	S45	S90	QUV
OZN.	Klasifikace							
PI3-1	3	5	5	5	3	3	2	5
PI3-2	2	5	5	5	2	3	3	5
TC3-3	5	5	4	5	5	4	3	5
TC3-4	5	4	4	4	2	4	4	5
TC4-5	5	5	5	3	4	5	4	5

Soudržnost nátěrů PI3-1 a PI3-2 značně klesla vlivem působení mrazu a UV záření. Vzorky TC3-3, TC3-4 a TC4-5 vykazují velmi špatnou odolnost proti oddělení nátěru od podkladu, nehledě na to, zda byly vystaveny nepříznivým vlivům nebo ne, což může také souviset s menší houževnatostí nátěru vzhledem k prováděnému postupu testování. Žádný ze vzorků nelze dle výsledků mřížkové zkoušky považovat jako nejodolnější.

**Tabulka 12: Klasifikace zkušebních vzorků SS4-1 až SS4-6**

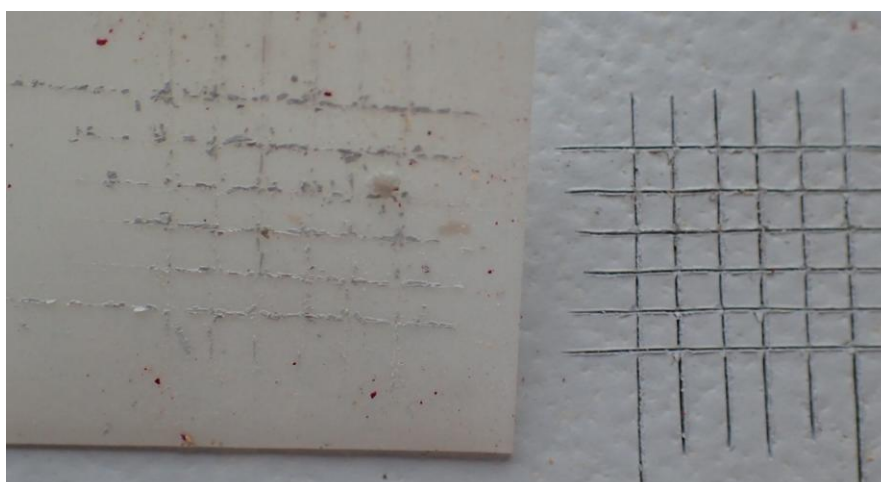
EXP.	REF	M50	M100	C25	C50	S45	S90	QUV
OZN	Klasifikace							
SS4-1	2	1	4	2	5	2	2	5
SS4-2	3	2	5	2	5	5	3	5
SS4-3	4	2	3	3	3	2	3	5
SS4-4	2	2	5	3	5	5	3	5
SS4-5	2	2	1	5	5	5	3	5
SS4-6	2	3	3	4	5	5	3	5

Vzorky vystavené chemickým rozmrazovacím látkám a UV záření se prokázaly jako méně odolné proti oddělení nátěru od podkladní vrstvy. Působení síranového roztoku a malého počtu zmrazovacích cyklů přídržnost nátěru nijak zásadně neovlivnily. Jako nejlepší se prokázal vzorek číslo SS4-1.

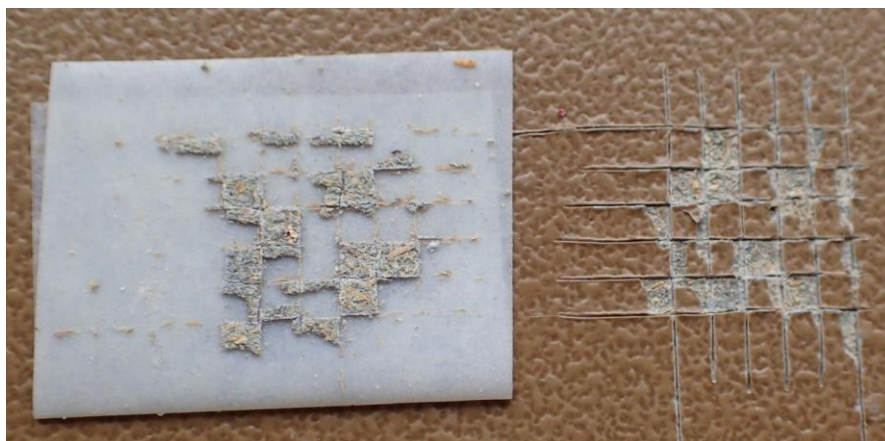
**Tabulka 13: Klasifikace zkušebních vzorků TS4-1 až Z4-3**

EXP.	REF	M50	M100	C25	S90	QUV
OZN	POŠKOZENÍ					
TS4-1	4	4	5	5	4	2
TS4-2	4	5	5	5	4	2
Z4-3	3	5	5	4	3	1
Z4-4	4	5	5	5	3	1

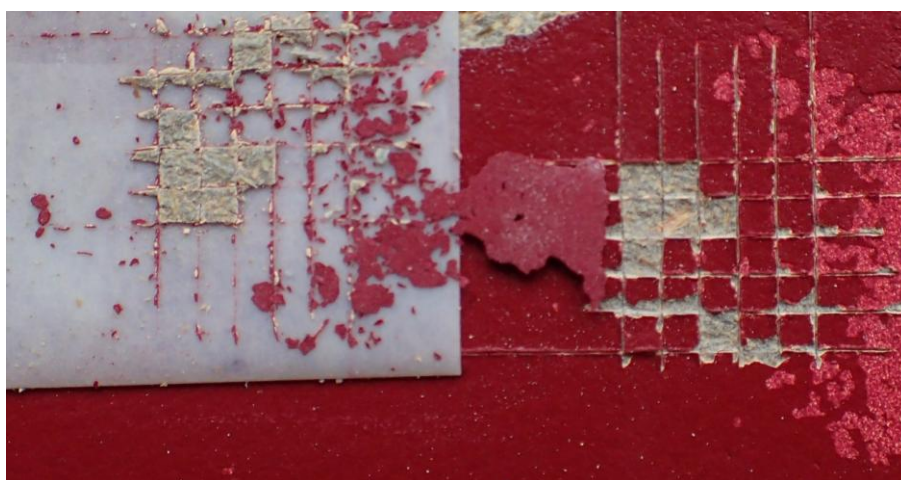
Soudržnost nátěru s podkladem této sady byla u referenčních vzorků nízká a dále se snižovala vlivem mrazu a chemických rozmrazovacích látek. U všech vzorků vystavených UV záření se přídržnost povrchové vrstvy zřetelně zlepšila.



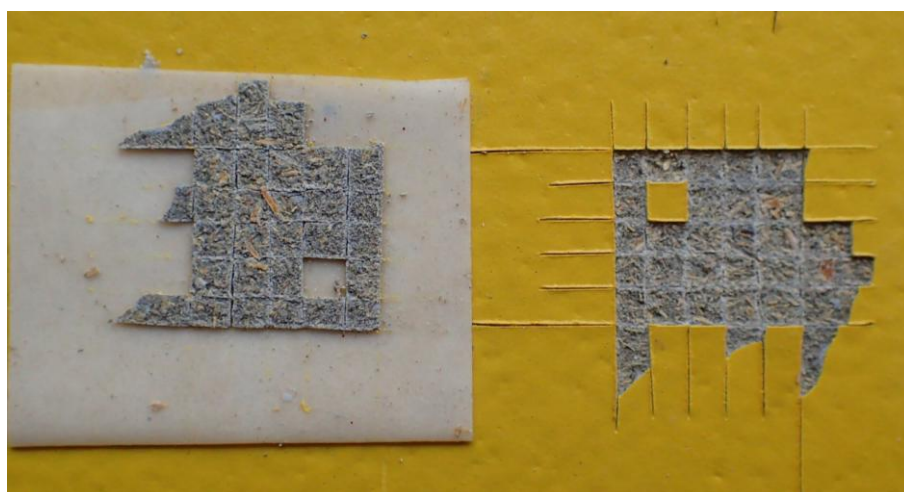
**Obrázek 42: Příklad porušení nátěru po mřížkové zkoušce vzorku SS4-1**



**Obrázek 43:** Příklad porušení nátěru po mřížkové zkoušce vzorku PI3-2



**Obrázek 44:** Příklad porušení nátěru po mřížkové zkoušce vzorku TC3-4



**Obrázek 45:** Příklad porušení nátěru po mřížkové zkoušce vzorku 4Z4

## 10.4 ODOLNOST PROTI VRYPU

Následující tabulka obsahuje vyhodnocení odolnosti proti vrypu jednotlivých nátěrů. Míra porušení je zde znázorněna stupnicí 1-5. Zkouška je vyhodnocena pouze vizuálně a je do určité míry ovlivněna barevným odstínem zkoušeného nátěru. Při vizuálním hodnocení odolnosti vůči vrypu bývá u tmavých, nebo barevně výrazných vzorků porušení nátěru zřetelnější, než u vzorků světlých a je tedy nutné použít vhodný osvětlovací zdroj, lupu či optický mikroskop.

**Tabulka 14:** Vyhodnocení odolnosti proti vrypu při působení síly (0,2; 0,5; 1) N vzorků TS3-1 až TS3-8.

	EXP.	REF	M50	C25	S45	QUV	EXP.	REF	M50	C25	S45	QUV
Síla [N]	OZN.	POŠKOZENÍ					OZN.	POŠKOZENÍ				
0,2	TS3-1	2	2	2	3	2	TS3-5	1	1	2	1	1
0,5		3	3	3	5	3		2	2	2	2	2
1		3	4	4	5	4		3	3	3	3	4
0,2	TS3-2	1	2	2	4	2	TS3-6	1	1	2	2	2
0,5		3	3	3	4	3		2	2	3	3	3
1		4	4	5	5	4		3	3	4	4	4
0,2	TS3-3	1	1	2	2	1	TS3-7	1	1	1	1	1
0,5		3	2	3	3	3		1	2	2	2	3
1		3	3	3	3	4		2	2	3	4	3
0,2	TS4-4	1	1	2	2	2	TS3-8	1	1	1	2	2
0,5		2	2	2	2	2		2	2	3	3	2
1		3	3	3	3	3		3	3	4	4	3

Největší vliv na odolnost proti pronikání hrotu do nátěru mělo působení UV záření, roztoku síranu sodného a mrazu v kombinaci s chemickými rozmrazovacími látkami. Jako nejodolnější proti vrypu se prokázaly vzorky TS3-3 a TS3-7, naopak nejnižší odolnost vykazovaly vzorky TS3-2 a TS3-6.

**Tabulka 15:** Vyhodnocení odolnosti proti vrypu při působení síly (1; 2; 3) N vzorků PI3-1 až TC4-5

	EXP.	REF	M50	M100	C25	C50	S45	S90	QUV
Síla [N]	OZN.	POŠKOZENÍ							
1	PI3-1	1	3	5	1	2	1	2	2
2		2	5	5	3	4	4	4	4
3		3	5	5	5	5	4	5	5
1	PI3-2	1	4	4	1	2	1	1	1
2		3	5	5	2	3	3	3	3
3		4	5	5	4	5	3	4	3
1	TC3-3	2	2	2	1	2	1	2	2
2		3	3	4	2	3	2	3	4
3		3	4	4	5	4	3	4	5
1	TC3-4	1	1	1	2	3	1	1	1
2		2	3	3	3	4	3	3	3
3		3	4	4	5	5	3	4	4
1	TC4-5	1	2	2	1	1	1	1	2
2		2	3	4	2	3	3	3	4
3		3	4	5	5	4	4	4	5

Povrchová úprava vzorků PI3-1 a PI3-2 podlehla značné degradaci vlivem mrazu. Tato degradace způsobila výrazné snížení odolnosti proti vrypu. Další expozice neměly u tohoto typu povrchové úpravy na odolnost proti vrypu výrazný vliv. Vzorky TC3-3, TC3-4 a TS3-5 byly naopak ovlivněny především působením UV záření a mrazu ve spojení s chemickými rozmrazovacími látkami. V této sadě nelze určit všeobecně lepší vzorek.

**Tabulka 16:** Vyhodnocení odolnosti proti vrypu při působení síly (1; 3; 5) N vzorků 1SV4-6SV4

	EXP.	REF	M50	M100	C25	C50	S45	S90	QUV
Síla [N]	OZN.	POŠKOZENÍ							
1	SS4-1	1	1	1	1	2	2	1	1
3		1	3	3	3	3	3	3	3
5		3	4	5	5	5	5	5	4
1	SS4-2	1	1	1	1	2	2	2	2
3		2	3	3	2	4	3	4	3
5		4	3	4	3	5	5	5	5
1	SS4-3	1	2	2	2	2	1	1	1
3		1	3	3	3	3	3	3	2
5		3	4	5	4	4	4	4	4
1	SS4-4	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	3	3	3	3	2	2	2
5		3	3	4	3	4	4	4	4
1	SS4-5	1	1	1	2	1	1	2	1
3		1	3	3	3	3	2	4	3
5		3	3	4	3	5	5	5	5
1	SS4-6	1	1	2	2	2	1	1	2
3		1	3	4	3	3	2	3	3
5		3	4	5	4	5	4	4	4

Odolnost proti vrypu byla u této sady značně ovlivněna všemi nepříznivými vlivy. Jako nejodolnější se prokázal vzorek SS4-4, u kterého se výrazné porušení projevilo pouze u vzorku po vystavení 100 zmrazovacích cyklů, nejméně odolný pak vzorek SS4-1, u kterého bylo extrémní porušení hrotem znatelné ve většině případů.

**Tabulka 17:** Vyhodnocení odolnosti proti vrypu při působení síly (2; 4; 6) N vzorků TS4-1 až Z4-4

		REF	M50	M100	C25	S90	QUV
Síla [N]	OZN.	POŠKOZENÍ					
2	TS4-1	1	1	2	1	1	2
4		1	3	3	2	3	3
6		3	5	5	4	4	4
2	TS4-2	1	1	1	1	2	1
4		1	3	3	2	3	3
6		3	5	5	5	4	4
2	Z4-3	1	2	1	1	1	2
4		2	3	3	2	2	3
6		4	5	5	5	3	4
2	Z4-4	1	2	2	1	1	1
4		1	3	3	2	2	2
6		4	5	4	5	4	4

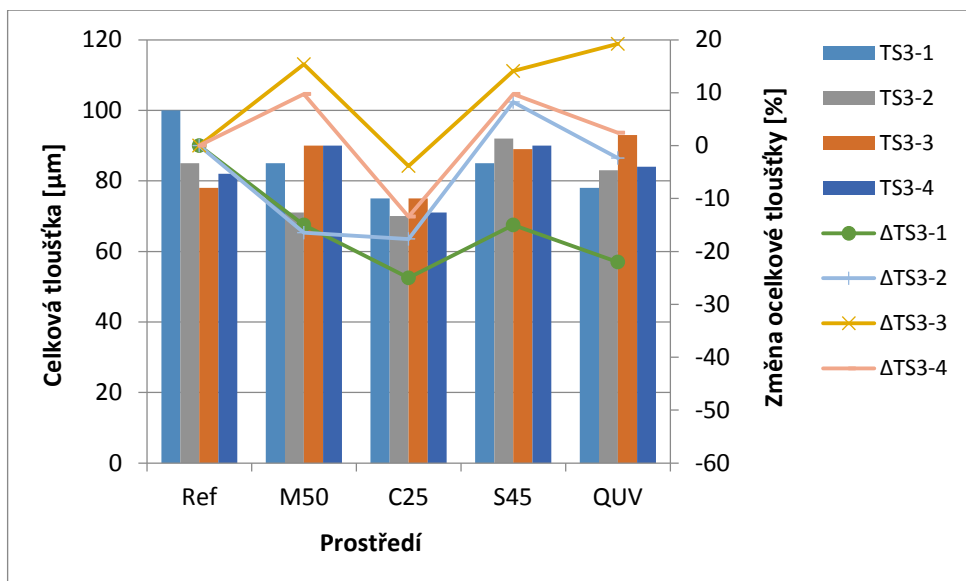
Znatelný pokles vrypové odolnosti oproti referenčním vzorkům byl patrný pouze u sady, která byla vystavena působení mrazu. Hodnoty vzorků z ostatních expozičních prostředí se od referenčních příliš neměnily. Žádnou z těchto povrchových úprav nelze stanovit jako jednoznačně nejodolnější.

#### Legenda

- 1 – slabě viditelný přerušovaný vryp
- 2 – slabě viditelný málo hluboký vryp
- 3 – Dobře viditelný středně hluboký vryp
- 4 – Dobře viditelný hluboký vryp
- 5 – Dobře viditelný hluboký vryp s odpadáváním nátěrových hoblinek

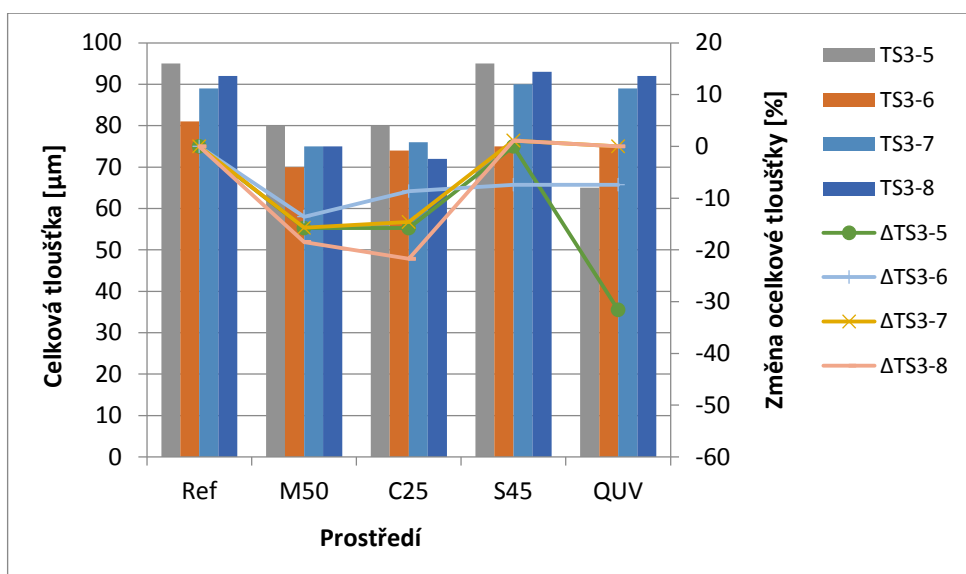
## 10.5 TLOUŠŤKA NÁTĚRU

Na každém vzorku byla změřena a odečtena tloušťka jak základního, tak finálního nátěru. Vyhodnocení celkové tloušťky nátěrů jednotlivých vzorků je uvedeno v grafech níže. V grafech níže je zobrazena závislost vlivu prostředí na celkovou tloušťku nátěru.



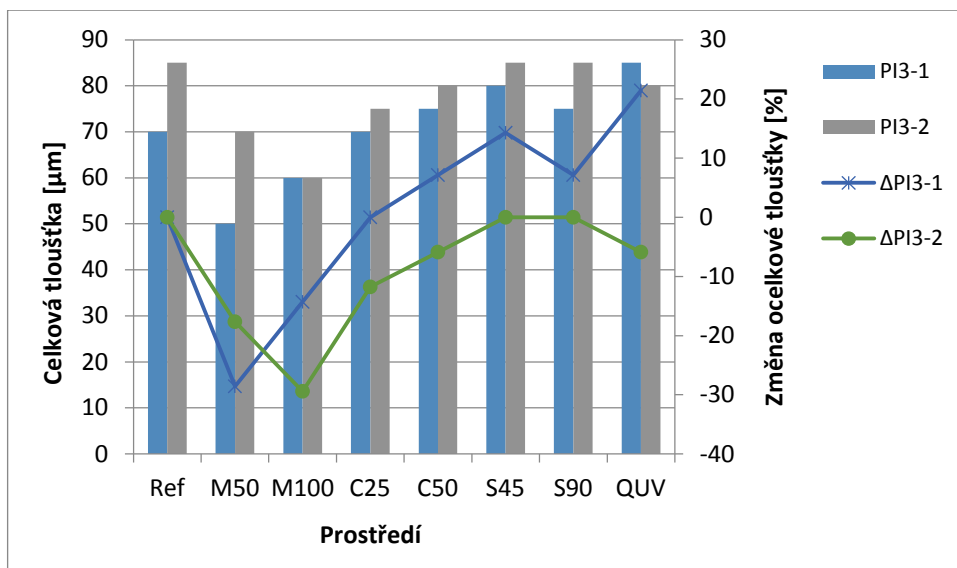
**Obrázek 46:** Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků TS3-1 až TS3-4

Významný pokles celkové tloušťky nátěru byl pozorován pouze u vzorku TS3-1 po působení mrazu v kombinaci s chemickými rozmrazovacími látkami a UV záření. Jednalo se o rozdíl 20 % oproti referenční hodnotě.



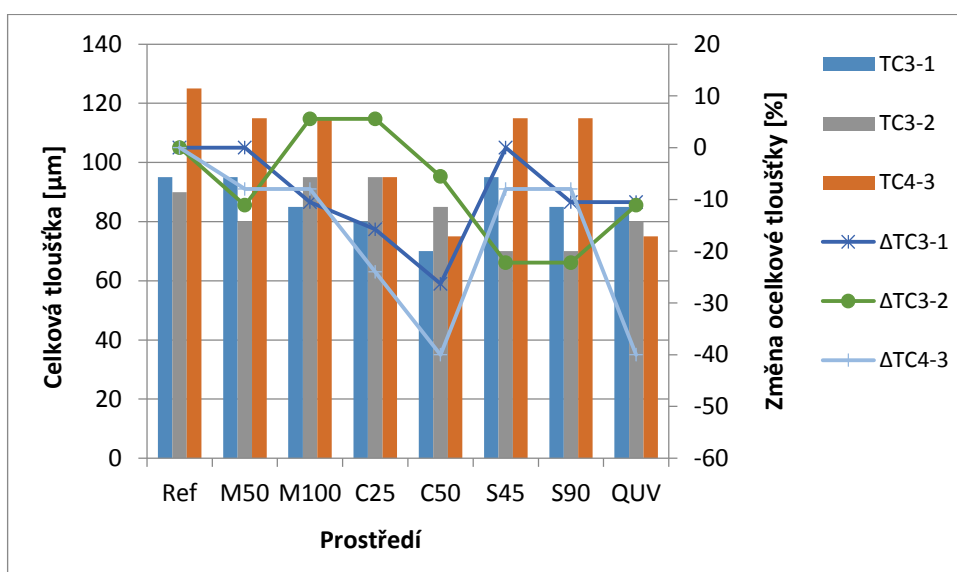
**Obrázek 47:** Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků TS3-5 až TS3-8

Podobně jako v minulém případě i zde došlo k poklesu celkové tloušťky nátěru vlivem působení mrazu a chemických rozmrazovacích látek. Jednalo se o pokles 10 - 20 % od referenční hodnoty. Další výraznou diferencí lze pozorovat u vzorku TS3-5 který byl vystaven UV záření. V tomto případě se jednalo o více než 30% pokles.



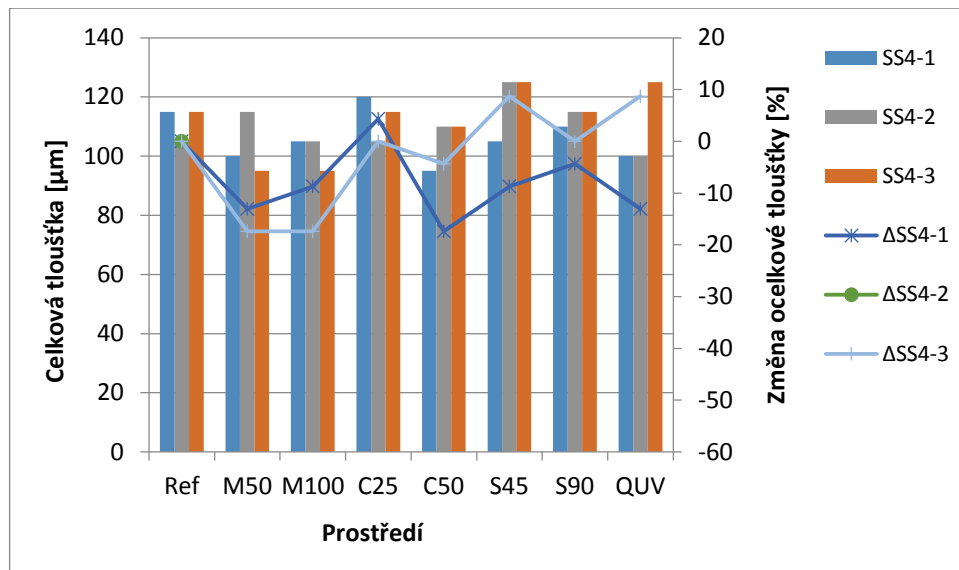
**Obrázek 48:** Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků PI3-1 a PI3-2

Výrazný pokles tloušťky nátěru nastal při degradaci mrazem. V porovnání s referenčním vzorkem zde hodnota u obou vzorků poklesla o více než 30 %. Jiné expoziční prostředí neměly výrazný vliv, na sledovanou charakteristiku.



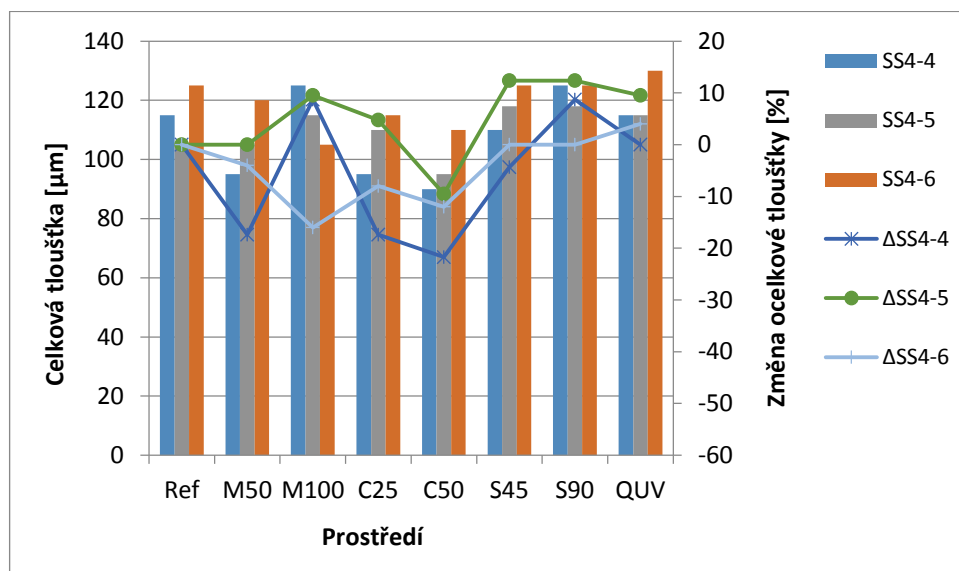
**Obrázek 49:** Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků TC3-1 až TC4-3

Degradace UV zářením a mrazem v kombinaci s chloridy zapříčinila výrazný pokles celkové tloušťky vícevrstvého nátěru TC4-5. Tento pokles činil více než 40 % z celkové tloušťky povrchové úpravy referenčního vzorku. U ostatních vzorků byla zaznamenána, pouze mírná diference naměřených hodnot.



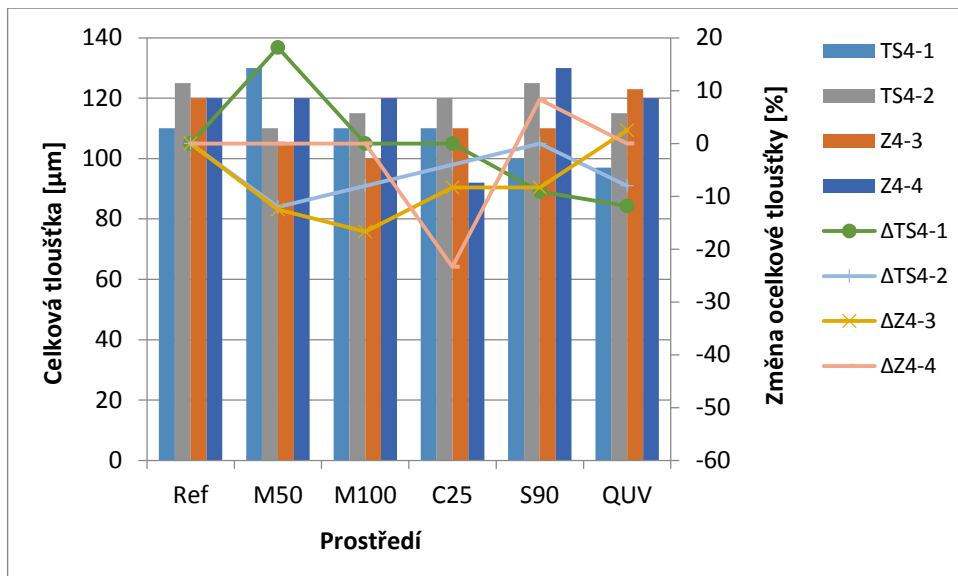
**Obrázek 50:** Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků SS4-1 až SS4-3

U této trojice vzorků nebyly pozorovány žádné výrazné změny v celkové tloušťce nátěru, dá se tedy říci, že negativní prostředí nemělo na sledovanou charakteristiku vliv.



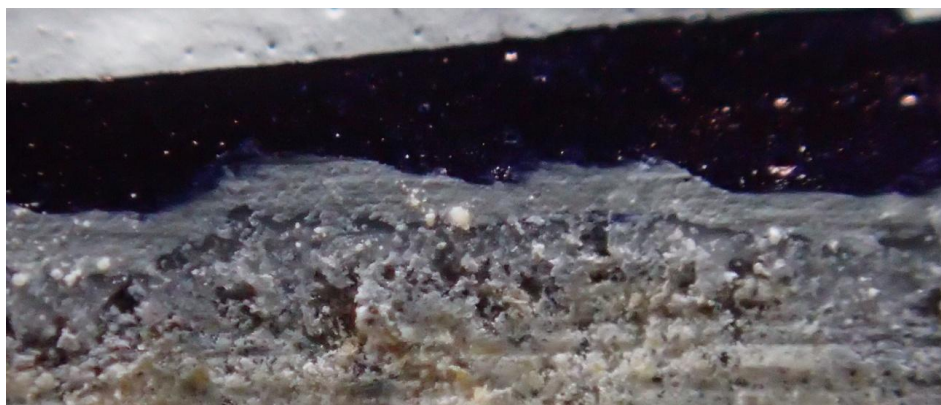
**Obrázek 51:** Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků SS4-4 až SS4-6

U působení mrazu v kombinaci s chemickými rozmrazovacími látkami po dobu 25 i 50 cyklů byl zaznamenán mírný pokles celkové tloušťky nátěru, který pouze mírně překročil hranici 20 % oproti referenčním hodnotám. V ostatních případech byly difference zanedbatelné.



**Obrázek 52:** Srovnání celkové tloušťky nátěru u vzorků TS4-1 až Z4-4

Výrazné snížení celkové tloušťky bylo pozorováno pouze u vzorku Z4-4 po degradaci mrazem v kombinaci s působením chloridů. Jednalo se přibližně o 25% pokles oproti referenční hodnotě.



**Obrázek 53:** Řez nátěrem pro zjištění celkové tloušťky



**Obrázek 54:** Řez nátěrem pro zjištění celkové tloušťky s jasným přechodem mezi základní a finální vrstvou

## 10.6 ODOLNOSTI VŮČI DYNAMICKÉMU ZATÍŽENÍ

Výška pádu závaží byla stanovena dle výsledků získaných při zkoušení cementotřískové desky bez povrchové úpravy. Každý vzorek byl následně odzkoušen a vizuálně vyhodnocen dle míry porušení při působení různě velkého dynamického zatížení. Toto vyhodnocení je vyobrazeno v tabulkách níže.

**Tabulka 18:** Vyhodnocení odolnosti proti rychlé deformaci vzorků TS3-1 až TS3-8

	EXP.	REF	M50	C25	S45	QUV		REF	M50	C25	S45	QUV	
Výška [cm]	OZN.	POŠKOZENÍ					OZN.	POŠKOZENÍ					
2,5	TS3-1	1	1	1	2	2	TS3-5	2	2	2	2	1	
5		2	2	2	2	3		3	3	2	2	2	
7,5		3	3	3	3	4		3	4	4	3	3	
10		3	3	4	4	4		4	4	4	3	4	
12,5		4	4	4	4	4		4	4	5	4	4	4
15		4	5	5	5	5		4	4	5	5	4	5
2,5	TS3-2	2	X	2	2	2	TS3-6	1	1	2	2	1	
5		2	X	3	2	3		2	2	2	2	2	
7,5		3	X	4	3	3		3	3	3	3	3	
10		3	X	5	3	4		3	3	3	3	3	
12,5		4	X	5	4	4		3	4	4	4	4	
15		4	X	5	5	5		4	4	5	4	4	
2,5	TS3-3	1	2	1	2	1	TS3-7	1	2	2	2	2	
5		2	2	2	2	2		2	3	2	2	2	
7,5		3	3	3	3	3		3	4	3	3	3	
10		3	4	3	3	3		3	4	4	3	3	
12,5		4	4	3	4	4		4	4	4	4	4	
15		4	4	4	4	4		4	4	5	5	5	4
2,5	TS4-4	1	1	2	1	1	TS3-8	1	2	1	2	2	
5		2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	
7,5		3	3	3	3	4		3	3	3	3	3	
10		3	3	3	4	4		4	3	3	3	4	
12,5		3	4	4	4	4		4	4	4	4	4	
15		4	4	4	5	4		4	4	4	5	5	

Nejnižší odolnost proti působení dynamického zatížení prokazovaly nátěry, které podlely značné degradaci vlivem mrazu a chemických rozmrazovacích látek. Jedná se především o povrchové úpravy TS3-2 a TS3-5. Ostatní

nepříznivé vlivy odolnost proti rychlé deformaci příliš neovlivnily. Vzorky TS3-3 a TS4-4 se proti tomuto druhu zatížení jeví jako nejodolnější.

**Tabulka 19:** Vyhodnocení odolnosti proti rychlé deformaci vzorků PI3-1 až TS4-5

	EXP.	REF	M50	M100	C25	C50	S45	S90	QUV
Výška [cm]	OZN.	POŠKOZENÍ							
2,5	PI3-1	2	1	2	1	1	1	1	1
5		3	2	2	2	2	2	2	2
7,5		4	2	3	3	3	3	3	3
10		4	4	4	4	3	3	3	3
12,5		5	4	5	3	3	4	3	4
15		5	5	5	4	4	5	3	4
2,5	PI3-2	2	2	2	2	2	2	1	2
5		3	3	3	3	3	3	2	3
7,5		4	4	3	3	4	4	3	4
10		4	4	5	4	4	4	3	4
12,5		4	5	5	4	4	4	4	4
15		4	5	5	4	5	5	5	5
2,5	TC3-3	1	1	2	1	2	2	1	1
5		2	2	3	2	3	2	2	2
7,5		3	3	4	3	3	3	2	3
10		4	4	4	3	4	3	3	3
12,5		4	4	4	4	4	4	4	4
15		4	4	5	4	4	4	5	4
2,5	TC3-4	2	2	2	2	2	1	2	2
5		3	3	3	3	3	2	2	3
7,5		4	3	3	4	3	3	3	4
10		4	3	4	4	4	3	4	4
12,5		4	4	5	4	5	4	4	4
15		5	4	5	5	5	5	5	5
2,5	TS4-5	1	1	2	1	2	2	2	1
5		2	2	3	2	3	2	2	2
7,5		3	3	3	3	4	3	3	3
10		4	3	4	3	4	3	3	3
12,5		4	4	4	4	5	4	4	4
15		4	5	5	4	5	4	4	4

V této sadě vzorků bylo viditelné časté porušení nátěru jak po obvodu vtisku, tak i v celém jeho obsahu i při relativně nízkých zatěžovacích silách. Jako nejméně odolné se jeví nátěry PI3-1 a PI3-2 po působení mrazu, naopak

vzorek TC3-3 dobře odolával mžikovému zatížení i po vystavení všem nepříznivým vlivům.

**Tabulka 20:** Vyhodnocení odolnosti proti rychlé deformaci vzorků PI3-1 až TS4-5

	EXP.	REF	M50	M100	C25	C50	S45	S90	QUV
Výška [cm]	OZN.	POŠKOZENÍ							
2,5	SS4-1	2	1	2	1	2	2	2	1
5		3	2	3	2	3	3	3	2
7,5		3	3	4	3	4	3	4	3
10		4	4	4	4	4	4	4	4
12,5		4	4	5	5	5	4	4	4
15		4	4	5	5	5	4	4	5
2,5	SS4-2	2	2	1	2	2	2	2	1
5		3	3	3	3	3	3	3	2
7,5		3	4	4	4	3	4	3	3
10		4	4	4	4	4	4	4	3
12,5		4	4	5	4	5	4	5	4
15		4	5	5	5	5	5	5	5
2,5	SS4-3	1	2	2	1	2	1	2	1
5		2	3	3	2	2	2	3	2
7,5		3	3	4	3	4	3	4	3
10		4	3	4	3	4	4	4	3
12,5		4	4	4	4	5	4	4	4
15		4	4	5	4	5	4	5	4
2,5	SS4-4	2	2	2	2	2	1	2	2
5		2	3	3	3	3	2	3	3
7,5		4	3	4	4	4	3	4	3
10		4	3	4	4	5	4	4	4
12,5		4	4	5	4	5	4	4	5
15		5	4	5	5	5	4	5	5
2,5	SS4-5	2	2	2	2	2	1	2	2
5		2	3	3	3	3	2	3	3
7,5		3	3	4	4	4	3	4	3
10		4	4	4	4	4	4	4	4
12,5		4	4	5	5	5	4	5	4
15		4	5	5	5	5	4	5	5
2,5	SS4-6	1	2	2	1	2	2	2	2
5		2	3	3	2	3	3	3	3
7,5		3	3	4	3	4	3	4	3
10		4	4	4	3	4	4	4	4
12,5		4	4	4	4	4	4	4	4
15		5	5	5	4	5	4	5	4

Vzorky vystavené nepříznivým vlivům nevykazovaly výrazně menší únosnost než vzorky referenční. Velmi dobré odolnosti proti dynamickému zatížení byly pozorovány na nátěrech SS4-3 a SS4-6. Jako nejhorší se naopak jevila povrchová úprava SS4-4.

**Tabulka 21:** Vyhodnocení odolnosti proti rychlé deformaci vzorků TS4-1 až Z4-4

	EXP.	REF	M50	M100	C25	S90	QUV
Výška [cm]	OZN.	POŠKOZENÍ					
2,5	TS4-1	1	1	1	1	1	2
5		3	4	3	3	3	4
7,5		4	4	5	4	4	4
10		4	5	5	4	4	4
12,5		5	5	5	5	5	5
15		5	5	5	5	5	5
2,5	TS4-2	1	1	1	2	1	2
5		3	3	3	3	3	4
7,5		4	4	4	4	4	4
10		4	4	5	4	4	5
12,5		5	5	5	5	5	5
15		5	5	5	5	5	5
2,5	Z4-3	1	1	2	1	2	3
5		3	3	4	3	3	4
7,5		4	4	4	4	4	4
10		4	4	4	4	4	5
12,5		5	5	5	5	5	5
15		5	5	5	5	5	5
2,5	Z4-4	1	1	1	2	1	2
5		2	3	4	3	2	3
7,5		3	4	4	3	4	4
10		4	4	4	4	4	5
12,5		4	5	5	4	5	5
15		5	5	5	5	5	5

V této sadě byla výrazná poškození patrna již při relativně malé výšce. Z výsledků se dá říci, že se jedná o vícevrstvý křehký nátěr s malou odolností proti tomuto typu zatížení. Žádný ze čtyř vzorků nevykazoval výrazně lepší vlastnosti.

**Legenda:**

1 – téměř bez otisku

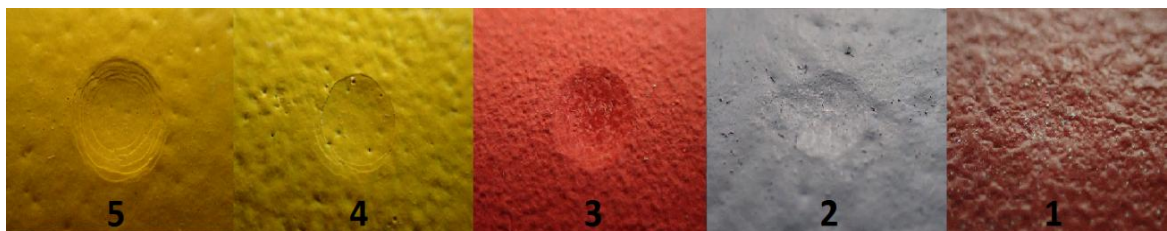
2 – nepatrný otisk

3 – otisk bez porušení

4 – otisk s trhlinkami po obvodu

5 – otisk s trhlinkami po obvodu i uvnitř

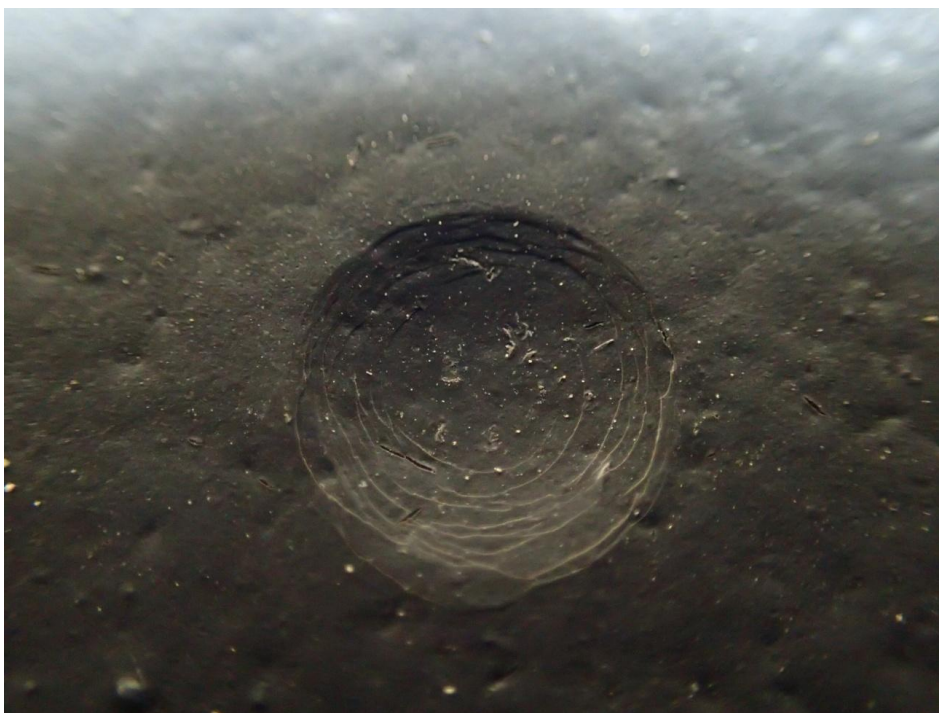
X – vzorek nelze zkoušet



**Obrázek 55:** Typy jednotlivých druhů otisku ve vzorku



**Obrázek 56:** Příklady otisku po působení rychlého zatížení



**Obrázek 57:** Detail porušení nátěru po obvodu i uvnitř otisku



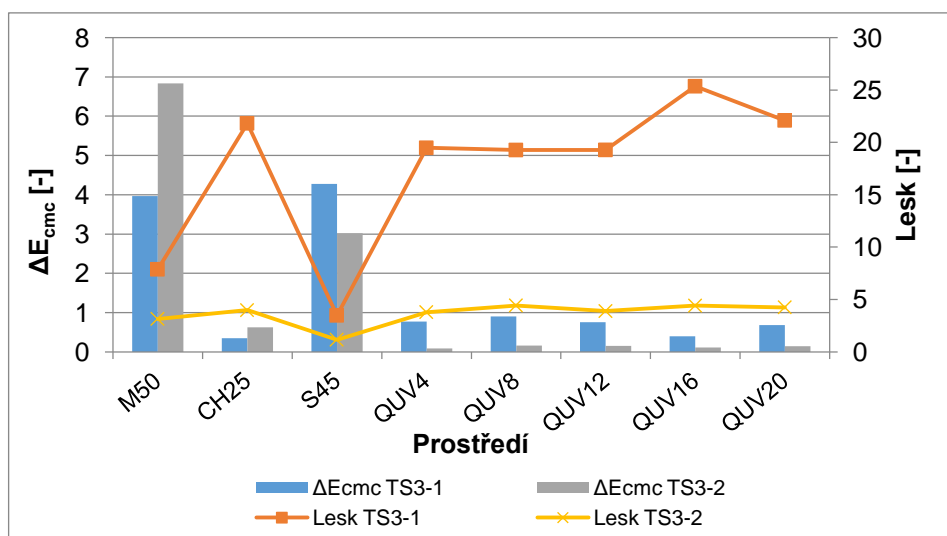
**Obrázek 58:** Detail porušení nátěru po obvodu otisku

## 10.7 ZMĚNY BAREVNÉHO ODSŤÍNU

Stanovení bylo provedeno pomocí reflexního spektrofotometru. Výsledky měření, které zahrnují změnu lesku a barevného odstínu jsou uvedeny v grafech níže.

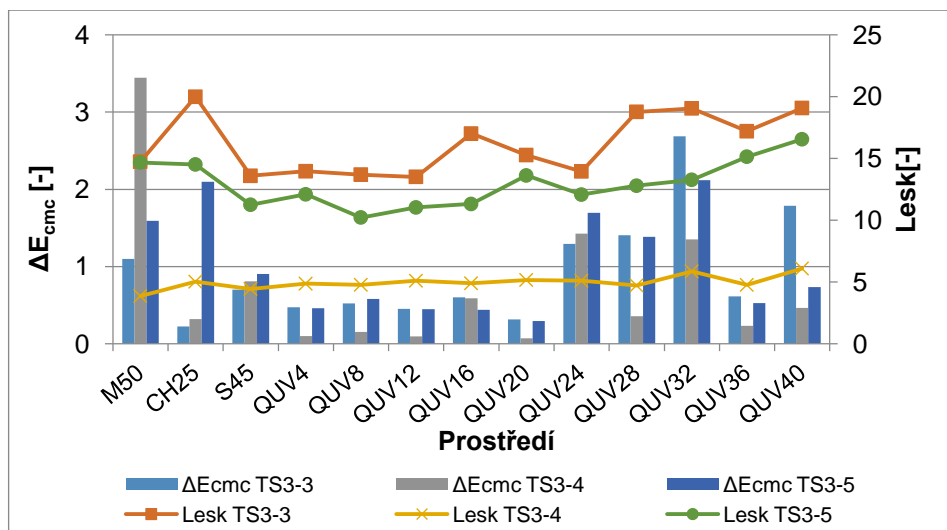
**Tabulka 22:** Klasifikace změny komparačního parametru

$\Delta E_{CMC}$	Rozdíl	$\Delta E_{CMC}$	Rozdíl
0,0 až 0,2	nepostřehnutelný		
0,2 až 0,5	velmi slabý	0,2 až 1,0	Postřehnutelný
0,5 až 1,5	slabý	1,0 až 2,0	Rozeznatelný
1,5 až 3,0	jasně postřehnutelný	2,0 až 4,0	ještě nerušící
3,0 až 6,0	střední	4,0 až 8,0	mírně rušící
6,0 až 12,0	výrazný		
12,0 až 16,0	velmi výrazný		
větší než 16,0	rušící		



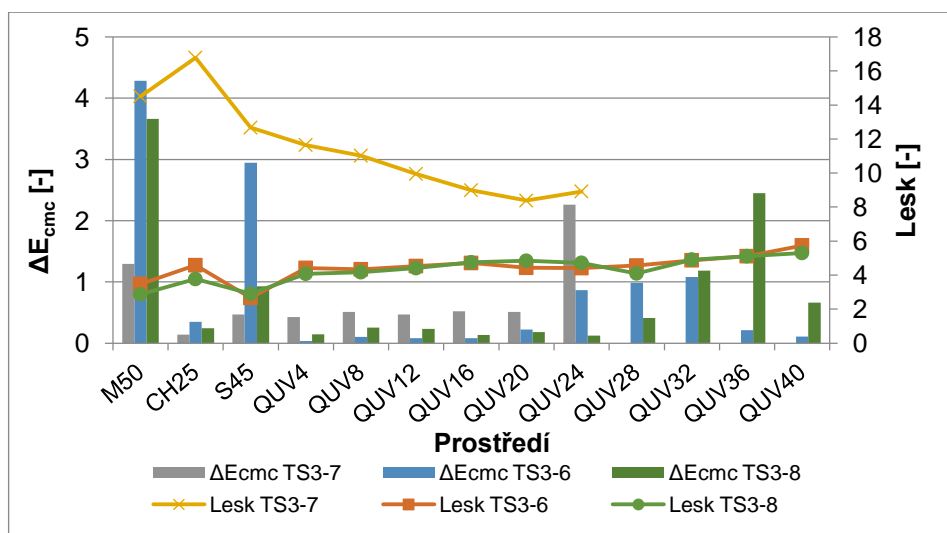
**Obrázek 59:** Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí u vzorku TS3-1 a TS3-2

U vzorku TS3-1 nastala středně výrazná změna odstínu barvy a značný pokles lesku nátěru po působení mrazu a roztoku síranu sodného. Ostatní expoziční prostředí měly za důsledek pouze velmi slabou až slabou změnu. Podobně na tom byl také vzorek TS3-2 u kterého však byla změna barevného odstínu po působení mrazu vyhodnocena jako výrazná. Lesk se u tohoto vzorku příliš neměnil.



**Obrázek 60:** Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí

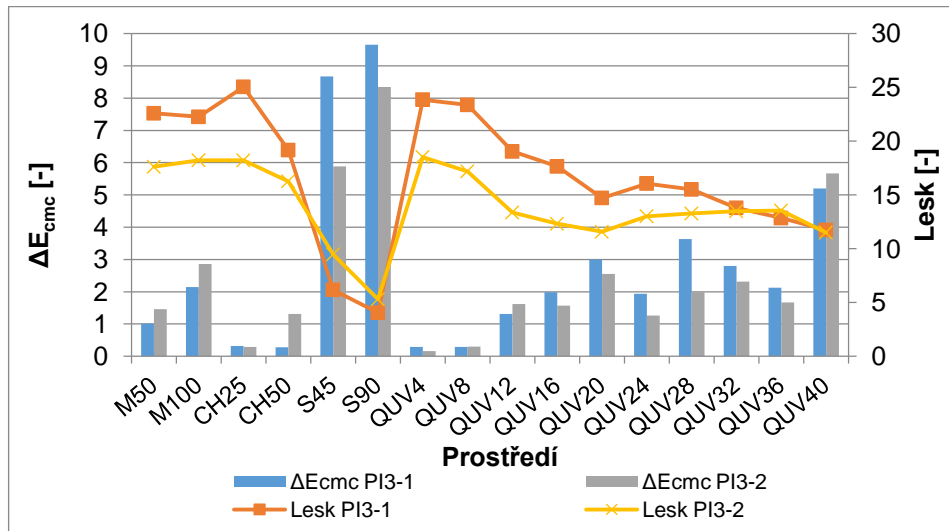
Středně výrazná změna odstínu barvy nastala u nátěru TC3-4 po degradaci mrazem. Jasně postřehnutelné změny byly možné pozorovat především u povrchové úpravy TC4-5. Tyto změny byly způsobeny především působením chemických rozmrazovacích látek a delšího vlivu UV záření. Dlouhé působení UV záření ve velké míře ovlivnilo i barevný odstín vzorku TC3-3. V lesku nebyly pozorovány žádné výrazné difference.



**Obrázek 61:** Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí

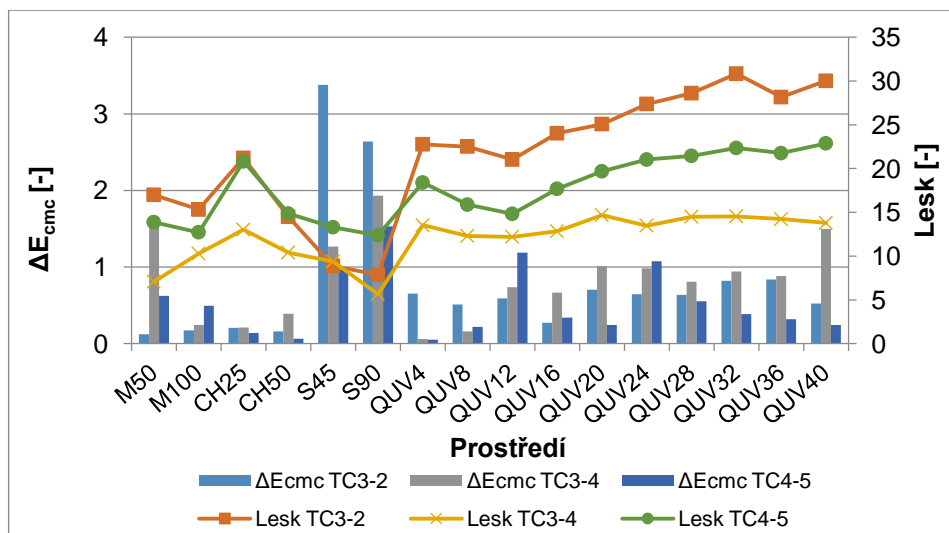
Nejvýraznější změny barevného odstínu nastaly opět po působení mrazu, konkrétně u nátěru TC4-6 a TC4-8. Tyto změny lze hodnotit jako středně výrazné. Působení síranů mělo vliv pouze na barvu vzorku TC4-6. Jasně postřehnutelné změny odstínu barvy TC4-7 a TC4-8 nastaly také při působení

UV záření po dobu 2400 hodin nebo delší. UV záření rovněž zapříčinilo pokles lesku nátěru u vzorku TC4-7.



**Obrázek 62:** Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí

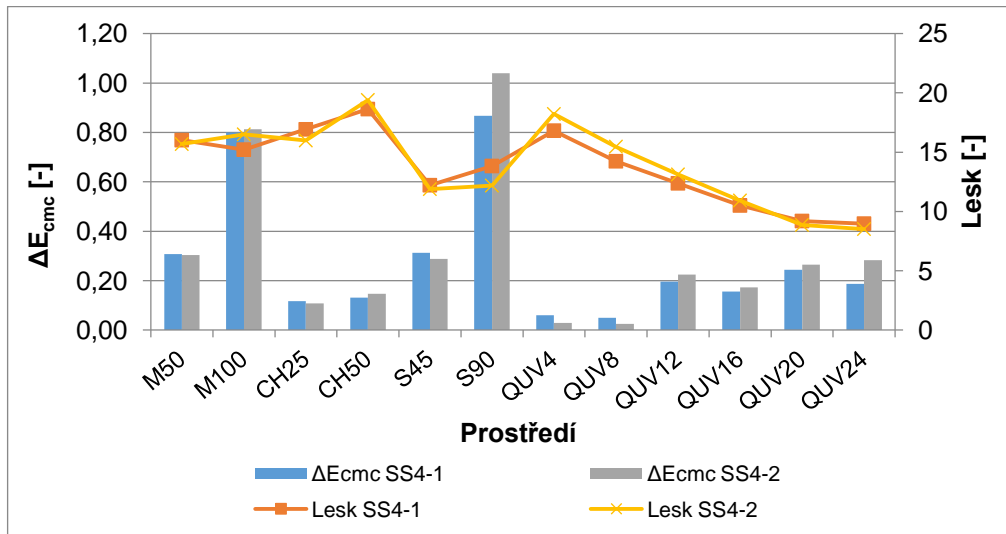
U obou nátěrů došlo k výrazné změně barevného odstínu a poklesu lesku vlivem síranového prostředí. Ostatní barevné difference byly vyhodnoceny jako jasně postřehnutelné až středí a byly způsobeny působením mrazu a UV záření v delším časovém intervalu, při kterém postupně klesal také lesk.



**Obrázek 63:** Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí

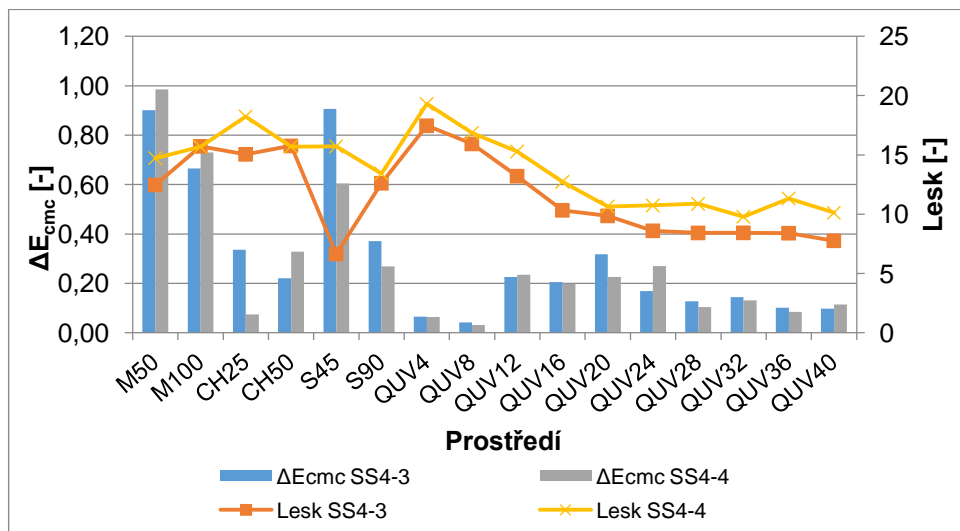
Stejně jako v minulém případě byla i zde nejvýraznější změna barevného odstínu naměřena na degradovaných vzorcích po působení roztoku síranu sodného. Nejvíce zřetelné to bylo u povrchové úpravy TC3-2. Důsledkem působení UV záření došlo u všech třech vzorků pouze k slabé změně odstínu a

lesku barvy, lesk ovšem postupem času neklesal, ba naopak stoupal, čímž se tyto povrchové úpravy od ostatních výrazně liší.



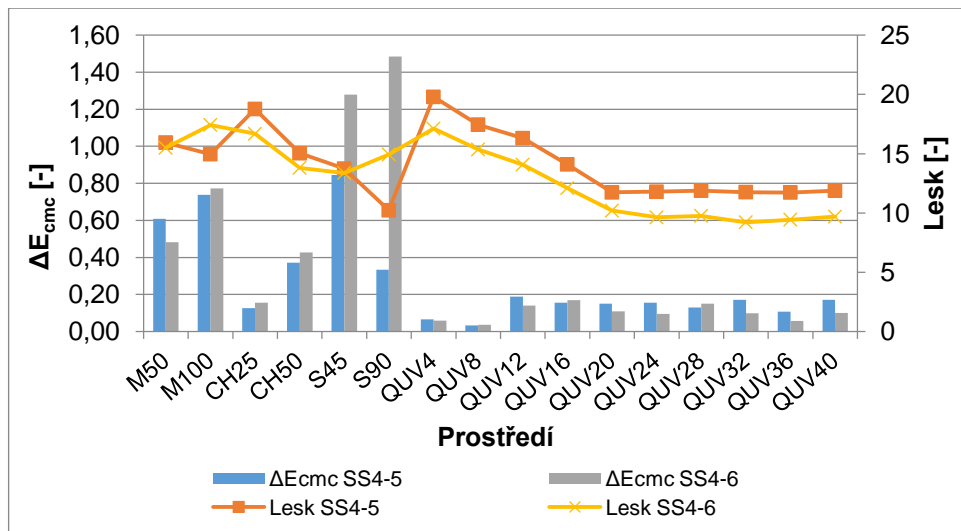
**Obrázek 64:** Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí

Vzorky SS4 vykazovaly podobné vlastnosti jako předchozí sady, změny barevného odstínu zde však byly výrazně menší, což je do velké míry způsobeno světlou barvou vzorků. Největší hodnoty rozdílu komparačního parametru byly naměřeny u obou vzorků po působení mrazu a roztoku síranu. K poklesu lesku došlo po působení síranů a při zvyšování doby UV záření.



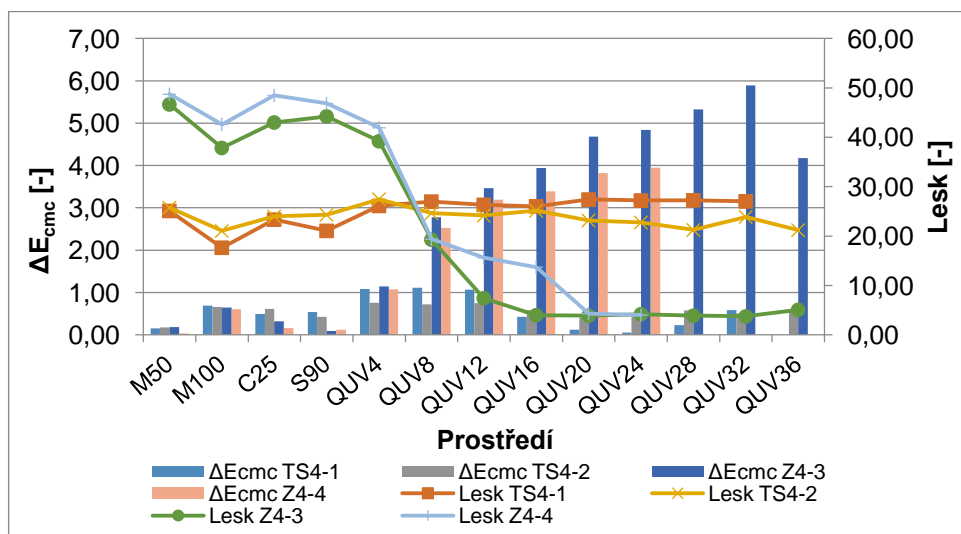
**Obrázek 65:** Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí

Další dva vzorky sady vykazovaly obdobné vlastnosti. Největší barevná diference nastala u obou nátěrů po působení 50 zmrazovacích cyklů. Největší pokles lesku zaznamenal vzorek SS4-3 po 45 denním působení síranového roztoku.



**Obrázek 66:** Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí

Mírná až jasně zřetelná vizuální degradace byla vyzorována u nátěru SS4-6 po 90 denním exponování v síranovém prostředí, při kterém došlo také k výraznému poklesu lesku povrchové úpravy.



**Obrázek 67:** Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí

Na rozdíl od minulých sad byly tyto nátěry nejvíce barevně ovlivněny UV zářením, konkrétně vzorky Z4-3 a Z4-4 u kterých došlo ke středně výrazné změně barevného odstínu a k velkému poklesu lesku. Naopak povrchové úpravy TS4-1 a TS4-2 vykazovaly téměř konstantní výsledky změny komparačního parametru a zachování lesku po působení všech nepříznivých vlivů.

## 10.8 SHRnutí VÝSLEDKŮ

Bylo zkoušeno 12 různých kombinací dvouvrstevých a 11 třívrstevých povrchových úprav vyvíjených firmou BTAi. Zkoušky spočívaly ve stanovení mechanické odolnosti a estetických vlastností nátěru po působení nepříznivých vlivů, jako je mráz, chemické rozmrazovací látky, sírany a UV záření. Následující tvrzení, jsou odvozeny ze získaných laboratorních výsledků ve spojení s informacemi, které byly získány během teoretického studia.

### 10.8.1 Vizualní hodnocení

Při působení mrazu došlo u některých nátěrů k značné degradaci, která se projevila především odpadáváním vrchní vrstvy nátěru hran a změnou barevného odstínu. Po vizualní stránce, se jevíly jako nejvíce degradované vzorky TS3-2, TS3-5 a PI3-1.

Prostředí s chemickými rozmrazovacími látkami ve spojení s mrazem měly na vzorky podobné degradační účinky jako mráz samotný, avšak v mnohem menší míře. K největšímu porušení došlo u nátěru hran vzorků, kde se tvořily malé trhlinky, a docházelo k odpadávání vrchní vrstvy. Jediný vzorek, který se dal po vizualní stránce hodnotit, jako více porušený byl TS3-2.

Roztok síranu sodného měl za následek poměrně významné vizualní změny všech exponovaných vzorků. Jednalo se především o rozsáhlé výkvěty a rozrušování struktury cementotřískové desky. Nejvíce postižené byly rubové strany vzorků a hrany z důvodu krystalizace síranových solí na povrchu desky. Lícová strana, která byla ošetřena finální vrstvou, degradovala pouze ve formě změny důsledkem výkvětů. Velký vliv na vizualní hodnocení změny oproti referenčním vzorkům měla samotná barva nátěru, kdy u tmavých a barevně výrazných typů byla na první pohled mnohem zřetelnější. Vizualně nejhorší se jevíly vzorky TS3-1, TS3-2, TS3-6 a TC3-3.

Při působení UV záření byla pozorována pouze změna odstínu a lesku barvy bez znatelného porušení struktury nátěru. Rozdíl mezi referenčním a exponovaným vzorkem byl opět do značné míry ovlivněn barvou. Po 2000 hodinách pod UV zářením byly nejvíce ovlivněny vzorky TS3-3 a TS3-7, při vyšším počtu hodin pak PI3-1, PI3-2, Z4-3 a Z4-4.

Z výsledků lze říci, že u třívrstevných nátěrových systémů s finální akrylátovou vrstvou docházelo po exponování vzorků k menším vizuálním změnám a jeví se tedy jako méně náchylné na celkovou degradaci. Konkrétně kombinace nástřiku akrylát-epoxid-akrylát v různých množstvích vykazovala nejmenší vizuální diference.

### **10.8.2 Přílnavost nátěru**

Celková přílnavost všech vzorků byla nejvíce ovlivněna působením mrazu a chemických rozmrazovacích látek. Největší poklesy hodnot přílnavosti, konkrétně od 30-50%, vlivem těchto nepříznivých vlivů byly sledovány u vzorků TS3-2, TS3-3 TS3-5, PI3-1 a PI3-2, kdy došlo k adheznímu porušení mezi finální a základní vrstvou nátěru. U všech třívrstevných nátěrů došlo ke koheznímu porušení uvnitř desky a dá se tedy říci, že nepodlehly nepříznivým vlivům, kterým byly vystaveny. Nejlepší hodnoty přílnavosti s nejmenším rozptylem výsledků po jednotlivých expozicích vykazovaly nátěry SS4-5 a SS4-6 s třívrstevným nátěrem akrylát-akrylát-epoxid-akrylát a dále pak vzorky TS3-7 a TS3-8 s jednovrstevným epoxidovým nátěrem v základové vrstvě a vrchním akrylátovým nátěrem na vrstvě finální.

### **10.8.3 Mřížková zkouška**

U první sady vzorků TS3-1 až TS3-8 byla vyhodnocena horší soudržnost u vzorků vystavených nepříznivým vlivům. Největší odolnost proti oddělení nátěru od podkladu vykazovaly vzorky TS3-4 a TS3-7.

U druhé sady PI3-1 až TC4-5 byla určena špatná odolnost proti oddělení nátěru od pokladu, nehledě na to zda se jednalo o vzorky exponované nebo referenční.

Míra odlupování nátěru u třetí sady vzorků SS4-1 až SS4-6 byla největší mírou ovlivněna působením UV záření a chemických rozmrazovacích látek. Nejmenší poškození nátěru došlo u vzorku SS4-1.

Soudržnost nátěru s podkladem čtvrté sady TS4-1 až Z4-4 byla nízká a dále se snižovala po působení mrazu a chemických rozmrazovacích látek. Výrazně lepší hodnoty přídržnosti byly stanoveny na vzorcích po působení UV záření.

Po klasifikaci výsledů všech vzorků lze jako všeobecně nejlepší vyhodnotit vzorek s dvouvrstvou povrchovou úpravou TS3-7 a třívrstvý nátěr SS4-1.

#### **10.8.4 Odolnost proti vrypu**

Každá sada byla zkoušena rozdílnou trojicí sil, potřebných k porušení nátěru. U vzorků TS3-1 a TS3-2 a TS3-3 docházelo k znatelnému porušení již při působení síly o velikosti 0,5 N na kovový hrot zkušebního přístroje. Jako nejtvrdší se naopak prokázaly povrchové úpravy SS4-4, Z4-4 a Z4-4, k jejichž porušení bylo potřeba působení síly o velikosti 5-6 N. Ze získaných výsledků lze říci, že zařazení epoxidové vrstvy do vícevrstvého nátěru pozitivně ovlivnilo odolnost proti poškození hrotem. Výstupy zkoušky byly opět mírně ovlivněny barvou nátěru, z důvodu jasnějšího vrypu u tmavých vzorků.

#### **10.8.5 Tloušťka nátěru**

Hodnota celkové tloušťky klesala u většiny vzorků vlivem působení mrazu, chemických rozmrazovacích látek a UV záření. Největší difference ve stanovených hodnotách byly na vzorcích TS3-6, PI3-1, PI3-2 a TC4-5. Jednalo se o 30-40% pokles oproti referenční hodnotě. Naopak jako tloušťkově nejstabilnější se jevil vzorek TS3-6, TS3-7, SS4-6, TS4-2 a Z4-3, u kterých byly rozdíly jen mírně přes 10 %. K rozptylu naměřených výsledků mohlo rovněž docházet z důvodu proměnlivé tloušťky nátěru v ploše povrchu.

#### **10.8.6 Odolnost proti dynamickému zatížení**

Aby nedošlo k značnému mechanickému porušení vlivem rychlého zatížení, musí nátěr vykazovat nejen tvrdost, ale také schopnost elasticity. Tato schopnost je však do jisté míry limitována samotnými vlastnostmi použitého podkladu. Každý vzorek byl podroben působení šesti různým mžikovým silám a následně vyhodnocen podle míry porušení. Nejméně porušené byly stanoveny nátěry TS3-4, TS3-7 a TC3-4. Ze získaných výsledků je možno konstatovat že dvouvrstvé nátěrové systémy vykazovaly lepší elastické vlastnosti a tloušťka finální vrstvy negativně ovlivnila odolnost proti rychlé deformaci.

### **10.8.7 Změna barevného odstínu**

Již po vizuálním hodnocení jednotlivých vzorků byly patrné velké barevné změny u vzorků, které byly vystaveny působení mrazu a roztoku síranu sodného. Tyto barevné změny se číselně určily stanovením změny komparačního parametru pomocí reflexního spektrofotometru a viditelně korespondovaly s výsledky, které byly získány pomocí posouzení okem.

Největší difference barevného odstínu, které se dají klasifikovat jako výrazné, zaznamenaly nátěry PI3-1 a PI3-2 po degradaci síranovým roztokem. Tyto vzorky stejně jako Z4-3 a Z4-4 vykazovaly také velké změny komparačního parametru po působení UV záření v dlouhém časovém rozhraní. Degradace mrazem postihla nejvíce povrchové úpravy TS3-1, TS3-2, TS3-4 a TS4-6, u kterých byla barevná změna zařazena do skupiny jasně postřehnutelná až středně výrazná.

Hodnoty lesku nejvíce ovlivnily výkvěty síranových solí a postupné zvyšování doby působení UV záření. Nejvýraznější poklesy byly sledovány na vzorcích PI3-1, PI3-2, Z4-3 a Z4-4.

Z naměřených výsledků lze pozorovat zvýšenou náchylnost na změnu odstínu barvy a lesku při použití lasurovacího laku a epoxidového nátěru jako finální vrstvy povrchové úpravy.

## **11 ZÁVĚR**

Hlavní požadavky na materiály používaných pro povrchovou úpravu do exteriéru, jsou dobrá mechanická odolnost, atraktivní vzhled a odolnost proti všem druhům nepříznivých klimatických vlivů. Na trhu stavebních materiálů zatím žádný výrobce nenabízí povrchovou úpravu určenou výhradně pro cementotřískové desky se zajištěním výrazně zlepšené odolnosti proti povětrnosti a dosažení požadované struktury povrchu.

Na základě zjištěných informací lze konstatovat, že nejlepší volbou pro úpravu cementotřískových desek jsou různé typy vodou ředitelných barev. Mezi tyto typy patří především epoxidové a akrylátové vodou ředitelné nátěrové hmoty. Tyto nátěry se vyznačují dobrými mechanickými vlastnostmi, pružností, velkou

mírou penetrace do natíraného povrchu a dobrou odolností proti povětrnostním vlivům. Dalším důvodem pro volbu tohoto typu nátěru je šetrnost k životnímu prostředí a vhodnost použití při strojním nanášení stříkáním nebo navalováním, které se rovněž prokázalo jako nejefektivnější možnost.

Nejběžnější povětrnostní vlivy, kterým musí cementotřísková deska respektive nátěr odolávat, jsou působení mrazu, vlhkosti, chloridů v podobě chemických rozmrazovacích látek a dále také působení síranů a UV záření. Tyto vlivy nejčastěji způsobují degradaci ve formě trhlin, výkvětů, odpadávání nebo změny barevného odstínu nátěrové hmoty.

V experimentální části byl podrobně studován vliv povětrnosti na estetické a mechanické vlastnosti konkrétních druhů nátěrů. Zkoušeno bylo 23 různých kombinací nátěrových hmot dodaných firmou BTAi.

Na hodnocení estetických vlastností měla velký vliv barva nátěru, kdy se u barevně výrazných vzorků prokázala ztelnější změna odstínu působením UV záření a tmavé vzorky byly naopak náchylnější na degradaci tvorbou výkvětů. Dále se u většiny dvouvrstevných povrchových úprav objevovaly trhlinky a docházelo k odpadávání nátěru z hran vzorků. Největší vizuální změny po působení degradačních vlivů, byly pozorovány a následně také číselně stanoveny na vzorcích PI3-1 a PI3-2, které byly ošetřeny vrchním lasurovacím lakem. Jako velmi náchylné na působení UV záření se prokázaly také vzorky Z4-3 a Z4-4 s finální vrstvou opatřenou dvousložkovým epoxidovým nátěrem, z čehož lze usoudit, že tento typ povrchové úpravy není příliš vhodný pro venkovní použití.

Pokles lesku jednotlivých nátěrů byl v největší míře ovlivněn tvorbou výkvětů po vystavení působení síranů a dále také postupnou degradací UV zářením, vlivem kterého se povrch jednotlivých vzorků stával matným.

Z dvouvrstevných nátěrů se na základě výsledků fyzikálně-mechanických a estetických zkoušek jeví jako nejlepší varianta povrchové úpravy TS3-4, kdy je rubová strana vzorku TS3-4 ošetřena základní akrylátovou nátěrovou hmotou v množství 130-190 g/m<sup>2</sup>. Lícová strana a hrany, obsahují kombinaci dvousložkového epoxidového nátěru s poměrem tužení 1:1 v množství 100-140

g/m<sup>2</sup> pro úpravu základové vrstvy a vrchní akrylátové nátěrové hmoty s gramáží 160-210 g/m<sup>2</sup> pro vrstvu finální.

U třívrstvých variant povrchové úpravy se jako všeobecně nejlepší prokázal vzorek SS4-3. Skladba této povrchové úpravy obsahuje základní nátěrovou hmotu v množství 130-190 g/m<sup>2</sup> na rubové straně a hranách. Na straně lícové je to pak základní nátěrová hmota v dávce 90-140 g/m<sup>2</sup> a pro úpravu finální vrstvy byl použit vrchní akrylátový nátěr v množství 170-220 g/m<sup>2</sup>.

V případě dvouvrstvého i třívrstvého nátěru se jednalo o nanášení stříkáním všech jednotlivých vrstev.

Vývin ideálního nátěrového systému pro cementotřískové desky skýtá široký prostor pro navazující studium. Doporučit lze zejména studium kombinací jednotlivých typů vícevrstvých nátěrových hmot o různých dávkách a sledování chemických změn a změn mikrostruktury během působení klimatických vlivů s důrazem na UV záření.

## 12 SEZNAMY

### 12.1 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BÖHM, M a kol. *Materiály na bázi dřeva. Vyd. 1.* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012, 183 s. ISBN 978-80-213-2251-6
- [2] POŽGAJ, A, CHOVANEC, D, KURJATKO, S a BABIAK, M. *Štruktúra a vlastnosti dreva.* Bratislava: Príroda, 1993. ISBN 80-07-00960-4
- [3] HRÁZSKÝ, J. -- KRÁL, P. *Kompozitní materiály na bázi dřeva. 1. vyd.* Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 130 s. ISBN 80-7157-751-0
- [4] ADÁMEK, J, *Stavební materiály. 1. vyd.* Brno: CERM, 1997, 205 s. ISBN 80-214-0631-3
- [5] PYTLÍK, P. *Vlastnosti a užití stavebních výrobků.* Brno: VUTIUM, 1998, 399 s. ISBN 80-214-1123-6

- [6] Historie, výroba a vlastnosti cementotřískové desky CETRIS. In: Vseprovasdum [online]. 2007 Dostupné z: <http://www.vseprovasdum.cz/historievyroba-avlastnosti-cementotriskove-desky-cetris.html>
- [7] KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. *Žárové zinkování*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014, 199 s. ISBN 978-80-905298-2-3
- [8] TULKA, J. *Povrchové úpravy materiálů*. 1. vyd. Brno: VUT, 2005. 136 s. ISBN 80-214-3062-1
- [9] POVRCHOVÉ ÚPRAVY KOVU. *Povrchové úpravy kovu | Ploty Bohumín* [online]. [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://www.plotybohumin.cz/povrchove-upravy/>
- [10] MACEK, Karel, Petr ZUNA a kol. *Nauka o materiálu*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999. 278 s.
- [11] KALEDOVÁ, A; KALENDA, P. *Technologie povrchových úprav: Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. 1. vyd. Pardubice: Universita Pardubice, 2004. 328 s. ISBN 80-7194-691-5
- [12] POLÁŠEK, J. *Zkoušení nátěrových a povrchových úprav. Část I. Stavebně truhlářské výrobky*. Brno: MZLU v Brně 2003 ISBN 80-7157-659-X.
- [13] ZDENĚK, Tůma. *Stav a trendy vývoje průmyslových NH*. In: *Časopis Transfer*. VYZKUMNY A ZKUŠEBNÍ LETECKY ÚSTAV, A.S., 2014. Dostupné také z: <http://www.vzlu.cz/download.php?file=902>
- [14] TESAŘOVÁ, D. *Nové trendy při dokončování vodou ředitelných nátěrových hmot nové generace*. In *Informační bulletin a sborník statí* . Brno : [s.n.], 2007. s. 83. ISBN 978-80-7375-0
- [15] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3.vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. 150s. ISBN 80-248-1217-7

- [16] HALLIDAY, D; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fyzika: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky., Část 4, *Elektromagnetické vlny- Optika- Relativita*; Brno: VUTIM a PROMETHEUS, 2000. 1032 s.
- [17] HLAVÁČ, V. *Barva, barevné obrazy a správa barev*. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, katedra kybernetiky, Centrum strojového vnímání. Dostupné také z:  
<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresCz/11DigZprObr/04ColorImagCz.pdf>
- [18] GREEN, Phil, MACDONALD Lindsay. *Colour engineering: achieving device independent colour. Rerpinted with corrections*. Chichester: Wiley, 2003, ISBN 04-714-8688-4
- [19] NOVOTNÝ, Karel. *Elektromagnetické pole a vlny : teorie elektromagnetického pole II*. Vyd.2., Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. 168 s. ISBN 80-01-02429-6
- [20] MINDESS, S., et al. *Concret*, 2nd ed., NJ: Prentice Hall, 2003. ISBN 978-0-13064-632-3
- [21] BROOMFIELD, J. P. *Corrosion of steel in concrete: Understanding investigation and repair*, London: Taylor&Francis, 2003. ISBN 9780419196303
- [22] BALONIS, M., LOTHENBACH B., LE SAOUT G., GLASSE F. P. *Impact of chloride on the mineralogy of hydrated Portland cement systems. Cement and Concrete Research*, 40 (2010), p. 1009–1022
- [23] BAMFORTH, P. *Spreadsheet Model for Reinforcement Corrosion in Structures Exposed to Chlorides*. London: E & FN Spon, 1998.
- [24] BAJZA, A., ROUSEKOVÁ, I. *Technológia betónu*, Bratislava: JAGA group, 2007. ISBN 80-8076-032-2
- [25] LEYGRAF, CH., GRAEDEL, T. E. Atmospheric corrosion, Ch 8 *Corrosion in indol exposure, Ch 12.2. Metal artifacts indoor*. Wiley Interscience, 2000
- [26] HON, D. N. S. *Weathering and Pho to che mistry of wood*, New York: Marcel Dekker, (2001), p. 513–546
- [27] HRČKA, R., 2008: *Identifi cation of discoloration of beech wood*, CIELAB space. *Wood research*, 53, (2008) p. 119–124.

- [28] Scott G. (ed.): *Degradable Polymers: Principles and Applications*. 2. vyd. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht 2003
- [29] Hamid S. H., Amin M. B., Maadhah A. G. (ed.): *Handbook of Polymer Degradation*. Marcel Dekker Inc., New York 2002.
- [30] ScienceDirect [online]. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944016306051>
- [31] ScienceDirect [online]. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897216313846>
- [32] ScienceDirect [online]. Dostupné z:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944015303787>
- [33] ČSN EN 1328. *Cementotřískové desky – Stanovení odolnosti proti mrazu*. ČNI, 1998.
- [34] ČSN EN 73 1326 Z1. *Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek* ČNI, 2003
- [35] ČSN EN ISO 4624. *Nátěrové hmoty: Odtrhová zkouška přilnavosti*, 2003
- [36] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška*, 2013
- [37] ČSN EN ISO 105-J03 *Textilie - Zkoušky stálobarevnosti - Část J03: Výpočet barevných diferencí*, 2010
- [38] ČSN EN ISO 1518-2 *Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti proti vrypu - Část 2: Zkouška při proměnném zatížení*, 2003
- [39] ČSN EN ISO 6272-1 *Nátěrové hmoty - Zkoušky rychlou deformací (odolnost proti úderu) - Část 1: Zkouška padajícím závažím, velká plocha úderníku*, 1997
- [40] ČSN EN ISO 2808 *Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru*, 2007
- [41] ČSN EN 1328. *Cementotřískové desky – Stanovení odolnosti proti mrazu*. ČNI, 1998
- [42] K. Třešňák: *Color Management, Svět tisku 6*, Praha 1999, str. 49
- [43] ČSN EN 13523-10 *Kontinuálně lakované kovové pásy - Metody zkoušení - Část 10: Odolnost proti fluorescenčnímu UV záření a kondenzaci vody*, 2010

## 12.2 SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1:</b> Zjednodušené schéma výroby cementotřískových desek CETRIS [6]	15
<b>Obrázek 2:</b> Schéma stroje pro povrchovou úpravu navarováním	21
<b>Obrázek 3:</b> Schéma nanášecí linky pro povrchovou úpravu desek CETRIS [6]	22
<b>Obrázek 4:</b> Závislost velikosti energie na vlnové délce	23
<b>Obrázek 5:</b> Spektrum záření – viditelné světlo [17]	23
<b>Obrázek 6:</b> Seznam barev viditelného spektra	25
<b>Obrázek 7:</b> Schéma odrazu světla od povrchu materiálu	25
<b>Obrázek 8:</b> Aditivní míchání barev	26
<b>Obrázek 9:</b> Subtraktivní míchání barev	26
<b>Obrázek 10:</b> Reflexní spektrum modrého vzorku [18]	27
<b>Obrázek 11:</b> Obecné schéma spektrofotometru	28
<b>Obrázek 12:</b> Prostorový model CIE $L^*a^*b^*$	29
<b>Obrázek 13:</b> Změna lesku (vlevo) a odchylka barevného odstínu (vpravo) během působení UV záření	36
<b>Obrázek 14:</b> Změna lesku (vlevo) a odchylka barevného odstínu (vpravo) během působení běžných povětrnostních vlivů působících po dobu 365 dní [30]	36
<b>Obrázek 15:</b> Spektrofotometr KONICA MINOLTA CM-600d	44
<b>Obrázek 16:</b> Zkušební přístroj TQC SP0010-981	45
<b>Obrázek 17:</b> Schéma zkušebního zařízení [39]	45
<b>Obrázek 18:</b> Sada vzorků PI3-1 až TC4-5 po podrobení 50 zmrazovacích cyklů	47
<b>Obrázek 19:</b> Sada vzorků PI3-1 až TC4-5 po podrobení 50 zmrazovacích cyklů	47
<b>Obrázek 20:</b> Sada vzorků TS3-1 až TC3-8 po působení UV záření	48
<b>Obrázek 21:</b> Sada vzorků PI3-1 až TC4-5 po působení UV záření	48
<b>Obrázek 22:</b> Vzorky PI3-1 a PI3-2 po vystavení síranovému prostředí	49
<b>Obrázek 23:</b> Sada vzorků PI3-1 až TC4-5 po působení síranového roztoku...	49
<b>Obrázek 24:</b> Sada vzorků SS4-1 až SS4-6 po působení mrazu	50
<b>Obrázek 25:</b> Detail hrany vzorku SS4-4 po působení 50 cyklů mrazu v kombinaci chemickými rozmrazovacími látkami	50

<b>Obrázek 26:</b> Detail trhlinky na lícové straně vzorku SS4-6 po působení 100 cyklů mrazu .....	51
<b>Obrázek 27:</b> Detail porušení lícové strany povrchové úpravy vzorku PI3-1 po působení 50 zmrazovacích cyklů .....	51
<b>Obrázek 28:</b> Detail průniku síranových solí do matrice cementotřískové desky .....	52
<b>Obrázek 29:</b> Detail trhlinky na boční straně vzorku TC4-3 po působení mrazu	52
<b>Obrázek 30:</b> Detail degradace nátěru TC3-3 po působení UV záření .....	52
<b>Obrázek 31:</b> Srovnání přilnavosti vzorků TS3-1 až TS3-4 po působení nepříznivých vlivů .....	54
<b>Obrázek 32:</b> Srovnání přilnavosti vzorků TS3-1 až TS3-4 po působení nepříznivých vlivů .....	55
<b>Obrázek 33:</b> Srovnání přilnavosti vzorků PI3-1 a PI3-2 po působení nepříznivých vlivů:.....	56
<b>Obrázek 34:</b> Srovnání přilnavosti vzorků TC3-1 až TC3-3 po působení nepříznivých vlivů .....	57
<b>Obrázek 35:</b> Srovnání přilnavosti vzorků SS4-1 až SS4-3 po působení nepříznivých vlivů .....	58
<b>Obrázek 36:</b> Srovnání přilnavosti vzorků SS4-4 až SS4-6 po působení nepříznivých vlivů .....	59
<b>Obrázek 37:</b> Srovnání přilnavosti vzorků TS4-1 až Z4-4 po působení nepříznivých vlivů .....	60
<b>Obrázek 38:</b> Příklady typu porušení při odtrhu terčíku od podkladu .....	60
<b>Obrázek 39:</b> Vybraná sada 1TS3 - 8TS3 po S45, odzkoušená odtrhovou zkouškou .....	61
<b>Obrázek 40:</b> Vybraná sada 1SV4 - 6SV4 po C25 a následném odzkoušení odtrhovou zkouškou .....	61
<b>Obrázek 41:</b> Vybraná sada 1P3 - 5TC4 po M50 a následném odzkoušení odtrhovou zkouškou .....	61
<b>Obrázek 42:</b> Příklad porušení nátěru po mřížkové zkoušce vzorku SS4-1 .....	64
<b>Obrázek 43:</b> Příklad porušení nátěru po mřížkové zkoušce vzorku PI3-2 .....	65
<b>Obrázek 44:</b> Příklad porušení nátěru po mřížkové zkoušce vzorku TC3-4 .....	65
<b>Obrázek 45:</b> Příklad porušení nátěru po mřížkové zkoušce vzorku 4Z4 .....	65
<b>Obrázek 46:</b> Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků TS3-1 až TS3-4 .....	70
<b>Obrázek 47:</b> Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků TS3-5 až TS3-8 .....	70
<b>Obrázek 48:</b> Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků PI3-1 a PI3-2 .....	71
<b>Obrázek 49:</b> Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků TC3-1 až TC4-3.....	71

<b>Obrázek 50:</b> Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků SS4-1 až SS4-3.....	72
<b>Obrázek 51:</b> Srovnání celkové tloušťky nátěru vzorků SS4-4 až SS4-6.....	72
<b>Obrázek 52:</b> Srovnání celkové tloušťky nátěru u vzorků TS4-1 až Z4-4 .....	73
<b>Obrázek 53:</b> Řez nátěrem pro zjištění celkové tloušťky .....	73
<b>Obrázek 54:</b> Řez nátěrem pro zjištění celkové tloušťky s jasným přechodem mezi základní a finální vrstvou .....	73
<b>Obrázek 55:</b> Typy jednotlivých druhů otisku ve vzorku.....	78
<b>Obrázek 56:</b> Příklady otisku po působení rychlého zatížení .....	78
<b>Obrázek 57:</b> Detail porušení nátěru po obvodu i uvnitř otisku .....	79
<b>Obrázek 58:</b> Detail porušení nátěru po obvodu otisku.....	79
<b>Obrázek 59:</b> Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí u vzorku TS3-1 a TS3-2 .....	80
<b>Obrázek 60:</b> Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí .	81
<b>Obrázek 61:</b> Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí..	81
<b>Obrázek 62:</b> Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí .	82
<b>Obrázek 63:</b> Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí .	82
<b>Obrázek 64:</b> Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí .	83
<b>Obrázek 65:</b> Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí .	83
<b>Obrázek 66:</b> Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí .	84
<b>Obrázek 67:</b> Závislost změny komparačního parametru a lesku na prostředí .	84

## 12.3 SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1:</b> Použité nátěrové systémy .....	38
<b>Tabulka 2:</b> Typy ploch porušení dle ČSN EN 1542 .....	53
<b>Tabulka 3:</b> Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků TS3-1 až TS3-8 .....	54
<b>Tabulka 4:</b> Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků 1P3-5TC455	
<b>Tabulka 5:</b> Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků PI3-1 až TC4-3 .....	56
<b>Tabulka 6:</b> Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků SS4-1 až SS4-6 .....	57
<b>Tabulka 7:</b> Vyhodnocení typu porušení a soudržnosti nátěru vzorků SS4-1 až SS4-6 .....	58

<b>Tabulka 8:</b> Vyhodnocení typu porušení a přilnavosti nátěru vzorků TS4-1 až Z4-4.....	59
<b>Tabulka 9:</b> Klasifikace vzhledu povrchu plochy s mřížkou dle ČSN EN ISO 2409:2013 .....	62
<b>Tabulka 10:</b> Klasifikace zkušebních vzorků TS3-1 až TS3-8 .....	63
<b>Tabulka 11:</b> Klasifikace zkušebních vzorků PI3-1 až TC4-3.....	63
<b>Tabulka 12:</b> Klasifikace zkušebních vzorků SS4-1 až SS4-6 .....	64
<b>Tabulka 13:</b> Klasifikace zkušebních vzorků TS4-1 až Z4-3.....	64
<b>Tabulka 14:</b> Vyhodnocení odolnosti proti vrypu při působení síly (0,2; 0,5; 1) N vzorků TS3-1 až TS3-8. ....	66
<b>Tabulka 15:</b> Vyhodnocení odolnosti proti vrypu při působení síly (1; 2; 3) N vzorků PI3-1 až TC4-5 .....	67
<b>Tabulka 16:</b> Vyhodnocení odolnosti proti vrypu při působení síly (1; 3; 5) N vzorků 1SV4-6SV4.....	68
<b>Tabulka 17:</b> Vyhodnocení odolnosti proti vrypu při působení síly (2; 4; 6) N vzorků TS4-1 až Z4-4.....	69
<b>Tabulka 18:</b> Vyhodnocení odolnosti proti rychlé deformaci vzorků TS3-1 až TS3-8 .....	74
<b>Tabulka 19:</b> Vyhodnocení odolnosti proti rychlé deformaci vzorků PI3-1 až TS4-5.....	75
<b>Tabulka 20:</b> Vyhodnocení odolnosti proti rychlé deformaci vzorků PI3-1 až TS4-5.....	76
<b>Tabulka 21:</b> Vyhodnocení odolnosti proti rychlé deformaci vzorků TS4-1 až Z4-4.....	77
<b>Tabulka 22:</b> Klasifikace změny komparačního parametru .....	80