

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A  
DÍLCŮ  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS  
AND COMPONENTS

# VÝVOJ ODOLNÝCH NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ NA BÁZI MODERNÍCH POLYMERNÍCH POJIV

DEVELOPMENT OF RESISTANT COATING SYSTEMS BASED ON POLYMER BINDERS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. VERONIKA VORÁČOVÁ

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. VÍT PETRÁNEK, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Studijní program</b>        | N3607 Stavební inženýrství  |
| <b>Typ studijního programu</b> | Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia |
| <b>Studijní obor</b>           | 3607T020 Stavebně materiálové inženýrství                         |
| <b>Pracoviště</b>              | Ústav technologie stavebních hmot a dílců                         |

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

|  |   |
|--|---|
| <b>Diplomant</b>                       | Bc. Veronika Voráčová   |
| <b>Název</b>                           | Vývoj odolných nátěrových systémů na bázi moderních polymerních pojiv |
| <b>Vedoucí diplomové práce</b>         | Ing. Vít Petránek, Ph.D.  |
| <b>Datum zadání diplomové práce</b>    | 31. 3. 2011   |
| <b>Datum odevzdání diplomové práce</b> | 13. 1. 2012   |

V Brně dne 31. 3. 2011

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

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

## **Podklady a literatura**

Odpovídající normy ČSN

Firemní literatura firmy Lena Chemical s.r.o.

Drochytka R. Dohnálek J. Bydžovský, Pumpr V.: Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí II.

Mleziva, J.: Polymery, Výroba, struktura, vlastnosti a použití, SOBOTALES Praha, 2000

Firemní literatura výrobců polymerních pojiv a producentů odpadů

Drochytka, R. Plastické látky ve stavebnictví, CERM Brno, 1998

Jiná odborná literatura

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

## **Zásady pro vypracování**

Úkolem DP bude rozpracovat možnosti využití odpadních surovin jako plniv do nátěrů používaných v systémech pro ochranu betonových konstrukcí před agresivními chemickými médii. Mezi možná plniva zahrňte tradiční odpadní suroviny ale zaměřte se i na vyhledání nových možností v plnění nátěrů, zejména na silikátové bázi. Tato plniva by měla plnit funkci bariery proti pronikání agresivních medií nátěry. Vzhledem k předpokládanému výrobcí nátěrů musí odpady splňovat nejen technické kvalitativní požadavky kladené na výsledné nátěry, ale také ekonomické požadavky včetně dopravní vzdálenosti.

Diplomová práce by měla obsahovat teoretickou a navazující praktickou část a být zpracována v rozsahu 60-70 stran.

## **Předepsané přílohy**

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Vít Petránek, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **Bibliografická citace VŠKP:**

Voráčková, Veronika. *Vývoj odolných nátěrových systémů na bázi moderních pojivových pojiv*:88 s. Diplomová práce. Brno, 2012. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav technologie stavebních hmot a dílců.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vít Petránek, PhD.

## **Abstrakt:**

Cílem diplomové práce je navrhnout využití odpadních surovin jako plnivo do vybraných nátěrových systémů používaných na chemickou ochranu betonových povrchů. Zároveň použité plnivo nesmělo negativně ovlivnit stávající pojiva daného nátěrového systému. Pro výzkum byly použity nátěrové materiály vodou ředitelný N141 a bezropuštědlový N 121. Při výběru vhodného odpadního materiálu bylo přihlíženo i ke skutečnosti, že náhradní materiál by se měl fyzikálními a částečně chemickými vlastnostmi přibližovat stávajícímu plnivu. Mezi vhodné materiály patří struska, popílky, slévárenské písky a odpadové sklo. Na základě požadavku firmy Lena Chemical s.r.o byla jako vhodná druhotná surovina vybrána odpadní sklo. Toto rozhodnutí podpořil fakt, že struska a popílek je druhotná surovina, která se v dnešní době velmi často používá. A má tedy uplatnění. Kdežto některé druhotné suroviny odpadního skla v dnešní době zatím uplatnění nenachází. V praktická část obsahuje zkoušky jak plniv, tak zkoušky odpovídající pro nátěrové systémy s již použitým plnivem. Závěrem je zhodnocení vhodnosti použitých materiálů.

## **Abstract:**

The aim of the thesis is to propose the use of waste materials as filler for the selected coating systems used for chemical protection of concrete surfaces. The used filler could not affect the existing binder of the coating system. Research was conducted using two materials N141 and N 121. The waste material was chosen by his chemical and physical properties. Between suitable materials belongs slag, fly ash, foundry sand and glass waste. The selection based on Lena Chemical s.r.o companies request was selected glass waste. The practical part includes examination as fillers, and the corresponding tests for coating systems with pre-used filler. Finally, the assessment of the suitability of the materials used.

## **Klíčová slova:**

vodouředitelný dvousložkový nátěrový systém, bezropuštědlový dvousložkový nátěrový systém, plnivo, odpadní materiál, recyklace

## **Keywords:**

water-born two pack coating system, epoxy chemical coating system, filler, waste material, recycling

**Prohlášení:**

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

V Brně dne .....

.....

podpis autora

**Poděkování:**

Především bych ráda poděkovala Ing. Vítu Petránkovi, PhD. za odborné vedení diplomové práce a Ing. Michaele Vyhnánkové, která zastupovala firmu Lena Chemical s.r.o., za poskytnutí materiálu a cenných rad.

V Brně dne 13.1.2012

## Obsah

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | ÚVOD .....  | 10 |
| 2      | TEORETICKÁ ČÁST .....                                   | 11 |
| 2.1    | Nátěr - nátěrové systémy.....                           | 11 |
| 2.2    | Rozdělení nátěrových systémů .....                      | 12 |
| 2.3    | Způsob ošetření povrchu před nanesením nátěru .....     | 15 |
| 2.4    | Impregnace .....  | 16 |
| 2.5    | Kritéria pro funkčnost nátěrových hmot .....            | 16 |
| 2.6    | Způsoby zasychání .....                                 | 17 |
| 2.7    | Zkoušení vlastností nátěrových hmot .....               | 17 |
| 2.7.1  | Zpracovatelnost .....                                   | 17 |
| 2.7.2  | Vydatnost .....   | 18 |
| 2.7.3  | Kryvosť.....  | 18 |
| 2.8    | Vlastnosti mokrého nátěru .....                         | 18 |
| 2.8.1  | Měření tloušťky mokrého nátěru .....                    | 18 |
| 2.8.2  | Měření spotřeby nátěrové hmoty na jednotku plochy ..... | 19 |
| 2.8.3  | Zkouška zasychání .....                                 | 19 |
| 2.9    | Vlastnosti suchého nátěru .....                         | 20 |
| 2.9.1  | Stanovení povrchové tvrdosti nátěru .....               | 20 |
| 2.9.2  | Zkouška přilnavosti nátěrového filmu k podkladu .....   | 20 |
| 2.9.3  | Zkušební odolnosti nátěru proti oděru .....             | 21 |
| 2.9.4  | Zjištění tloušťky suchého nátěru .....                  | 21 |
| 2.9.5  | Hodnocení lesku nátěru.....                             | 22 |
| 2.10   | Poruchy a vady nátěrových systémů.....                  | 23 |
| 2.11   | Charakteristika EP nátěrů.....                          | 26 |
| 2.11.1 | Epoxidové pryskyřice.....                               | 26 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 2.11.2 | Pryskyřice glycidylového typu .....                      | 27 |
| 2.11.3 | Vytvrzování epoxidových pryskyřic .....                  | 27 |
| 2.11.4 | Epoxyestery .....  | 30 |
| 2.11.5 | Epoxidové pryskyřice na jiné než dianové bázi .....      | 30 |
| 2.11.6 | Reaktivní a nereaktivní ředidla .....                    | 32 |
| 2.11.7 | Struktura a chemická odolnost.....                       | 32 |
| 2.11.8 | Struktura a odolnost proti povětrnosti.....              | 33 |
| 3      | CÍL PRÁCE.....   | 37 |
| 4      | EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....                                | 38 |
| 4.1    | Metodika práce .....                                     | 38 |
| 4.2    | Použitý materiál.....                                    | 41 |
| 4.3    | Výběr plniva .....                                       | 42 |
| 4.4    | Recyklace skla .....                                     | 45 |
| 4.4.1  | Použitá odpadní skla .....                               | 46 |
| 4.5    | Příprava a zkoušky plniva .....                          | 51 |
| 4.5.1  | Měření velikosti částic .....                            | 52 |
| 4.5.2  | Snímání tvaru zrn.....                                   | 56 |
| 4.5.3  | Shrnutí měření velikosti částic a snímání tvaru zrn..... | 60 |
| 4.6    | Určení množství plniva .....                             | 60 |
| 4.6.1  | Aplikovatelnost.....                                     | 60 |
| 4.6.2  | Shrnutí zkoušení aplikovatelnosti.....                   | 62 |
| 4.7    | Stanovení přídržnosti k podkladu .....                   | 62 |
| 4.7.1  | Naměřené hodnoty přídržnosti k podkladu .....            | 64 |
| 4.7.2  | Shrnutí výsledků přídržnosti k podkladu .....            | 68 |
| 4.8    | Chemická odolnost .....                                  | 68 |
| 4.8.1  | Vyhodnocení chemické odolnosti nátěrového systému .....  | 69 |



|       |                                  |    |
|-------|----------------------------------|----|
| 4.8.2 | Shrnutí chemické odolnosti ..... | 78 |
| 4.9   | Sedimentace .....                | 79 |
| 4.10  | Shrnutí praktické části .....    | 81 |
| 5     | ZÁVĚR.....                       | 83 |
|       | Seznam obrázků .....             | 85 |
|       | Seznam tabulek .....             | 86 |
|       | Seznam grafů .....               | 87 |
|       | Seznam použité literatury: ..... | 88 |
|       | Seznam použité literatury: ..... | 88 |

# 1 ÚVOD

V současné době se na trhu nachází široká škála různých druhů nátěrů, které se liší účelem užití a svými fyzikálními či chemickými vlastnostmi. Umožňují nám vybrat si přesně takový, jaký vyhovuje našim potřebám. Ať se jedná o nátěry určeny na beton, kov, dřevo, do interiéru či exteriéru, na svislé nebo vodorovné plochy. A v dnešním pokrokovém světě plném techniky, vědy a výzkumu jsou vlastnosti těchto nátěrů neustále upravovány a zlepšovány. Snahou je získat co nejkvalitnější materiál.

Moje diplomová práce pojednává o vývoji chemicky odolných nátěrových systémech. Úkolem bylo nahradit v polymerním nátěrovém systému stávající plnivo, které je potřeba vyrábět na zakázku. Jako materiál pro potenciální plnivo by měl posloužit průmyslový odpad. Vzhledem k povaze dnešní populace a jejího způsobu života je kolem nás stále více skládek s průmyslovým odpadem. Proto je důležité tento odpad opětovně využít je jako druhotnou surovinu.

Pro využití odpadní suroviny jako plnivo musí tento materiál splňovat určitá kritéria. Především by měl být na křemičité bázi, odpad by měl být snadno dostupný, lehce zpracovatelný a samozřejmě nesmí obsahovat toxické látky, nebo látky, které by negativně ovlivnily vlastnosti chemicky odolných nátěrových systémů.

Má práce bude obsahovat teoretickou část, která bude obsahovat obecné informace o nátěrových hmotách a praktickou část, kde nalezneme přehled odpadních surovin, které mohou být využívány jako plnivo a jeho následná aplikace do nátěrových systémů. Pokračováním praktické části bude obsahovat zkoušky jak plniv, tak zkoušky odpovídající pro nátěrové systémy s již použitým plnivem. Na závěr zhodnotím vhodnost použitých materiálů.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část pojednává především o základních informacích, jako je nátěrový systém, s jakými druhy se můžeme v dnešní době setkat, z čeho a jakým způsobem vzniká. Dále zde nalezneme zkoušky, kterým jsou nátěry podrobovány a jakým problémům musí nátěrové systémy čelit. V neposlední řadě zde nalezneme charakteristiku epoxidových materiálů.

### 2.1 Nátěr - nátěrové systémy

Nátěr je ucelený, většinou tenký plošný povlak, který vzniká nanesením jedné nebo častěji několika vrstev nátěrových hmot na předmět. Nátěry ve stavebnictví mají význam:

- ochranný – proti účinkům povětrnosti, korozi, hnilobě, před vlivem agresivních atmosférických médií a plní také funkci hydroizolační
- hygienický – udržování čistoty
- estetický – vytváření příjemného prostředí

Nátěrové hmoty představuje souhrnný název pro všechny látky, které po nanesení v tenké vrstvě utvoří na podkladu za určitých podmínek povlak požadovaných vlastností. Rozeznáváme dva druhy nátěrových hmot a to: transparentní, které zanechávají průhledný film (dále je dělíme na fermeže, laky a vodní emulze) a pigmentové (krycí) tvořící neprůhledný a barevný film. Nátěrové hmoty pigmentové se vyrábějí jemným rozptýlením práškových barev (pigmentů) v transparentních nátěrových hmotách, které jsou jejich pojivem. [1]

Nátěrové hmoty tvoří zpravidla tři základní složky:

- pojivo – zpravidla makromolekulární látka a spolu s pigmentem tvoří nátěr. Tvoří podstatu transparentního filmu a váže plnivo a pigment. Mívá rozhodující vliv na dobu zasychání a vlastnosti nátěru.
- pigment – většinou s kombinací s plnivem, dává nátěru požadovaný odstín. Transparentní laky tuto složku neobsahují. Jsou to nerozpustné složky používané

k vytvoření zabarvení nátěru. Většinou jsou původu anorganického, dále přírodní i umělé.

- **ředidlo** – zpravidla směs organických rozpouštědel, slouží k rozpuštění pojiva a k úpravě konzistence. Během zasychání z nátěru vytěká. Některé nátěrové hmoty, tzv. bezrozpouštědlové, tuto složku neobsahují. [1]

Dále mohou obsahovat:

- **plniva** – nerozpustné složky zlepšující vlastnosti nátěru (přilnavost, pevnost apod.) případně slouží k jejich zlevnění. Jsou to např. kaolín, mastek, křída, sádrovec aj.
- **zvláčňovadla** – složky zlepšující vlastnosti nátěrových hmot, např. vláčnost, snížení křehkosti, zamezení vzniku trhlin apod.
- **barviva** – rozpustné složky používané k probarvení nátěru.
- **aditiva** – přidávají se v malém množství, ale výrazně ovlivňují vlastnosti nátěrových hmot. Mezi aditiva patří emulgátory, smáčedla, speciální přísady, stabilizátory, tužidla. [1]

## 2.2 Rozdělení nátěrových systémů

**Podle druhu konstrukce** – jak již bylo zmíněno, nátěrové systémy jsou vyráběny pro různé druhy podkladu neboli různé druhy povrchů konstrukce. Konstrukce můžeme rozdělit na betonové, železobetonové a kovové. Dále to mohou být například fasádní nátěry stavebních konstrukcí.

**Podle lokality umístění** – nátěrové systémy pro svislé a vodorovné části. Svislé konstrukce obsahují vnitřní a vnější části, vodorovné konstrukce obsahují podlahové, stropní a střešní systémy.

**Podle charakteru** – každý z nátěrů vykazuje specifické vlastnosti. Mezi něž patří hydroizolační a biologické vlastnosti, chemická odolnost či hygienická vhodnost. Opakem jsou nátěry bez jakýchkoli chemicko-biologických požadavků na vlastnosti.

**Podle materiálové skladby** – na trhu je spousta materiálů, ze kterých je možné vyrábět nátěry či nátěrové systémy. Každý z těchto materiálů má své určité vlastnosti a chování ať už jde o aplikovatelnost, viskozitu, adhezi, dobu schnutí, chemickou odolnost, konečný vzhled aj.

Olejové nátěrové hmoty jsou pravděpodobně nejstarším typem a obsahují filmotvornou složku – přírodní oleje s přísadami přírodních i syntetických pryskyřic, pigmentů, plniv, rozpouštědel a sušidel. Jejich nevýhodou je dlouhé schnutí, nátěry žloutnou a při špatných povětrnostních podmínkách mohou praskat. [2]

Silikátové minerální nátěrové systémy se mohou použít pro všechny druhy fasád včetně sanačních omítek. Pojivem je draselné vodní sklo. To se při vytvrnutí dobře pojí s omítkou a zpevňuje ji. Jejich nevýhodou je omezená barevná škála a jsou agresivní zejména na sklo, laky a plasty, které narušují. [2]

Polymerové nátěrové systémy jsou v dnešní době nejčastěji používané. Mají výborné vlastnosti a jejich vývoj jde neustále kupředu.

- akrylátové, acetátové

akrylátové polymery - jsou polymery či kopolymery na bázi derivátů kyseliny akrylátové kde plnivem je nejčastěji křemičitý písek, mletý vápenec nebo drcená pryž. Disperzní akrylátové nátěrové hmoty jsou někdy nazývány také jako tekuté fólie. Pojivem je zde vhodná disperze, která po odpaření vody vytvoří více či méně pružný film. Tekuté fólie jako pružné membrány jsou formulovány na bázi vodních disperzí akrylátových kopolymerů (kopolymer je vysokomolekulární pojivo, tvořené ze dvou nebo více monomerů, které jsou k sobě chemicky vázány), které vhodně doplňují pigmenty, plniva a speciální aditiva.

- syntetické nátěrové hmoty - obsahují jako filmotvornou složku syntetickou pryskyřici. Tyto hmoty jsou nejrozšířenější. Podle způsobu tvorby filmu je dělíme na:

disperzní – nejběžnější jsou ve vodě rozptýlené jemné částice syntetických pryskyřic s filmem, který má částečnou průdušnost. Jednotlivé tuhé částice v disperzi se slíjí po odpaření větší části vody do souvislého filmu, který se vytváří směrem od povrchu vrstvy nátěru. Vypařováním zbytků vody přes povrchový film vznikají kanálky a póry. Obsahují zpravidla vysychavé oleje a mají obdobné vlastnosti jako olejové hmoty, ovšem rychleji zasychají a mají větší chemickou odolnost. Přílnavost tohoto filmu k podkladu je větší než u olejových nátěrů.

roztokové (polystyrenové hmoty) – vytváří se souvislá ohranná vrstva vyprcháním rozpouštědel respektive ředidel. Filmotvornou složkou

je synergická pryskyřice a rozpouštědlem nebo ředidlem (aceton, benzen, toluen a jiné organické látky). Slouží jako ochranný nátěry, odolávají chemickým i atmosférickým vlivům, jsou odolné proti vodě, používají se na dřevo, kovy, cihly, beton, kámen. Vytvářejí neprůdušné filmy a musí se nanášet na předem upravený (odmaštěný, suchý) povrch. Patří sem i hydrofobizační prostředky na bázi silikonu, které se používají na ochranu vnějších plášťů budov.

- epoxidové, polyuretanové, polystyrénové  
epoxidové – epoxidové laky a nátěrové hmoty se připravují z epoxidových pryskyřic dobře rozpustných v ketonech, esterech, chlorovaných uhlovodících nebo v lakařských rozpouštědlech. Jejich směsi s určitými fenolickými a aminovými pryskyřicemi se mohou vytvrzovat za zvýšených teplot. Vznikají tak velmi tvrdé, ale pružné a velmi dobře chemicky odolné povlaky, které mají dobrou soudržnost s podkladem. Epoxidové nátěry mají výbornou adhezi a jsou pružné. Odolávají alkáliím, zředěným kyselinám a četným rozpouštědlům, proto se využívají pro nátěry na zařízení chemického a potravinářského průmyslu, lodi, letadla a ve stavebnictví na zásobníky, ventilátory, zdivo, podlahy atd. Dále máme také vodou ředitelné epoxidové nátěry, které se rovněž vyznačují svými vlastnostmi jako je tvrdost, pružnost, přilnavost, chemická a korozní odolnost.  
polyuretanové - polyuretanové nátěrové hmoty (PUR) jsou rozpouštědlem nebo vodou ředitelné nátěrové hmoty, zpracovávané jako dvousložkové nebo jednosložkové. Dochází u nich k reakci mezi pojivem a izokyanátovou pryskyřicí pomocí tužidla, a nebo u jednosložkových dochází k vytvrzení vzdušnou vlhkostí, kde tedy není potřeba tužidla.
- silikonové nátěry - jsou paropropustné, mají výbornou hydrofobitu a při vhodném strukturování povrchu omítky vykazují fasády samočistící schopnost. Díky všem těmto vlastnostem jsou silikonové nátěry využívány v prostředí s vysokou prašností a s vysokým podílem exhalací. Také poskytují nátěry odolné proti vysokým teplotám.
- PVC – pro ochranu ocelových plechů jsou nátěry nebo nástřiky. Zpevňování a zhutňování je založeno na roztavování nanesených práškových hmot. Pro aplikaci je vhodné nanášení disperzní nebo práškové PVC.

- nitrocelulóзовé - celulóзовé nátěrové hmoty velmi rychle zasychají (asi za 1 až 2 hodiny), mají za pojivo především nitrocelulózu (proto se označují jako nitrolaky). Celulóзовé nátěrové hmoty však mohou mít za pojivo i jiné deriváty celulózy – acetát celulózy. Je jich velká skupina a vesměs slouží jak ve stavebnictví, tak i v ostatních průmyslových odvětvích. Používají se na dřevo, kovy, sklo i jako dekorační nátěry. Jsou odolné proti vodě i povětrnosti, některé druhy jsou hořlavé, jiné nehořlavé.
- Chlorkaučukové - kaučukové nátěrové hmoty, při výrobě těchto nátěrových látek se používá jako pojivo některý druh kaučuku, nejčastěji chlorkaučuk a chloroprenový kaučuk. Tyto látky velmi dobře odolávají působení vody a povětrnostním vlivům. Používají se na izolační a antikoroziční nátěry a na ochranu stavebních konstrukcí v chemickém a agresivním prostředí.
- Polymercementové, polymervápenné, polymersádrové [2]

### 2.3 Způsob ošetření povrchu před nanesením nátěru

Každý povrch se musí nejdříve ošetřit či očistit před nanesením nátěrové hmoty. Pro tuto přípravu povrchů je možno použít spoustu různých technologických metod a přípravků. Úpravu provádíme za účelem odstranění veškerých nečistot, olejových či mastných skvrn a také pro odstranění starých nátěrů. Dalším bodem přípravy je zdrsňení povrchu, aby k němu nátěrová hmota lépe přilnula. Koncentrace vody obsažené ve zdivu či betonu by neměla být vyšší než 6 %. Při následném odpařování by narušila a znehodnotila nanesený nátěr, jelikož by mohlo dojít k odlupování nebo vzniku tzv. puchýřků.

Pro přípravu betonového/zděného povrchu se používá:

- Tryskání – pomocí kovových nebo nekovových abraziv. Mezi kovové se řadí ocelová drť, ocelový granulát a nerezový granulát. Nekovové abraziva jsou balotina, korund, plastické abrazivo a v poslední řadě písek. Využívají se různé velikosti, které ovlivní konečnou jemnost či hrubost povrchu materiálu. Lze používat na beton, dřevo, kov i sklo.
- Zdrsňení – rozrývače jsou používány pro menší plochy do 250m<sup>2</sup>.

- Broušení – pomocí mechanické brusky je povrch zbaven cementových výkvětů, písků a ostatních nečistot. [7]

## 2.4 Impregnace

Impregnace je používána pro úpravu betonů proti pronikání vlhkosti a vodní páry. Dochází také ke zpevnění povrchu. Je tvořena bezpigmentovými a bezplnidlovými nízkoviskózními látkami. Impregnaci aplikujeme na upravený, čistý povrch, který je schopen absorbovat a penetrovat roztoky. Pro dokonalou absorpci je třeba, aby byly póry a kapiláry otevřené. Těchto vlastností lze dosáhnout oprýskáním povrchů abrazivem, broky nebo tlakovou vodou. [2]

Pro impregnaci se využívají dva druhy materiálů. A to ty, jež reagují se složkami cementového tmele (silikátové materiály – křemičitan sodný, vodní sklo aj.) a ty, které reagují a vytvrzují sami o sobě ( nízkoviskózní epoxidy, metakrylát či polyester).

Impregnaci dělíme do tří skupin:

- hydrofóbní impregnace
- částečně vyplňující impregnace
- těsnící impregnace [2]

## 2.5 Kritéria pro funkčnost nátěrových hmot

Před nanesením a při aplikaci nátěrů či nátěrových systémů je třeba dodržet určité postupy. Při dodržení těchto postupů dosáhneme požadovaných vlastností nátěrových hmot.

- Jak již bylo zmíněno, důležitým faktorem pro aplikaci nátěrových hmot je řádná úprava povrchu.
- Před nanesením nátěru na daný povrch je nutné dodržet stanovené pokyny výrobce.
- Důležitá je volba techniky nanášení nátěrového systému a vhodné podmínky pro aplikaci, jako je například teplota a vlhkost.
- Nátěrový film musí být dokonale zaschlý před jakoukoli další úpravou.



## 2.6 Způsoby zasychání

Nátěrové hmoty zasychají různými způsoby. Základními jsou fyzikální a chemické schnutí.

Při fyzikálním schnutí se odpaří organické rozpouštědlo a pojivo s pigmentem vytvoří nátěr. Tento nátěr je i po zaschnutí v příslušném rozpouštědle opět rozpustný. Chovají se tak např. hmoty nitrocelulose, polystyrenové, asfaltové. Stejným způsobem zasychají *disperzní nátěrové hmoty* (latexy), tzn. že je nutné odpaření vody. Mikroskopické částičky makromolekulárního pojiva však slinou ve spojitý souvislý nátěr, který po zaschnutí již není ve vodě rozpustný. [1]

Při chemickém zasychání vzniká pravý nátěr chemickou reakcí u olejových nebo alkydových nátěrových hmot. Je to reakce s kyslíkem – oxidační polymerace. Chemickou reakcí zasychají *dvousložkové nátěrové hmoty*, po smíchání obou složek (např. epoxidové) nebo přidáním katalyzátoru (tužidla) zahájí chemickou reakci příslušného pojiva (polyesterového). Někdy je potřeba pro průběh reakce zvýšit teplotu. U nátěrových hmot zasychajících chemicky probíhá většinou i fyzikální zasychání, tj. odpařování ředidel. [1]

## 2.7 Zkoušení vlastností nátěrových hmot

Nároky na vlastní nátěrové hmoty se stále zvyšují, a proto vzrůstá i význam zkoušek těchto materiálů. Ověřují se zejména vlastnosti nátěrových hmot ve stavu, v němž se do zpracovatelských závodů dodávají, způsoby a podmínky, při nichž se aplikují a vlastnosti tuhých filmů.

### 2.7.1 Zpracovatelnost

Touto zkouškou se sleduje především použitelnost určité nanášecí metody. Nejčastěji používané metody nanášení jsou:

Nanášení štětcem – Zkoušená nátěrová hmota má dobře opouštět štětec, musí se dobře roztírat a nesmí zanechávat viditelné stopy po tazích štětcem. Nátěr se musí provádět při vhodných teplotních podmínkách (20 až 24°C) v bezprašném prostředí.

Stříkáním – Stříkání je dosud široce používaná metoda nanášení, zejména při dokončování předmětů značně členitých. Některé druhy nátěrových hmot, např. chlorkaučukové a olejové nelze stříkat vůbec, jiné je nutno před stříkáním vhodně upravit. Při zkoušce vhodnosti nátěrové hmoty pro stříkání je nutné dbát především na to, aby stříkaná hmota měla vhodnou viskozitu, která se upravuje ředěním a teplotou.

Máčením – pro máčecí způsob nemůžeme využívat hmoty vícesložkové. Hmota musí mít předepsanou viskozitu, teplotu a máčení musí být plynulé. [1]

## 2.7.2 Vydátnost

Vydátnost je minimální množství nátěrových hmot nanesených na plochu tak, aby se splnily kladené požadavky na nátěr. Vydátnost je podmíněna nanášecí schopností, obsahem sušiny a krycí schopností. [1]

## 2.7.3 Kryvost

Schopnost zakrývat podklad tak, aby nebylo možné rozeznat barvu a strukturu natřeného podkladového materiálu. Kryvost je ovlivněna tloušťkou nátěrového filmu, a proto se příslušná zkouška zpravidla provádí společně s měřením tloušťky nátěru. [1]

## 2.8 Vlastnosti mokrého nátěru

### 2.8.1 Měření tloušťky mokrého nátěru

Tloušťku udáváme v mikrometrech, měříme nanášecím pravítkem nebo excentrickým kolečkem.

Excentrické kolečko valíme po ploše a zjišťujeme místo, kde poprvé ulpěla na středním kotouči nátěrová hmota. Na kruhové stupnici pak přímo odečítáme tloušťku nátěru v mikrometrech.

Nanášecí pravítko je kovový váleček umístěný excentricky mezi dvěma hranolky tak, aby vznikla mezi válcem a deskou štěrbina o výšce: 0,09, 0,12, 0,18 a 0,24 mm. Nátěrová hmota se nalije před pravítkem na skleněnou desku s rovným povrchem. Pravítkem se rovnoměrně táhne po podkladové desce. Tloušťka se určí podle toho, které strany válečku se nejdříve dotknou povrchu nátěru. Pravítkem určíme přesnou tloušťku nátěru, která zajišťuje požadovanou kryvost. [1]

### 2.8.2 Měření spotřeby nátěrové hmoty na jednotku plochy

Zvážený kus plechu o ploše  $0,1 \text{ m}^2$  se okamžitě zváží po nanesení nátěrové hmoty. Množství nátěrové hmoty určíme:

$$O = (a - b) \cdot 10 \text{ [g.m}^{-2}\text{]}$$

a – hmotnost plechu s nátěrem

b – hmotnost čistého nátěru

O – množství nátěrové hmoty [1]

### 2.8.3 Zkouška zasychání

Jsou tři stupně zasychání nátěrových hmot:

- a) Nejdříve se zkouší zasychání proti prachu. Nátěr se občas posype přes štěrbinu lykpodiem. Okénko se vždy po dalším posypání posune o šířku výřezu, takže se postupně za sebou vytvářejí proužky posypané v určitých časových intervalech. Po 24 hodinách se setře lykpodium plochým štětcem a určí se první proužek, z něhož se odstraní všechny prášek tak, aby film na tomto místě zůstal neporušen. Časový rozdíl od zhotovení nátěru do poprášení lykpodiem, které bylo možno beze zbytku setřít, udává stupeň zasychání proti prachu. Uvádí se v minutách. Předepsaná teplota  $20^\circ\text{C}$  a relativní vlhkost vzduchu  $65 \pm 5 \%$ . [1]
- b) Stádium nelepivosti. Zkouší se tak, že na zkušební nátěr se položí ve vzdálenosti minimálně 1 cm od kraje čtvereček cigaretového papíru. Na papír se položí pryžový kotouček a zatíží se 20 g závažím na 60 sekund. Poté se závaží sejme a zkoušený vzorek s pryžovým kotoučkem se nechá hranou spadnout z výšky 2 až 3 cm na dřevěnou podložku, zjišťuje se, zda papírek samovolně odpadne. Jestliže při zatížení 20 g zkušební vzorek nelepí, zkouší se postupně se zatížením 200, 500, 1000, 2000 g, vždy po dobu 60 sekund.
- c) Úplné odtržení [1]

## 2.9 Vlastnosti suchého nátěru

### 2.9.1 Stanovení povrchové tvrdosti nátěru

#### Stanovení tvrdosti podle vrypu nehtem.

Tato metoda je velice nepřesná. Je založena na srovnání vryté stopy, které zůstaly na povrchu nátěru. Mohou se objevit souvislé a přerušované. [1]

#### Stanovení povrchové tvrdosti nátěru tužkou.

Zkouší se na zkušebním nátěru zhotoveném na skleněné desce. Po desce se přejíždí tužkou na vlnovce dlouhé asi 50 mm pod úhlem 30° konstantním tlakem  $300 \pm 15$  g. Hrot tužky má být půlkulovitý. Zkoušet se začíná tužkou nejnižší tvrdosti č. 1 a postupně se použijí tužky tvrdší. Jako výsledek zkoušky se uvede číslo tužky, která při daných podmínkách poruší povrch nátěru jako první. [1]

#### Stanovení tvrdosti kyvadlovým přístrojem dle ČSN 67 3076

#### Stanovení vnikací tvrdosti nátěru mikrotvrdoměrem dle ČSN 67 3074

### 2.9.2 Zkouška přilnavosti nátěrového filmu k podkladu

#### Mřížková zkouška

V nátěru prořízneme žiletkou mříž, která je tvořena čtyřmi řezy vedenými kolmo na sebe. Oka mřížky mají rozměry 1 x 1 mm při tloušťce filmu do 60  $\mu$ m, popřípadě 2 x 2 mm při vyšší tloušťce filmu. Po rozřezaném nátěru se lehce přejíždí prstem a podle toho, jak pevně lpí čtverečky na podkladu, se přilnavost hodnotí pěti stupni:

A1 – čtverečky jsou pevně, jejich hrany jsou ostré a hladké

A2 – čtverečky lpí pevně, hrany jsou neostré, roztřepené

A3 – čtverečky jsou odlupující od podkladu, z 16 ok se mohou olupovat max. 4

A4 – odloupne se nejvýše 8 čtverečků z 16

A5 – všechny nebo téměř všechny čtverečky se odlupují od podkladu, nátěr se zvedá nebo odlupuje. [1]

#### Zkouška přilnavosti pomocí lepící pásky

Vzorek se položí na vodorovnou podložku a ostrým nožem se na něm prořízne 5 rovnoběžných asi 50 mm dlouhých řezů vzdálených od sebe 1 mm. Kolmo k řezům se přelepí samolepící páska tak, aby jeden její konec přečnival. Za nepřilepený konec se páska uchopí a odtrhne od pokladu. Po odtrhnutí pásky se vyhodnotí přilnavost:

B1 – nařezané pruhy ulpívají pevně na podkladu, neodlupují se ani kolmo řezu

B2 – nátěr se odlepuje kolmo řezu, mezi jednotlivými pásky vznikne štěrbina široká nejvýše 0,5 mm

B3 – štěrbina mezi jednotlivými pásy je větší než 0,5 mm, popřípadě se odlupují celé pruhy [1]

#### **2.9.3 Zkušební odolnosti nátěru proti oděru**

Na vzorek upevněný pod úhlem 45° padá z trubice křemenný písek. Ústí padací trubice je vzdáleno od zkoušeného vzorku 25 mm. Písek padá tak dlouho, dokud není na kruhové ploše o průměru 4 až 6 mm nátěr úplně prodřen až na základ. Zaznamenává se množství písku potřebné k prodření nátěru. Pro dosažení spolehlivých výsledků je předepsána tloušťka nátěru. [1]

Zkoušení brusnosti nátěru se používají se dvě metody:

- Zkouška dle Peterse se na blok o rozměrech 80 x 55 x 70 mm, který má pryžovou podložku a váží 2 kg, připevní brusný papír určité zrnitosti a počítá se počet tahů nutných k probroušení nátěru na skle.
- Zkouška podle Epprechta je obdobná. Neuvádí se však rozměry bloku, ale pouze hmotnost, která má být 100 až 500 g. Měřítkem brusnosti je hmotnostní úbytek po určitém počtu tahů. [1]

#### **2.9.4 Zjištění tloušťky suchého nátěru**

Tloušťka nátěru ovlivňuje řadu užitných i technických parametrů u nátěrového systému jako např. difúzní vlastnosti vůči vodní páře i agresivním plynům, vodotěsnost, míru oděruvzdornosti, ale i míru odolnosti proti UV záření a životnost nátěrového systému všeobecně. [2]

Stanovení tloušťky nátěru se provádí vhodným přístrojem. Principem měření je zjištění šířky vodorovného průmětu šikmého řezu tak, aby částečně zasahoval i do podkladu.

Tloušťka nátěru se vypočte ze vzorce:

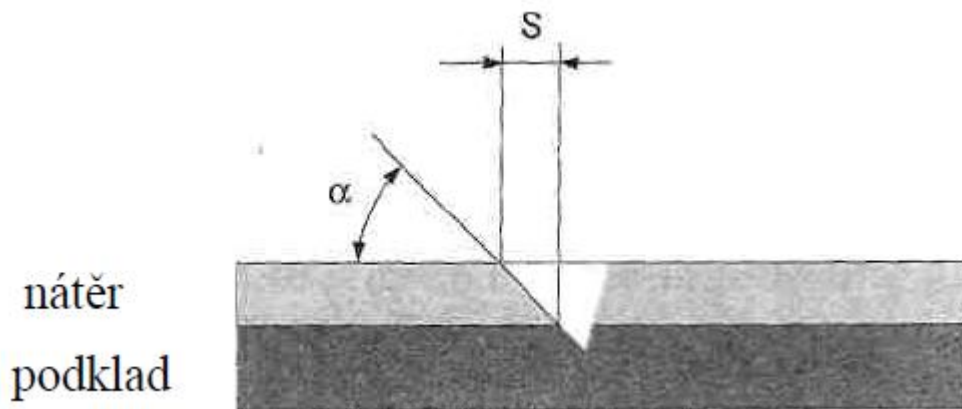
$$D = S \times \operatorname{tg} \alpha$$

D...tloušťka nátěru

S...velikost vodorovného průmětu šikmého řezu

$\alpha$ ...úhel šikmého řezu vůči podkladu

Úhel  $\alpha$  je dán použitým řezným nástrojem, Tímto nástrojem je dán i měřicí rozsah a přesnost měření. Pomocí stupnice mikroskopu se odečte šířka vodorovného průmětu S a stanoví se tloušťka vrstvy nátěru D. [2]



**Obr. 2.1** Měření tloušťky nátěru [2]

### 2.9.5 Hodnocení lesku nátěru

#### Vizuální hodnocení lesku

Vzorek se s nátěrem umístí do vzdálenosti 30 cm od světelného zdroje tak, aby paprsky dopadly na plochu pod úhlem  $45^\circ$ . Na natřenou plochu se postaví tužka a podle toho, jak se na ploše zrcadlí, se posuzuje lesk nátěru:

- Stupeň 1 – zrcadlový neboli vysoký lesk – obraz předmětu na nátěru je dokonale ostrý jako v zrcadle, tohoto stupně dosahuje zejména u polyesterových laků
- Stupeň 2 – lesk- obraz předmětu je méně ostrý než v předchozím případě
- Stupeň 3 – pololesk – obraz předmětu je viditelný, okraje jsou neostré
- Stupeň 4 – polomat – jsou viditelné jen hrubé obrysy předmětu
- Stupeň 5 – mat- obraz předmětu není vidět ani v hrubých rysech [1]

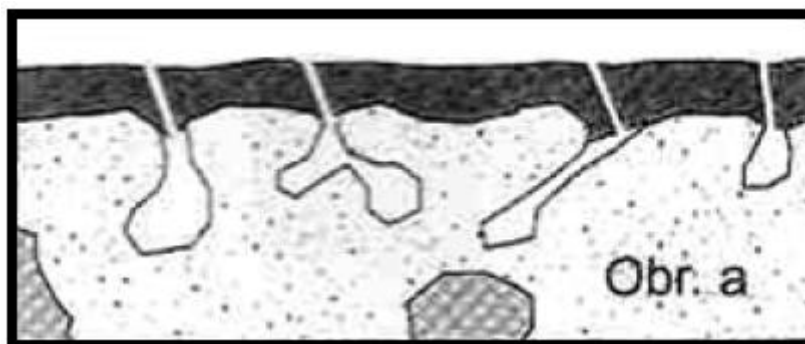
### Hodnocení lesku optickými přístroji

Nejznámější přístroj je Langeho letoměr. Na zkoušenou plochu dopadá pod úhlem světlo, které se od plochy odráží. Odražené světlo se měří fotoelektricky a porovnává se s intenzitou světla odraženého od indikačního standartu, tj. od černého opálového skla. Sklo má index 100 %. Výsledky jsou uváděny v % odraženého světla. [1]

## 2.10 Poruchy a vady nátěrových systémů

### Kráterky a trhlinky

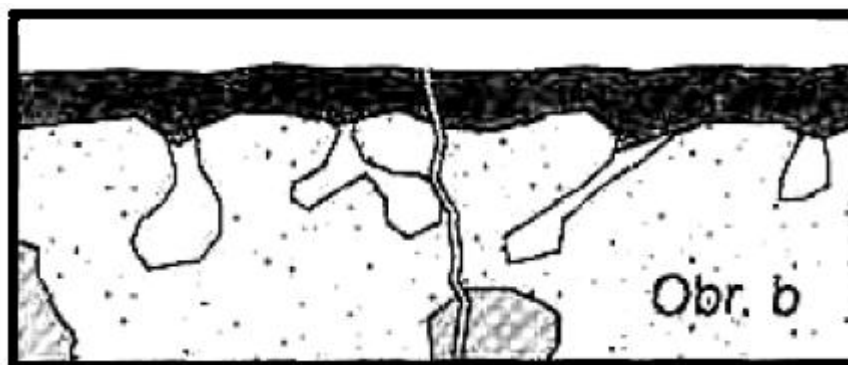
Kráterky a trhlinky na povrchu nátěrového filmu jsou způsobeny pohybem plynů nebo vodních par nevyzrálým materiálem. Stejně příčiny mohou způsobit vznik puchýřů. Puchýře vznikají, když se plyny hromadí pod částečně vytvrzeným nátěrovým filmem, což způsobuje odchlípnutí filmu od podkladu v místě výskytu plynové kapsy. Pro zamezení vzniku trhlinek a puchýřů je třeba znát příčiny difúze plynů. Rozpínání plynů a vlhkosti v betonu může být způsobeno zvýšením teploty při nanášení. [2]



**Obr. 2.2** kráterky a trhlinky

### Vznik navazujících trhlin

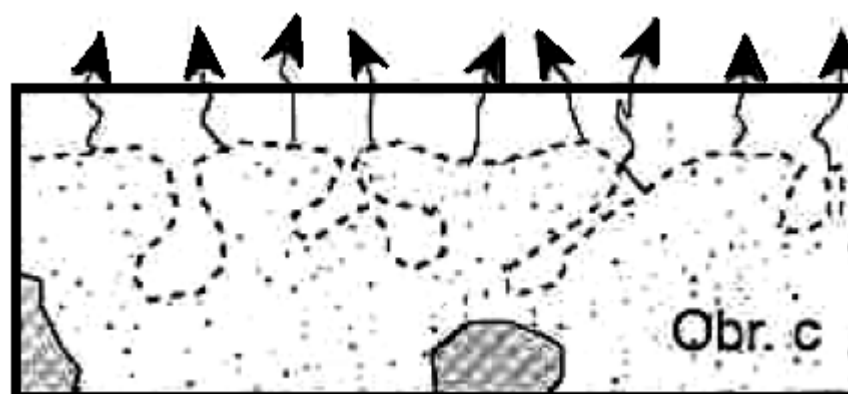
V nanesené hmotě se mohou vyskytovat trhliny v místech, kde materiál překrývá trhlinu nebo otvor, u nichž pak dochází k pohybu. Pokud napětí v povrchovém materiálu přestoupí mez pevnosti v tahu, nastane porušení. K porušení může docházet i u materiálů s velkou průtažností. [2]



**Obr. 2.3** vznik navazujících trhlin

### Ztráty povrchové ochrany

Pokud dochází při nanášení povrchové penetrační úpravy s vysokou obsahem prachové složky k příliš rychlému odpařování rozpouštědla (působením větru nebo vysoké teploty), nemusí se vlastní ochranná vrstva řádně vsáknout do povrchu. [2]



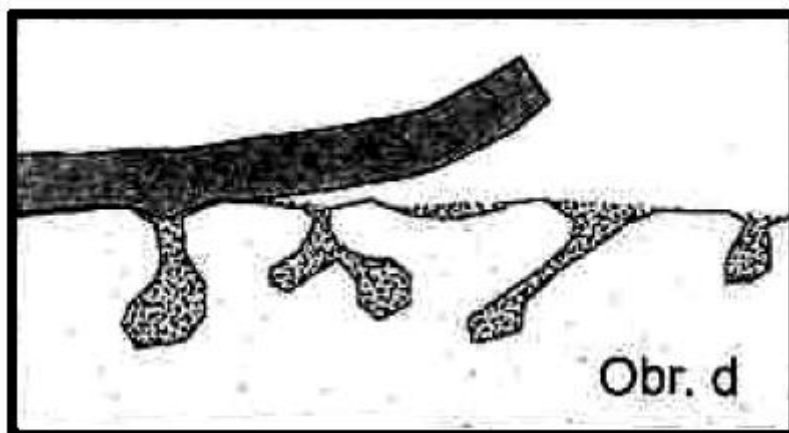
**Obr. 2.4** ztráty povrchové ochrany

### Porušení soudržnosti

Trvanlivost povrchové ochrany je závislá na soudržnosti se stávajícím betonem. Pokud stav povrchu neumožní odpovídající soudržnost, může nastat odchlípnutí filmu.



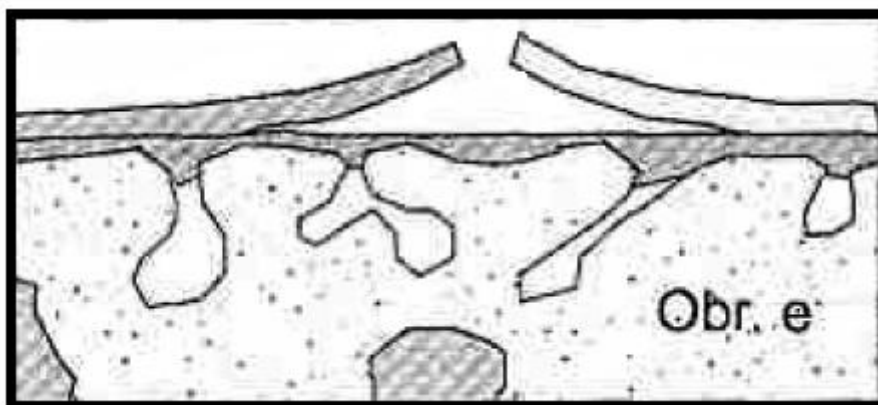
Typické příčiny narušení soudržnosti jsou nedostačující očištění povrchu, mokrá povrch při nanášení nedostatečná (nesprávná) aplikace penetrace před nanášením nové vrstvy nátěru. [2]



**Obr. 2.5** porušení soudržnosti

#### Porušení soudržnosti mezi vrstvami

U vícevrstvých systémů se může jedna vrstva oddělit od druhé. Za typické příčiny se považuje nedodržení intervalu mezi nanášením vrstev, znečištění jedné z vrstev a nevhodná příprava povrchu vrstvy. [2]

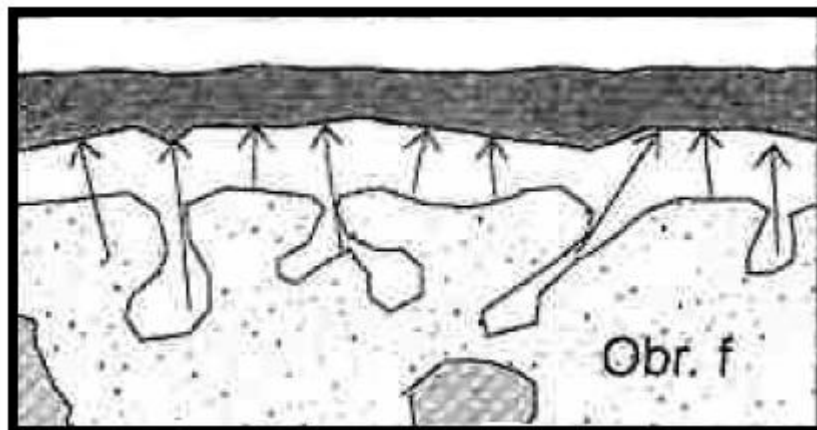


**Obr. 2.6** porušení soudržnosti mezi vrstvami

#### Porušení soudržnosti uzavřením vlhkosti

Pokud vlhkostní podmínky uvnitř betonu způsobí hromadění vlhkosti pod povrchovou ochranou, může se vytvořit tlak dostatečný k porušení soudržnosti ochrany. Hromadění vlhkosti může být vyvoláváno hydrostatickým spádem a vlhkostí

v betonu, tlakem nasycených par vlivem změn teploty, růstem ledových krystalků nebo tvorbou krystalků soli. [2]



**Obr. 2.7** porušení soudržnosti uzavřením vlhkosti

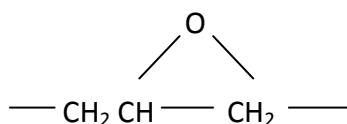
## 2.11 Charakteristika EP nátěrů

### 2.11.1 Epoxidové pryskyřice

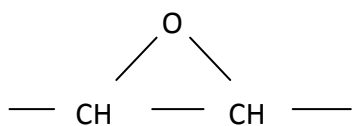
Pod pojmem epoxidové pryskyřice rozumíme sloučeniny, které obsahují v molekule více než jednou epoxidovou (oxiranovou) skupinu. Tato skupina je velmi reaktivní a na její reaktivitě s velkým počtem látek, vedoucí k zesíťovaným makromolekulárním produktům, spočívá aplikace těchto pryskyřic jako lepidel, zalévacích a lisovacích hmot, laminátů a lakařských pryskyřic. Při vytvrzování se neodštěpují vedlejší produkty a dochází jen k malému smrštění. Vytvrzené produkty mají výbornou přilnavost na kovy, sklo, keramiku dřevo aj. Mají velmi dobré chemické a elektroizolační vlastnosti v poměrně široké oblasti teplot, cenná je i jejich značná odolnost vůči vodě, roztokům alkálií a kyselin a některým rozpouštědlům. [3]

Epoxidové pryskyřice lze zásadně rozdělit na dvě skupiny:

- Typy obsahující glycidylové skupiny připravené reakcí epichlorhydrinu s vhodnými surovinami



- Typy obsahující epoxidové skupiny, připravené epoxidací nenasycených sloučenin



[3]

### 2.11.2 Pryskyřice glycidylového typu

Nejběžnějším typem EP jsou produkty alkalické kondenzace epichlorhydrinu s 2,2 – bis(4 – hydroxyfenyl) propanem, zvaným krátce dian nebo bisfenol A. Při této kondenzaci probíhají dvě hlavní reakce: nejprve adice epoxidové skupiny epichlorhydrinu na fenolický hydroxyl, katalyzovaná přítomností alkálií, potom odštěpení chlorovodíku z vzniklých chlorhydrinetherů za vzniku epoxidových skupin. [3]

Epoxidová skupina zůstává buď zachována, nebo dále reaguje s fenolickým hydroxylem další molekuly dianu za vzniku výšemolekulárních látek. Kromě těchto reakcí probíhá ještě několik vedlejších. [3]

Epoxidové pryskyřice jsou viskózní kapaliny až tuhé, křehké pryskyřice. Jsou bezbarvé až nažloutlé, za normální teploty téměř neomezeně skladovatelné. Nízkomolekulární typy jsou rozpustné v aromatických uhlovodících, středně a výše molekulární typy pouze v ketonech, esterech a ve směsích vyšších alkoholů s aromatickými uhlovodíky. Čím méně epichlorhydrinu připadá na 1 mol dianu, tím vyšší je molekulová hmotnost výsledné pryskyřice. [3]

### 2.11.3 Vytvrzování epoxidových pryskyřic

Vytvrzení EP lze uskutečnit různým způsobem:

- polyadici probíhající na epoxidových skupinách
- polykondenzací na přítomných hydroxylových skupinách
- polymerací epoxidových skupin

K adici na epoxidovou skupinu jsou vhodné v podstatě všechny sloučeniny s pohyblivými vodíkovými atomy. Největší význam má vytvrzování polyaminy a anhydridy polykarboxylových kyselin. [3]

### 2.11.3.1 Reakce s polyaminy

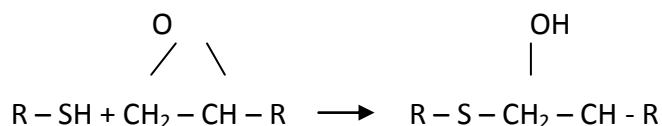
Primární a sekundární alifatické polyaminy dovolují vytvrzovat EP za normální teploty. Reakce probíhá za vzniku hydroxylové a sekundární aminoskupiny.

Pro vznik zesíťovaného produktu je zapotřebí, aby použitý polyamid měl v molekule minimálně 3 aktivní atomy vodíku. Alifatické a cykloalifatické polyaminy vytvrzují EP za normálních teplot během poměrně krátké doby. Nejčastěji používané jsou: diethylentriamin, dipropylentriamin, triethylentetramin aj.

Tytopolyaminy vytvrzují EP za normální teploty se používají zejména pro lepidla, tmely, nátěrové hmoty, licí podlahoviny a polymerbetony. [3]

### 2.11.3.2 Reakce s polythioly

Pro vytvrzování epoxidových pryskyřic za normální teploty jsou rovněž vhodné více funkční polythiolové sloučeniny. Jejich skupiny –SH reagují s epoxidovými skupinami:



Reakce se zpravidla uryhluje aminy.

### 2.11.3.3 Vytvrzování anhydridy

Anhydridy polykarboxylových kyselin jsou jednou z nejdůležitějších skupin tvrdidel EP. Používají se pro zalévací, impregnační a laminační pryskyřice v elektrotechnice v kombinaci s nízkomolekulárními typy pryskyřic a pro práškové nátěrové hmoty v kombinaci s výšemolekulárními typy pryskyřic. Směsi anhydridů s epoxidovými pryskyřicemi vykazují při nižších teplotách dlouhou životnost. [3]

Reakce epoxidů s anhydridy lze popsat třemi hlavními reakcemi:

1. Otevření anhydridového kruhu alkoholickým hydroxylem (pocházejícího z EP) za vzniku monoesteru.

2. Reakcí vzniklé volné karboxylové skupiny s epoxidovou skupinou za vzniku diesteru a nové skupiny – OH.
3. Kyselou katalyzovanou polymerací epoxidových skupin za vzniku etherových vazeb.

Kromě toho mohou v určitém menším rozsahu reagovat i hydroxylové skupiny s epoxidovými skupinami. [3]

#### *2.11.3.4 Polymerace EP*

Jako katalyzátory polymerační reakce na epoxidových skupinách přicházejí v úvahu terciární aminy a kvartérní aminové sloučeniny nebo komplexy fluoridu boritého. Spojení molekul EP je přitom uskutečňováno výhradně etherovými můstky. U pryskyřic obsahujících ještě hydroxylové skupiny je reakce složitější, neboť se jí účastní i tyto skupiny. [3]

Jako tvrdidla s krátkou životností lze použít např. benzyldimethylamin, tris(dimethylaminomethyl)fenol aj. Velkou katalytickou aktivitu vykazují také imidazoly. Značný význam jako tvrdidlo EP má fluorid boritý ve formě svých komplexů. [3]

#### *2.11.3.5 Vytvrzování jinými pryskyřicemi*

Pro nátěrové hmoty je významné vytvrzování EP ve směsi s jinými pryskyřicemi, zejména s těmi, které obsahují reaktivní alkoxy-methylové skupiny, jako jsou fenolformaldehydové, močovinoformaldehydové a melaminoformaldehydové pryskyřice. K vytvrzení směsi těchto pryskyřic dojde za zvýšené teploty (120 až 200°C) za vzniku etherových můstků, např. při zahřívání etherifikovaných fenolformaldehydových pryskyřic s EP lze předpokládat reakce alkoxy-methylových skupin s epoxidovými i hydroxylovými skupinami EP i reakce epoxidové skupiny s fenolickým hydroxylem. [3]

Kombinace EP s fenolickými pryskyřicemi poskytují lakové filmy s výtečnými odolnostmi proti chemikáliím a rozpouštědlům, s vysokou tvrdostí a zároveň dobrou

vláčností. Používají se pro laky na konzervy, kovové sudy a kanystry a pro ochranu kovových výrobků vystavených horké vodě a vodní páře. [3]

Široké je speciální použití epoxidodehtových kombinací pro nátěry a tmely. Taková pojiva jsou tvrditelná za normální teploty polyaminy nebo polyaminoamidy. Z nich je třeba použít více než teoretické množství alifatického polyaminu, neboť při vytvrzování dochází k vedlejším reakcím se složkami dehtu. Vytvrzené povlaky mají dobrou přilnavost na kov i beton a vysokou odolnost protikyselým i alkalickým roztokům a vodě. Slouží pro povrchovou ochranu konstrukcí v chemickém průmyslu, pro nátěry potrubí, přístavních, průplavních a lodních zařízení. Nevýhodou je jejich černá barva.[3]

#### **2.11.4 Epoxyestery**

Esterifikace EP karboxylovými kyselinami má velký význam pro přípravu lakařských pryskyřic. Esterifikaci podléhají epoxidové i hydroxylové skupiny. Esterifikace epoxidových skupin probíhá při 80 až 150 °C, esterifikace hydroxylových skupin vyžaduje vyšší teploty. Za vyšších teplot lze uvažovat i o vedlejší reakci – etherifikaci. [3]

Epoxyestery jsou rozpustné v alifatických a aromatických uhlovodících. Rozpustnost závisí na obsahu mastných kyselin. Jejich nižší obsah vyžaduje větší podíl aromatických uhlovodíků. [3]

Speciální epoxyesterové pryskyřice se používají pro nátěrové hmoty ředitelné vodou. Takové pryskyřice mají zabudované karboxylové skupiny, které se pro dosažení žádoucí rozpustnosti ve vodě musí převést terc.aminem nebo i alkalickým hydroxidem na soli. Nejvýznamnějšími aplikacemi těchto pojiv jsou nátěrové hmoty nanášené elektrochemicky a základní nátěry nanášené máčením.[3]

#### **2.11.5 Epoxidové pryskyřice na jiné než dianové bázi**

Kromě popsaných pryskyřic na bázi dianu, které představují ve světě asi 85 % výroby, jsou vyráběny také typy na bázi jiných surovin. [3]

#### *2.11.5.1 Pryskyřice na bázi jiných fenolů*

Pro pryskyřice se sníženou hořlavostí se jako surovina osvědčil tetrabromdian. Poměrně malý význam mají pryskyřice na bázi bisfenolu F.

Značný význam mají tzv. epoxynovolaky připravené reakcí epichlorhydrinu s nízkomolekulárními novolaky na bázi fenolu nebo kresolu, jejichž produkce představuje téměř 10 % světové výroby EP. Epoxynovolaky mají proti dianovým typům vyšší funkčnost, a proto vytvářejí více zesíťované produkty s větší tepelnou odolností. Používají se hlavně pro elektroizolační účely.[3]

#### *2.11.5.2 Pryskyřice připravené epoxidací dvojných vazeb*

Řadu epoxidových sloučenin je možno připravit epoxidací dvojných vazeb, nejlépe kyselinou peroxyoctovou. Epoxidace kyselinou peroxyoctovou je operace technologicky nebezpečná a vyžaduje důkladná bezpečnostní opatření. [3]

Podobných epoxidových sloučenin, obsahujících cykloalifatické kruhy, se v pryskyřice cykloalifatického typu mají hlavní výhodu ve větší odolnosti vůči povětrnosti a dále ve vyšší odolnosti vůči elektrickému oblouku a plazivým proudům. Používají se speciální látky hlavně v elektrotechnice. [3]

#### *2.11.5.3 Glycidylestery*

Glycidylestery lze podle vlastností a použití přiřadit k cykloalifatickým epoxidům, jelikož nejvýznamnější z nich jsou typy připravené z cykloalifatických dikarboxylových kyselin. Lze je snadno připravit reakcí epichloridu s příslušnými kyselinami přes chlorhydrinstery. Jako katalyzátor adiční reakce slouží kvartérní amoniové soli. Hlavní výhodou glycidylesterů je malá viskozita, velká reaktivita s anhydridy a výborné elektroizolační vlastnosti. [3]

#### *2.11.5.4 Glycidylaminy*

Pro elektronické účely se vyrábějí také dusíkaté EP s glycidylou skupinou vázanou na dusíkový atom. Pro zalévání má význam diglycidylanilin, nažloutlou

nízkoviskózní kapalina vyráběná reakcí anilinu s epichlorhydrinem a dehydrohalogenací. [3]

### 2.11.6 Reaktivní a nereaktivní ředidla

Jako nereaktivní ředidla se pro nízkomolekulární typy EP používá xylen, pro středně molekulární typy xylen s butanolem.

Velký význam mají tzv. bezrozpuštědlové systémy, které používají ředidla, jež jsou schopna se zabudovat do makromolekulární sítě během vytvrzování. Taková reaktivní ředidla mají řadu výhod ekonomického, technologického i ekologického charakteru. Bezrozpuštědlové systémy se používají pro licí podlahoviny, nátěry cisteren, nádraží apod., pro plastbetony aj. Zpravidla se pro tyto systémy používají nízkomolekulární dianové EP s různými diglycidylethery diolů, nebo butyl-, fenyl- kresyl- glycidyletherem. Monoepoxydy účinněji snižují zpracovatelskou viskozitu systémů, ale vzhledem k nižší funkčnosti snižují hustotu polymerní sítě a zpravidla i mechanické vlastnosti. Používá se jich 5 až 25 % na hmotnost EP. Nevýhodou je, že nízkoviskózní mono- a diglycidylethery jsou zpravidla hygienicky závadné. [3]

Jako reaktivní ředidlo se používá i dibutylmaleinát, který při vytvrzování reaguje s tvrdidly typu alifatických polyaminů a částečně se zabudovává do polymerní sítě. Při použití styrenu jako ředidla je třeba použít kombinaci polyadičního tvrdidla pro složku epoxidovou a radikálového redoxního iniciačního systému pro složku styrenovou. [3]

Pro licí pryskyřice a plastbetony se také používá přídavek vysokovroucích nereaktivních ředidel, která nevytěkají. Snižují zpracovatelskou viskozitu a ve vytvrzeném produktu účinkují jako změkčovadlo. Používá se benzylalkohol a dicyklohexylether. [3]

### 2.11.7 Struktura a chemická odolnost

Důležitou vlastností polymerů, která rozhoduje o jejich použití pro speciální účely, je jejich odolnost proti chemickým vlivům. Chování polymeru při jednotlivých chemikáliích můžeme odhadnout již ze znalosti jeho struktury. Makromolekulární látky podléhají při svých reakcích podobným zákonitostem jako nízkomolekulární sloučeniny. Vlastní průběh reakcí se však od průběhu obdobných reakcí



u nízkomolekulárních sloučenin v mnohém odlišuje. U makromolekulárních látek jde vždy o reakce v heterogenním prostředí, kde všechny funkční skupiny a citlivé vazby nejsou přístupné, a proto se reakce nezúčastní. Většinou bývá řídicím faktorem kinetiky znehodnocování polymeru rychlost difúze chemického činidla. [3]

Průběh působení korozivního média na polymery lze rozdělit na tyto fáze:

1. sorpci média na povrchu polymeru
2. difúzi média do polymeru
3. interakci mezi polymerem a pronikajícím médiem (bobtnání, chemickou reakci)
4. difúzi reakčních produktů z vnitřku polymeru na jeho povrch
5. difúzi reakčních produktů z povrchu polymeru do okolí.

V praxi mohou tyto pochody probíhat současně, popř. v různé kombinaci. Dochází-li pouze k difúzi (bez bobtnání nebo chemické reakci), pak se vzhled a fyzikální vlastnosti polymeru příliš nemění. Bobtnání se projevuje zvětšením objemu a změnou fyzikálních vlastností. Chemická reakce mezi prostředím a polymerem nebo jeho přísadami vedou ke změnám fyzikálních vlastností, vzhledu a rozměrů a zároveň se mění vzhled a složení prostředí. [3]

Fyzikálně aktivní prostředí nevyvolává chemické reakce a změny vzniklé jeho působením jsou vratné. Takové prostředí může vyvolat bobtnání až rozpouštění, resp. Vymývání některých součástí polymerního materiálu (např. změkčovadel, stabilizátorů). [3]

Při chemickém odbourávání polymerů dochází k roztržení řetězců, zesíťování, změně chemické struktury řetězců, změně postraních skupin nebo i kombinaci těchto reakcí. Tyto změny se projevují ztvrdnutím, změknutím nebo až lepidostí. [3]

### **2.11.8 Struktura a odolnost proti povětrnosti**

Souhrn všech dlouhodobých nevratných změn vlastností polymerů se nazývá stárnutí. Stárnutí zahrnuje dlouhodobé změny vyvolané všemi vlivy působícími na polymery při jejich používání nebo skladování. Nejvýznamnější jsou vlivy povětrnosti, prostředí, tepla, ionizačního záření, vlivy mechanické a elektrické. Stárnutí je tedy souhrn všech změn, které v polymeru probíhají, ať jde o reakce

spojené se změnami chemické struktury nebo o nevratné fyzikální a fyzikálně chemické změny. Chemické pochody mohou vést k odbourání i ke zvětšování makromolekul a ke změnám doprovodných látek (změkčovadel, aditiv apod.). Mezi fyzikální a fyzikálně chemické pochody patří změny krystalické a sférolitické struktury, ztráty nízkomolekulárních podílů (změkčovadel, stabilizátorů, produktů odbourávání aj.) odpařením, vyluhováním, migrací atd. i přírůstek nízkomolekulárních podílů) vody, elektrolytů) difúzí, bobtnáním, osmózou, absorpcí nebo iontovou výměnou. Všechny tyto změny vedou ke zhoršení užitných vlastností polymerů. [3]

#### *2.11.8.1 Faktory stárnutí*

Povětrnost je komplexním označením souhrnu mnoha faktorů, např. slunečního světla, kyslíku a ozonu, střídání teplot, vlhkosti a vodních srážek, větru a atmosférických nečistot. Všechny tyto složky povětrnosti působí samostatně i v kombinacích. [3]

##### Ultrafialové záření

Následkem absorpce světelné energie dochází u polymerů k fotochemickým reakcím vedoucím až k odbourávání polymerů. Na polymery má z dopadajícího UV-záření největší vliv záření o vlnové délce 290 až 400 nm, jehož podíl činí asi 5 % z celkové sluneční radiace dopadající na povrch Země.

Velikost změn mechanických vlastností a hmotnostních úbytků polymeru závisí zejména na dopadající sluneční energii a nikoliv na samotné době, po kterou je vystaven působení záření. [3]

##### Účinek kyslíku

Při mírných teplotách bývá struktura většiny polymerů při působení molekulárního kyslíku bez záměrné katalýzy (tzv. autooxidaci) dosti stálá. Významná je proto tvorba radikálů, které rychle reagují s kyslíkem. Tyto radikály mohou vznikat fotolýzou, termolýzou, radiolýzou i mechanickými silami.

Vůči oxidaci vzdušným kyslíkem jsou nejodolnější polymery s nasyceným nerozvětveným řetězcem. Oxidace polymerů je za normálních teplot velmi pomalá, ale i její malý rozsah vyvolává prudký pokles molekulové hmotnosti, a tím i změnu vlastností. Citlivost polymerů vůči oxidaci je ovlivňována i jejich formou, hlavně

poměrem povrchu k objemu. Oxidaci mohou urychlovat i různé defekty ve struktuře, nečistoty z monomerů nebo zbytky iniciačních systémů vestavěné do řetězce. [3]

#### Vliv ozonu

Střední koncentrace ozonu v atmosféře při zemském povrchu se pohybuje od  $2 \cdot 10^{-6}$  do  $4 \cdot 10^{-6}$  % v závislosti na ročním období, zeměpisné poloze a meteorologických podmínkách. Se vzdáleností od povrchu Země koncentrace ozonu stoupá a maximální je ve výškách kolem 30 km. Přestože je koncentrace ozonu při zemském povrchu nízká, má ozon významnou úlohu při atmosférickém stárnutí polymerů. Fotolýzou oxidů dusíku, které jsou jednou ze složek znečištění ovzduší, může koncentrace ozonu nad oblastmi s vysokým obsahem smogu výrazně vzrůstat.

Nasyčené uhlovodíkové polymery jsou proti účinkům ozonu poměrně odolné, zejména při koncentracích, jaké se vyskytují při zemském povrchu. U nenasycených polymerů vyvolává ozon podobnou degradaci jako kyslík, ovšem její průběh je značně rychlejší. [3]

#### Vliv tepla

Je známo, že teplota má významný vliv na rychlost chemických reakcí včetně oxidace a hydrolýzy, které jsou faktory povětrnosti. Zvýšení teploty k  $10^{\circ}\text{C}$  způsobuje, že příslušná reakce probíhá asi dvakrát rychleji. Sluneční záření, obsahující asi 50 % IR-záření, zvyšuje povrchovou teplotu, což přispívá k destrukci polymeru. Na tuto teplotu má značný vliv barevný odstín nátěru. Teplota vystaveného materiálu a teplota okolního vzduchu jsou proto důležitými faktory při degradaci. Účinná teplota vystaveného materiálu závisí na intenzitě slunečního záření, okolní teplotě, větru, tepelné vodivosti materiálu, absorpci a reflexi záření. Tyto teploty samy nedostačují k termické degradaci, ale zvyšují rychlost oxidačních a sekundárních fotochemických procesů i hydrolýzy. [3]

Kolísání teplot, které může být značné i v průběhu dne, vyvolává rozměrové změny, které mohou být příčinou vnitřního pnutí až vzniku trhlinek v materiálu. Střídání teplot může také způsobit změnu krystalinity polymeru, a tak změnit průběh stárnutí a difúze kyslíku a ozonu do polymeru.

Při zvýšené teplotě dochází také k migraci změkčovadel, stabilizátorů nebo jiných přísad z polymeru, což může urychlit atmosférické stárnutí. [3]

### Účinek vody

Voda je jedním z nejdůležitějších faktorů způsobujících odbourávání polymerů. Vymývá všechny ve vodě rozpustné katalyzátory i produkty odbourávání, které by mohly katalyzovat další destrukci. Vymývá ovšem také antioxidanty a světelné stabilizátory. Voda, která vnikne dovnitř polymeru, může působit jako změkčovadlo, může bobtnat nebo až úplně rozrušit některé polymery. K odbourávání vodou jsou náchylné polymery obsahující hydrolyzovatelné esterové, amidové a nitrilové skupiny a dále polymery, u nichž hydrolyzovatelné skupiny vznikají oxidací. Jsou-li hydrolyzovatelné skupiny v hlavním řetězci, dochází k velkému snížení molekulových hmotností a k poklesu pevnosti. Jsou-li v postraních řetězcích, je pokles molekulových hmotností menší, ale ke změně původních vlastností dochází. Hydrolyzu polymerů urychluje zvýšená teplota a kyselé nebo zásadité prostředí. Voda má i velký vliv na růst mikroorganismů, které jsou schopny odbourávat polymery. [3]

### Vliv dalších faktorů

Vítr sám nemá zvlášť destrukční účinky. Je však známo, že rychlost větru má značný vliv na průběh křídování, tj. povrchového odbourávání. Nebezpečné mohou být atmosférické nečistoty (písek, saze, popílek a mikroorganismy), které vítr přináší. Také chemické nečistoty ve větru (např. soli) mohou působit značně korozivně. Naopak nečistoty ulpělé na povrchu polymerů mohou polymer chránit před účinky slunečního záření tím, že zastíňují jeho povrch.

Mimořádně důležitým faktorem v průmyslové atmosféře je přítomnost plynných i tuhých nečistot. Z plynných nečistot jde o oxidy síry a dusíku, oxid uhelnatý a uhlovodíky. Jejich účinek není zanedbatelný a v koncentracích, v jakých se vyskytují v silně znečištěné atmosféře, lze jejich účinek na hydrolyzovatelné polymery srovnat s účinkem slunečního záření. [3]

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem mé diplomové práce bylo zjistit možné využití odpadních surovin jako plniva do nátěrů používaných pro ochranu betonových konstrukcí před agresivními chemickými médii. Jsou to vodouředitelný dvousložkový nátěrový systém N 141 a bezropouštědlový nátěrový systém N 121, které mi byly poskytnuty firmou Lena Chemical s.r.o. Zvolená náhradní surovina by měla být surovinou odpadní, jelikož je třeba nakládat i s druhotnými surovinami a chránit tak ekosystém, přičemž její využití přináší i ekonomické výhody.

Druhotná surovina, kterou budu aplikovat do nátěrového systému, musí splňovat určitá kritéria, jako jsou např. požadavky na materiál (sklo, keramika, minerály...), možnost následné úpravy dostupnými způsoby, granulometrie, obsah volných zdraví a životnímu prostředí nebezpečných látek a nesmí obsahovat znečišťující látky, které negativně ovlivňují polymeraci či adhezi.

Prvním úkolem je tedy vybrat vhodný materiál, který by mohl nahradit stávající plnivo. Na tomto materiálu bude provedeno měření velikosti částic a snímání tvaru zrn, čímž porovnáme velikost a tvar referenčního a vybraného materiálu. Poté je důležité zjistit, jaké maximální množství vybraného plniva lze vmístit do nátěrového systému tak, aby byl nátěr aplikovatelný štětcem. Následně na nejvhodnějších recepturách bude stanovena přídržnou k podkladu, sedimentace jednotlivých složek v nátěru a chemická odolnost. Odolnost bude zkoušena na těchto chemikáliích (olej, pivo, destilovaná voda, benzín, aceton, 20 % vodný roztok NaCl, 50 % vodný roztok ethanolu, 5 % vodný roztok NaOH, 30 % vodný roztok NaOH a 20 % vodný roztok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Na závěr zhodnotím veškeré výsledky a posoudím, které plnivo a v jakém množství je optimální pro použití do nátěrového systému.

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

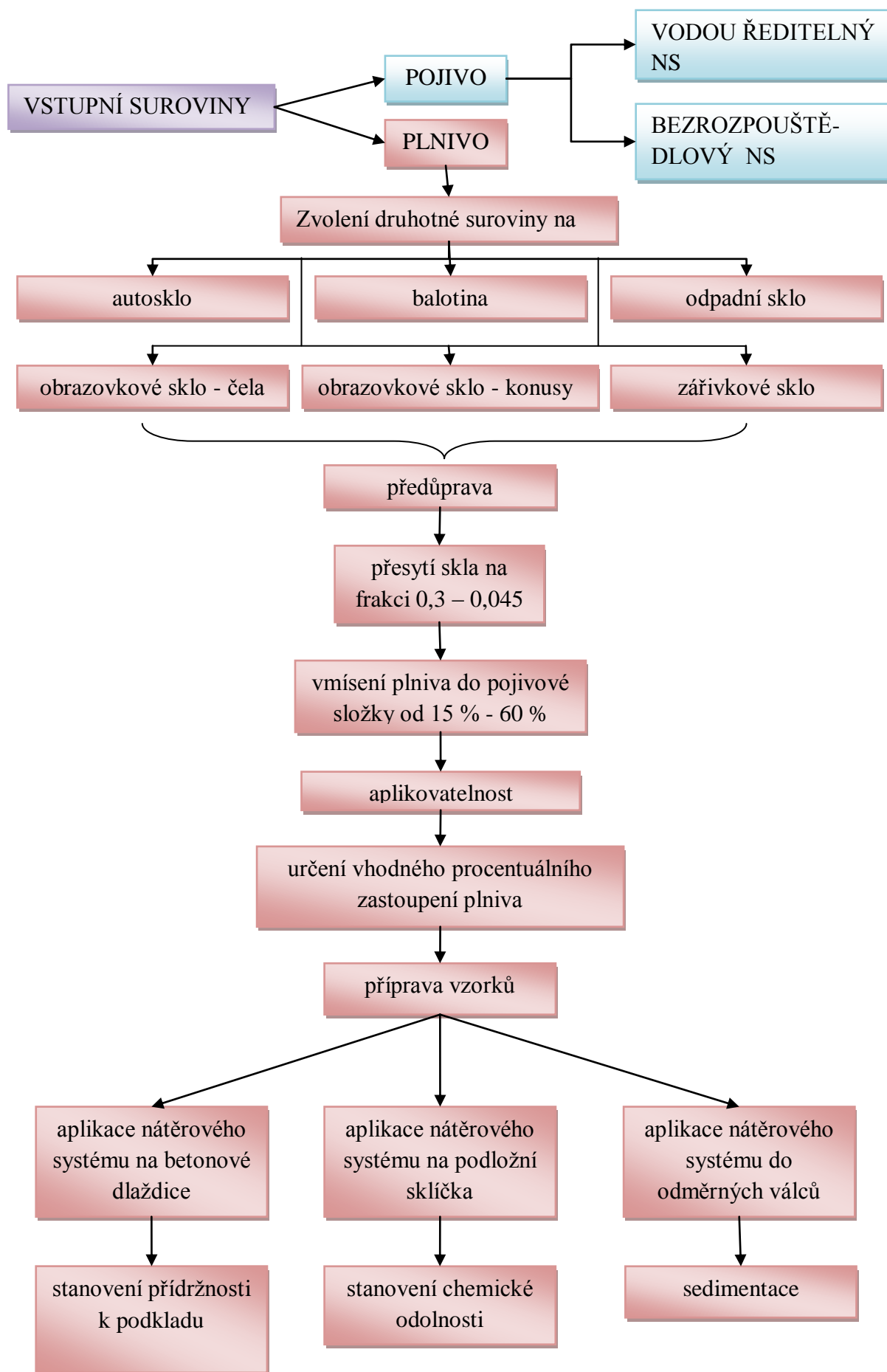
### 4.1 Metodika práce

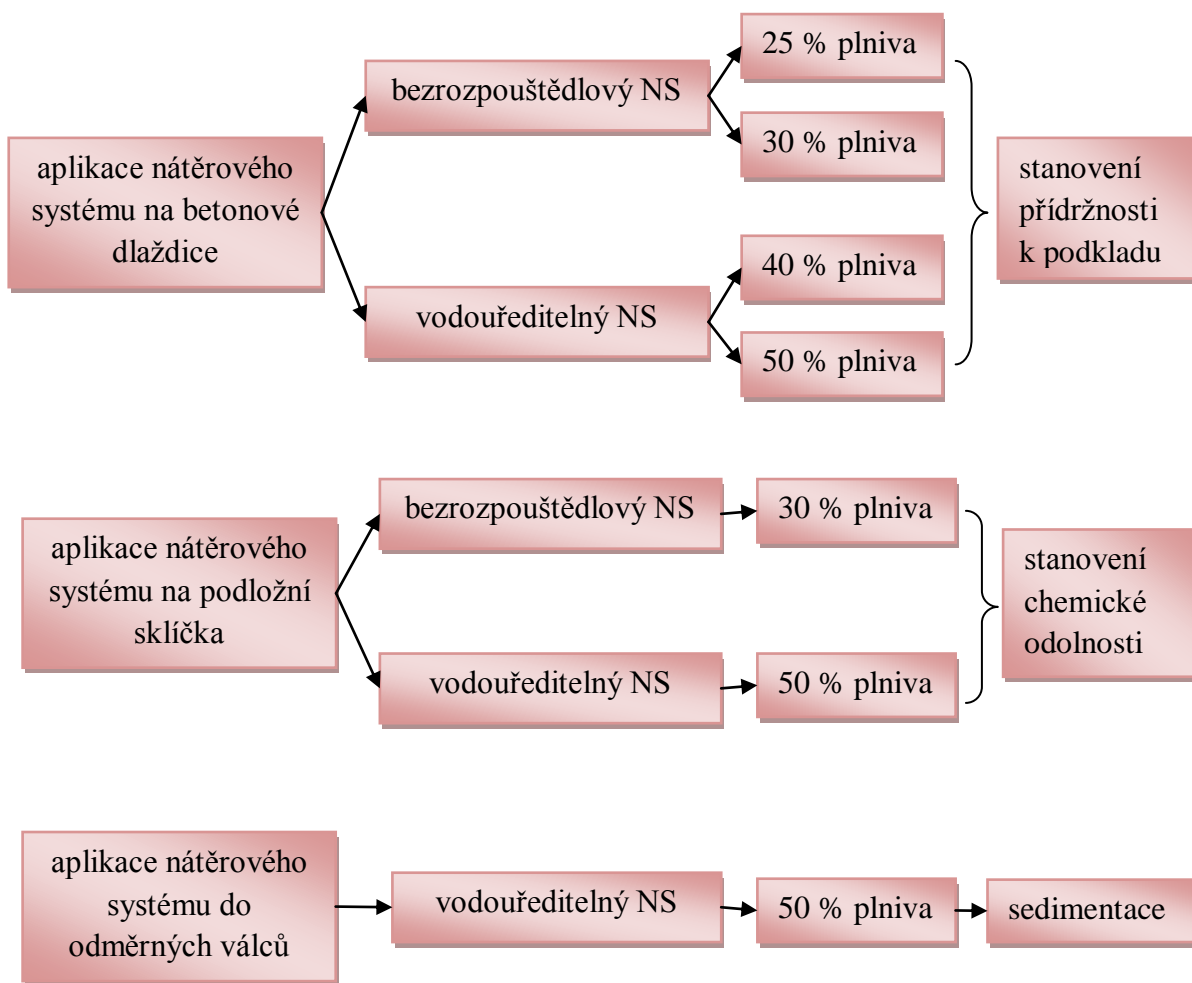
Prvním úkolem mé práce bylo zjistit, který odpadní materiál je možno použít jako plnivo do určených polymerních nátěrů. Toto plnivo mělo být na silikátové bázi a nesmělo negativně ovlivnit stávající pojiva daného nátěrového systému. Zvolené plnivo by mělo být druhotnou surovinou a jeho použití ekonomicky výhodné.

Finální materiál, který měl být zkoušen jako potenciální plnivo, byl vybrán firmou Lena Chemical s.r.o. a tím bylo odpadní sklo. Mezi odpadní sklo se řadí obalové sklo, autosklo, obrazovkové sklo, které se dělí na kónusy a čela, zářivkové sklo a balotina. Všechna skla byla poslána na chemický rozbor. V první fázi se musel vybraný materiál upravit a to pomocí laboratorního mlýnu na menší frakci. Následně se skla přesila na normových sítích velikosti 0,3 – 0,045 mm. Frakce byla zvolena dle stávající plnivové frakce firmy Lena Chemical s.r.o. Na pomletém odpadním skle bylo provedeno měření velikosti částic a snímání tvaru zrn. Přichystaná skla byla přidávána po jednotlivých procentuálních dávkách do nátěru a to v rozmezí 15 – 60 %. Na takto připravených nátěrech jsem sledovala konzistenci a aplikovatelnost nátěru na podklad. Aplikovatelnost byla prováděna pomocí štětce na cetris desky o rozměrech 200 x 150 mm. Po zjištění aplikovatelnosti bylo určeno ideální množství plniva do nátěrového systému. Následně byly nátěry aplikované na dlažební betonové desky o rozměrech 200 x 200 mm, na kterých byla zjišťována přídržnost nátěru. Ta byla testována pomocí terčičků o průměru 50 mm, které byly přilepeny na zaschlý nátěr a pomocí měřicího přístroje DYNA se terčičky odtrhly. Na každý nátěrový systém byly použity tři terčičky, tím jsem získala tři hodnoty pro každý nátěr. Zkoušena byla také sedimentaci jednotlivých složek v nátěru. Další zkouškou byla chemická odolnost nátěrových systémů. Nátěr byl aplikován na podložní sklíčko a ponechán polymerovat 7 dní v laboratorních podmínkách při teplotě 22°C a relativní vlhkosti 65 %. Poté se sklíčka umístila do uzavíratelných kyvet, ve kterých byly připraveny chemikálie. Zkoušenými chemikáliemi byly – aceton, benzín, olej, destilovaná voda, pivo, 20 % vodný roztok NaCl, 50 % vodný roztok etanolu, 5 % vodný roztok NaOH, 30 % vodný roztok NaOH a 20 % vodný roztok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Vzorky byly sledovány a foceny po 1 hodině, 24 hodinách, 72 hodinách, po 7 dnech a po 4 týdnech.

Na závěr jsem porovnáváním výsledků zkoušek určila, které odpadní sklo a v jakém množství je optimálním plnivem do daného nátěrového systému.

Obr. 4.1 grafické znázornění metodiky práce





## VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ



## 4.2 Použitý materiál

Použité nátěrové systémy, které poskytla firma Lena Chemical s.r.o. jsou:

- Lena N 121 – bezrozpouštědlový dvousložkový epoxidový vysoce chemicky odolný silnovrstvý nátěr se zvýšenou odolností pro kyseliny a ropné látky.
- Lena N 141 – Vodouředitelný dvousložkový barevný epoxidový podlahový paropropustný tenkovrstvý nátěr s matným povrchem.

### Bezrozpouštědlové epoxidové systémy

Pryskyřice a síťovadla pro bezrozpouštědlové epoxidové systémy mají vysokou molekulovou hmotnost a viskozitu. Na snížení viskozity pryskyřic se používají tzv. reaktivní ředidla. Reaktivními ředidly jsou myšleny epoxidové pryskyřice o velmi nízké viskozitě. Pro snížení viskozity snovadel se používají neodpařující se ředidla. Nejčastěji používaným neodpařujícím se ředidlem je benzyalkohol jako inhibitor polymerizace. Bezrozpouštědlové systémy jsou typické kompaktní epoxidové systémy. [4]

### Vodouředitelné epoxidové systémy

Cílem technologie vodouředitelných epoxidových systémů je ohleduplnost k životnímu prostředí. Jako základní komponenty, tj. pryskyřice a síťovadlo, se používají stejné látky jako pro bezrozpouštědlové systémy, které jsou ve vodě nerozpustné, a proto se musejí emulgovat. Emulgace se provádí mechanickým rozptýlením dvou vzájemně nemísitelných kapalin. Základní rozdělení vodouředitelných systémů je na systémy, kde se používá emulze pryskyřice a na systémy, kde se používá emulze síťovadla. U prvního způsobu dochází po přidání síťovadla do emulze pryskyřice k emulgaci síťovadla, u druhého způsobu je tomu přesně naopak. Podmínkou je, že emulze výborně emulgují fázi nezemulgovanou. [4]

V systému nedochází k chemické reakci mezi vodou a ostatními složkami. Tvrdidlo ani jiné části systému nejsou ve vodě rozpustné. Při síťování dochází k reakci aminových skupin tvrdidla s epoxidovými skupinami pryskyřic. Od dosažení jistého stupně zesíťování se začne voda, jež tvořila emulzi, odpařovat. V tomto okamžiku je již však struktura dostatečně zesíťovaná a má tvarovou stálost. Voda, která se odpařuje, se nachází v kavitách tvořených prostorovou sítí polymeru. Po odpaření

vody je tvar částečně zesíťovaného polymeru zachován, kavity po vodě v systému zůstávají a polymer dále síťuje. [4]

### 4.3 Výběr plniva

Nejprve bylo třeba rozhodnout, jaký materiál bude použit pro náhradu za stávající plnivo. Od firmy Lena Chemical s.r.o. jsme dostali požadavky, které by náhradní plnivo mělo splňovat. Jedním z nich bylo, aby zvolený materiál byl druhotnou surovinou, která ovšem nesmí negativně ovlivnit charakter nátěrového systému a měl by se fyzikálními a částečně i chemickými vlastnostmi přibližovat k původnímu používanému plnivu.

V současné době je z průmyslové výroby mnoho odpadů, které je možné opětovně využít v původních technologiích, nebo lze odpad využít v mnoha dalších odvětvích. Stejně tak ve stavebním průmyslu se velmi často využívá druhotných surovin. Pro náš účel, tedy využití druhotných surovin jako náhrada za stávající plnivo do nátěrových systémů, je možné například pracovat s popílky, struskou, slévarenskými písky nebo odpadním sklem. Tyto suroviny přibližně odpovídají dalším kritériím, která Lena Chemical s.r.o. požaduje a jsou uvedeny níže.

#### **Charakteristika základních vlastností vhodného plniva**

- specifická hmotnost [ $1 - 4 \text{ g/cm}^3$ ]
- materiál (sklo, keramika, minerály, plast, kov, definované směsi, atd.) musí být inertní ve vztahu k pojivovému a tvrdícímu systému
- možnost následné úpravy (pokud by bylo třeba) dostupnými způsoby
- granulometrie ( $10 \mu\text{m} - 1 \text{ mm}$ ) před nebo po úpravě, tvar částic
- obsah volných (chemicky ani jinak nevázaných) zdraví a životnímu prostředí nebezpečných látek
- znečištění látkami, které mohou mít neblahý vliv na polymeraci či adhezi (vždy raději otestujeme)
- dostupnost (lokalita, množství, balení, plynulost dodávek, dlouhodobě x krátkodobě)
- stabilní kvalita/složení plniva.

### Limitující vlastnosti plniva

- potřeba nákladné nebo zdlouhavé následné úpravy
- nedokonalá adheze epoxidového systému na povrch částic plniva (adheze limituje vlastnosti výsledného kompozitu), která nelze řešit.
- negativní efekt plniva na mechanické parametry systému
- negativní efekt na fyzikální stárnutí polymeru
- negativní efekt na aplikační vlastnosti systému
- významný negativní vliv na estetické parametry systému. [5]

### Struska

Struskou je označován vedlejší produkt termických a spalovacích procesů. Je mnoho druhů strusky a ve stavebnictví je nejčastěji používána vysokopecní struska. Tato struska je vedlejší produkt při výrobě surového železa. Vzniká rychlým ochlazením roztavené strusky. Chemické složení vysokopecní strusky se obecně udává v těchto rozmezech:

|                  |               |                                     |             |
|------------------|---------------|-------------------------------------|-------------|
| SiO <sub>2</sub> | 33,2 – 37,0 % | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 9,1 -12,0 % |
| CaO              | 38,1 – 41,7 % | S                                   | 1,1 – 2,0 % |
| MgO              | 7,0 – 11,4 %  | K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O | < 1%        |
| Fe, Mn           | < 1%          |                                     |             |



**Obr. 4.2** Struska – vedlejší produkt termických a spalovacích procesů [8]

### Popílek

Popílek vzniká ze spalování uhlí při teplotě 1200 – 1700°C. Velikost částic je 0 – 1 mm a tyto zbytky jsou zachycovány na odlučovačích. Jeho vlastnosti jsou závislé na kvalitě spalování hnědého uhlí a technologickém procesu. Průměrné chemické složení klasického popílku:

|                                |      |                                |       |
|--------------------------------|------|--------------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 52 % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 9 %   |
| CaO                            | 3 %  | SO <sub>3</sub>                | < 1 % |
| MgO                            | 1 %  | K <sub>2</sub> O               | 1 %   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 28 % | Na <sub>2</sub> O              | < 1 % |
| TiO <sub>2</sub>               | 2 %  | ZŽ                             | 6 %   |

### Fluidní popílek

Vzniká při technologii fluidního spalování tuhých paliv, kde se mleté uhlí spaluje s přidávkem vápence. Jsou tedy charakteristické vyšším obsahem Ca. Toto spalování probíhá při teplotách 800 – 850°C.

|                                |      |                                |       |
|--------------------------------|------|--------------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 42 % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6 %   |
| CaO                            | 18 % | SO <sub>3</sub>                | 5 %   |
| MgO                            | 2 %  | K <sub>2</sub> O               | 1 %   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19 % | Na <sub>2</sub> O              | < 1 % |
| TiO <sub>2</sub>               | 1 %  | ZŽ                             | 10 %  |

### Slévárenské písky

Základní složkou formovacích směsí pro slévárenskou výrobu jsou ostřiva a tyto ostřiva představují křemenný písek. Který se stává po procesu slévárenské výroby následně odpadní surovinou. Jednotlivá zrna ostřiva jsou obaleny použitým pojivem. Musí se tedy před recyklací tohoto materiálu upravovat, avšak nikdy už nebude mít naprosto stejné fyzikální a chemické vlastnosti, jako před použitím.

### Odpadní sklo

Mezi odpadní sklo řadíme veškerý odpad, který je vyroben z křemičitého písku, sody potaše a vápence. Ovšem pro některé účely jsou povrchy skelných výrobků speciálně upravovány. Proto tato skla mohou obsahovat znečišťující látky, které je nutno před dalším použitím odstranit. Mezi tyto znečišťující látky řadíme například ochranné fólie u autoskel anebo také látky luminoforů, které se nacházejí na vnitřní straně zářivek či povrchu počítačových nebo televizních obrazovek.

Shrneme-li, mezi kterými odpadními surovinami se rozhodovalo, byla to struska, popílky, slévárenské písky a odpadové sklo. Na základě rozhodnutí firmy Lena Chemical s.r.o. bylo vybráno pro zkoušení potenciálního plniva odpadové sklo. Konkrétně – obalová skla, zářivkové sklo, autosklo, balotina, obrazkové sklo jak čela, tak kónusy. Toto rozhodnutí podpořil fakt, že struska a popílek je druhotná surovina, která se v dnešní době velmi často používá. A má tedy uplatnění. Kdežto některé druhotné suroviny odpadního skla v dnešní době zatím uplatnění nenachází. Další rozhodující fakt byl ten, že firma Lena Chemical s.r.o. již má zkušenosti s materiálem na bázi  $\text{SiO}_2$  a tudíž preferuje odzkoušet odpadní skla, jako plnivo do nátěrových systémů.

## **4.4 Recyklace skla**

Recyklace je důležitá pro ochranu přírody a zdraví, jelikož čím více odpadu budeme recyklovat, tím menší plochy budou třeba k jeho uskladnění a také skončí menší množství odpadů ve spalovnách, které se i přes veškerou snahu podílí na znečišťování ovzduší.

Skelný recyklát má odpovídající vlastnosti požadované pro nahrazení plniv v polymerním nátěru. Recyklace skla je jedním z technologicky nejjednodušších recyklačních kruhů. Sklo se totiž nemusí před recyklací nijak zvlášť upravovat. Pouze se rozemele a roztrídí do jednotlivých frakcí na recyklační lince a podle potřeb dále upravuje. Ovšem výroba samotné recyklační linky je finančně náročná. Ale i výroba recyklační linky může být ekonomicky výhodnější, než si nechávat vyrobit plnivo přidávané do nátěru na zakázku, protože dokáže recyklovat až 45 000 tun střepů ročně.

Odpadové ploché sklo lze rozdělit do těchto kategorií:

- čirý float určený k recyklaci
- zelený float, skla probarvená ve hmotě, izolační skla, skla s potiskem, kalená skla, boční a zadní autoskla
- sklo lepené – čelní autoskla, lepená stavební a bezpečnostní skla
- pyrobely protipožární skla
- drátkoskla
- obalové sklo – sklenice, láhve [6]

Postup recyklace skla:

- shromažďování skla na skládce
- manipulace se skelnými střepy pomocí nakladačů
- skleněné střepy jsou primárně rozdrčeny v předdrtičích s magnetickou separací kovových částic
- odstranění hrubých nečistot ze skelného recyklátu je prováděno ručně
- pomocí optoelektronickým zařízením dosáhneme konečného vyčištění
- posledním bodem recyklační linky jsou dělicí síta, které rozdělí recykláž na požadované frakce
- recykláž je připraven pro expedici [6]

#### 4.4.1 Použitá odpadní skla

##### Zářivkové sklo

Zářivky jsou vyráběné ze skleněných trubic, které jsou opatřeny žhavicími elektrodami. Vnitřní povrch trubic je opatřen luminoforem a prostor těles je vyplněn rtuťovými parami a argonem. Tyto látky se označují jako látky toxické. A proto je nutné tyto toxické látky při recyklaci odstranit. Přečištěnou rtuť je možné vrátit zpět do chemického průmyslu a luminoformní látky z povrchu zářivek jsme schopni odstranit pomocí pískování, odsátí či ostříkáním tlakovou vodou. Zářivky zbavené veškerých kovových a plastových částí, rtuti a luminoforů je možné znovu využívat jako technický materiál.

#### Chemické složení zářivek:

|                                |         |                  |        |                               |          |
|--------------------------------|---------|------------------|--------|-------------------------------|----------|
| SiO <sub>2</sub>               | 67,69 % | CaO              | 4,64 % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0,009 %  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,17 %  | MgO              | 2,94 % | ZnO                           | 0,004 %  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,14 %  | K <sub>2</sub> O | 1,08 % | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,008 %  |
| Na <sub>2</sub> O              | 16,82 % | BaO              | 0,36 % | Hg                            | 0,0004 % |
| ZŽ                             | 0,01 %  |                  |        |                               |          |



**Obr. 4.3** Zářivková skla [9]

#### Autosklo

Autoskla obsahují pryskyřice a tónovací pokovení. Je třeba rozlišovat dva typy autoskel a to z důvodu použití bezpečnostní PVB fólie, která se používá především na přední skla. Přítomnost této fólie znesnadňuje recyklaci a je až 2,5 x cenově vyšší než recyklace autoskla bez ochranné fólie.

Recyklační linka autoskla začíná u dokonalého rozdrcení pomocí vysoce funkčních drtičů. Následují dopravníky a separátory, jež z nadrceného materiálu oddělí kovové částice a jiné příměsi. Nedílnou součástí jsou optická čidla, která odstraní z drti zbytky nečistot, autofólie, vytěšňovací gummy a další přítomné nežádoucí složky. Takto zrecyklovaný materiál je již připraven na expedici.

Chemické složení:

|                                |         |                  |        |                                |         |
|--------------------------------|---------|------------------|--------|--------------------------------|---------|
| SiO <sub>2</sub>               | 69,16 % | CaO              | 9,19 % | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,005 % |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,69 %  | MgO              | 3,71 % | ZnO                            | 0,01 %  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,14 %  | K <sub>2</sub> O | 0,32 % | PbO                            | 0,02 %  |
| Na <sub>2</sub> O              | 12,00 % | BaO              | 0,17 % | ZrO <sub>2</sub>               | 0,029 % |
| LiO <sub>2</sub>               | 0,004 % | TiO <sub>2</sub> | 0,03 % | ZŽ                             | 0,65 %  |



**Obr. 4.4** Autoskla [6]

Balotina

Balotina je používána jako abrazivo. Jsou to skleněné mikrokuličky, pomocí nichž se leští nebo jemně tryská nerezové povrchy. Tento materiál je toxikologicky i ekologicky nezávadný. Balotina je chemicky stálá, nehořlavá a nevýbušná. Avšak při volném přístupu vzduchu a vlhkosti klesá její sypkost. Specifická hmotnost je 2,45 kg/dm<sup>3</sup>.

Chemické složení:

|                   |        |                                |             |
|-------------------|--------|--------------------------------|-------------|
| SiO <sub>2</sub>  | 65,0 % | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,5 - 2,0 % |
| Na <sub>2</sub> O | 14,0 % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | < 0,15 %    |
| CaO               | 8,0 %  | ostatní                        | < 2,0 %     |
| MgO               | 2,5 %  |                                |             |





**Obr. 4.5** Balotina [10]

#### Obrazkové sklo

Obrazovky jsou tvořeny ze dvou částí a to z předního čelního skla tzv. stínítka a zadního skla - konusu. Povrchová plocha stínítka je pokryta napařeným hliníkem a kónusová část obrazovky je opatřen grafitem s akrylátovou vrstvou pojiva.

Pro využívání obrazkového skla v recyklaci je nutno odstranit povrchové vrstvy jak konusu, tak stínítka. Po odstranění těchto vrstev je sklo připraveno na recyklaci, podrcení následné využití skla.

#### Chemické složení obrazkového skla - čela:

|                                |         |                  |        |                  |         |
|--------------------------------|---------|------------------|--------|------------------|---------|
| SiO <sub>2</sub>               | 59,26 % | CaO              | 1,08 % | LiO <sub>2</sub> | 0,001 % |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,11 %  | MgO              | 0,31 % | SrO              | 7,86 %  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,13 %  | K <sub>2</sub> O | 7,33 % | PbO              | 1,01 %  |
| Na <sub>2</sub> O              | 7,47 %  | BaO              | 8,67 % | TiO <sub>2</sub> | 0,45 %  |
| ZŽ                             | 0,03 %  |                  |        |                  |         |

Chemické složení obrazkového skla - kónusy:

|                                |         |                  |        |                  |        |
|--------------------------------|---------|------------------|--------|------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 50,83 % | CaO              | 3,57 % | LiO <sub>2</sub> | 0,03 % |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,15 %  | MgO              | 2,10 % | SrO              | 0,63 % |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,11 %  | K <sub>2</sub> O | 5,62 % | PbO              | 1,01 % |
| Na <sub>2</sub> O              | 6,72 %  | BaO              | 1,38 % | TiO <sub>2</sub> | 0,07 % |
| ZŽ                             | 0,01 %  |                  |        |                  |        |



**Obr. 4.6** Obrazková skla [11]

#### Obalové sklo

Obalové sklo zaujímá největší podíl druhotných surovin z odpadového skla. Avšak je také nejsnadněji recyklovatelné, jelikož neobsahuje nebezpečné či znečišťující látky, které je třeba odstranit či jakkoliv s nimi složitými technologiemi nakládat. Obalové skla jsou vyráběny čiré nebo skla zbarvená v různých barevných odstínech.

Chemické složení čirého skla:

|                                |         |                  |        |
|--------------------------------|---------|------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 74,76 % | CaO              | 7,69 % |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,55 %  | MgO              | 4,27 % |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,17 %  | K <sub>2</sub> O | 0,19 % |
| Na <sub>2</sub> O              | 11,91 % | BaO              | 0,09 % |
| ZŽ                             | 1,30 %  | TiO <sub>2</sub> | 0,02 % |



**Obr. 4.7** Obalové skla [12]

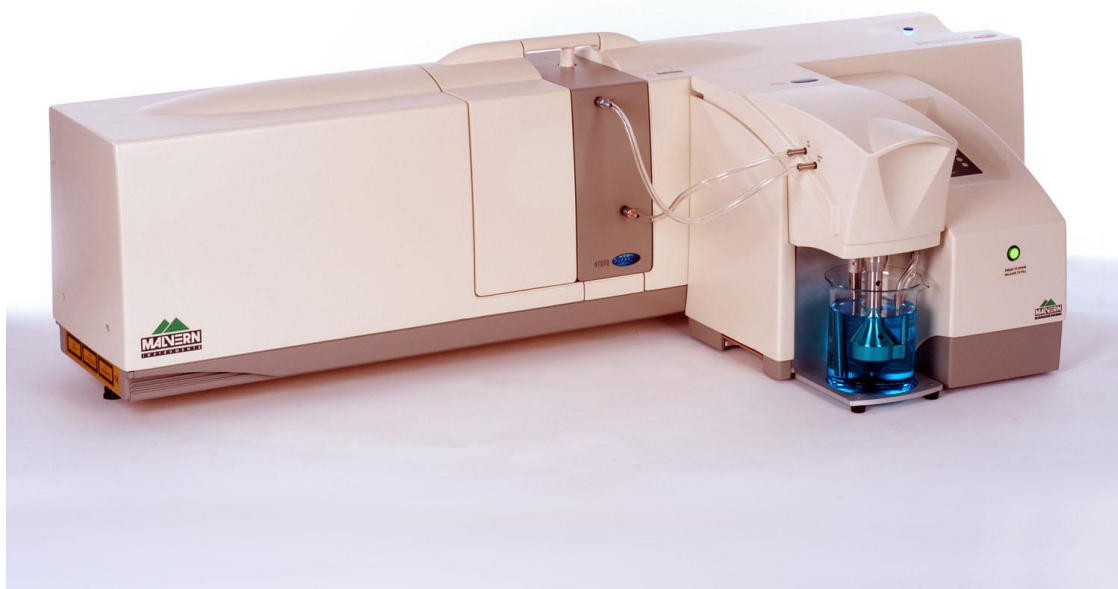
## 4.5 Příprava a zkoušky plniva

Vybrané odpadní skla byly pomlety v laboratorním mlýně FRITSCHV po dobu 60ti sekund při optimální frekvenci otáček a následně byla prosívána přes normová síta na požadovanou frakci plniva, kterou firma Lena Chemical s.r.o. používá do vodouředitelných a bezrozpuštědlových nátěrových systémů. Tato frakce

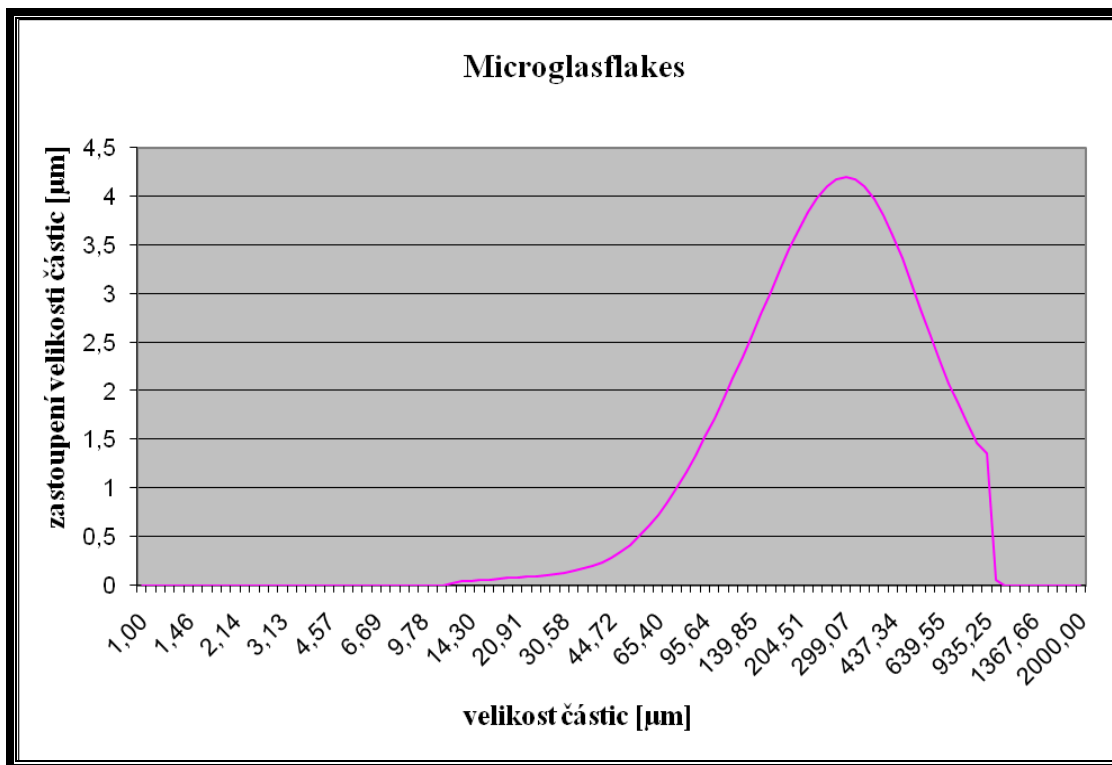
je 0,045 – 0,3 mm. Na jednotlivých připravených sklech bylo provedeno měření velikosti částic pomocí měřicího přístroje MASTERSIZER a dále snímání tvaru zrn pod mikroskopem pro srovnání původního používaného plniva a zvoleného náhradního plniva.

#### 4.5.1 Měření velikosti částic

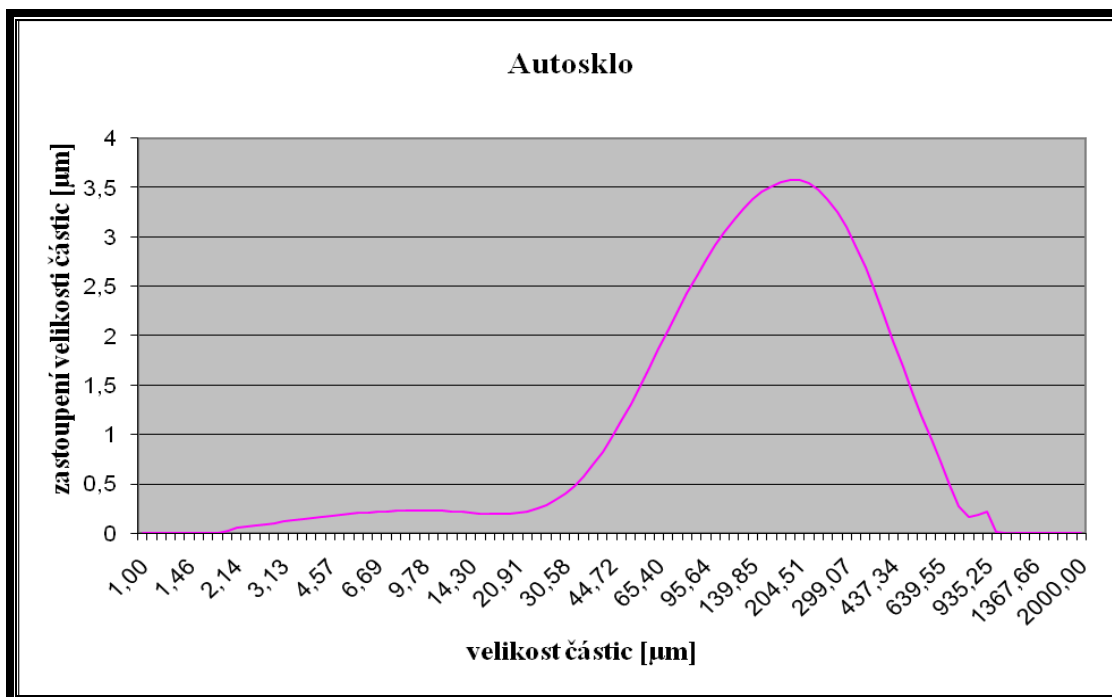
Měření velikosti částic bylo provedeno na přístroji MASTERSIZER. Tento přístroj funguje na principu stínění a odrazu laserového paprsku, který je vyslán a dopadá na kyvetu, v níž se nachází rozptýlený měřený vzorek materiálu. Velikost částic je změřena pomocí odrazového úhlu paprsku. Čím menší je úhel dorazu laseru, tím větší je velikost částic. Dále se sleduje intenzita laseru, která klesá se zvětšujícím se objemem částic. Po vyhodnocení výsledků je nám k dispozici graf, na kterém nalezneme rozdělení velikosti částic pomocí křivky, nebo tabulka s procentuálním zastoupením velikosti částic jednotlivých frakcí.



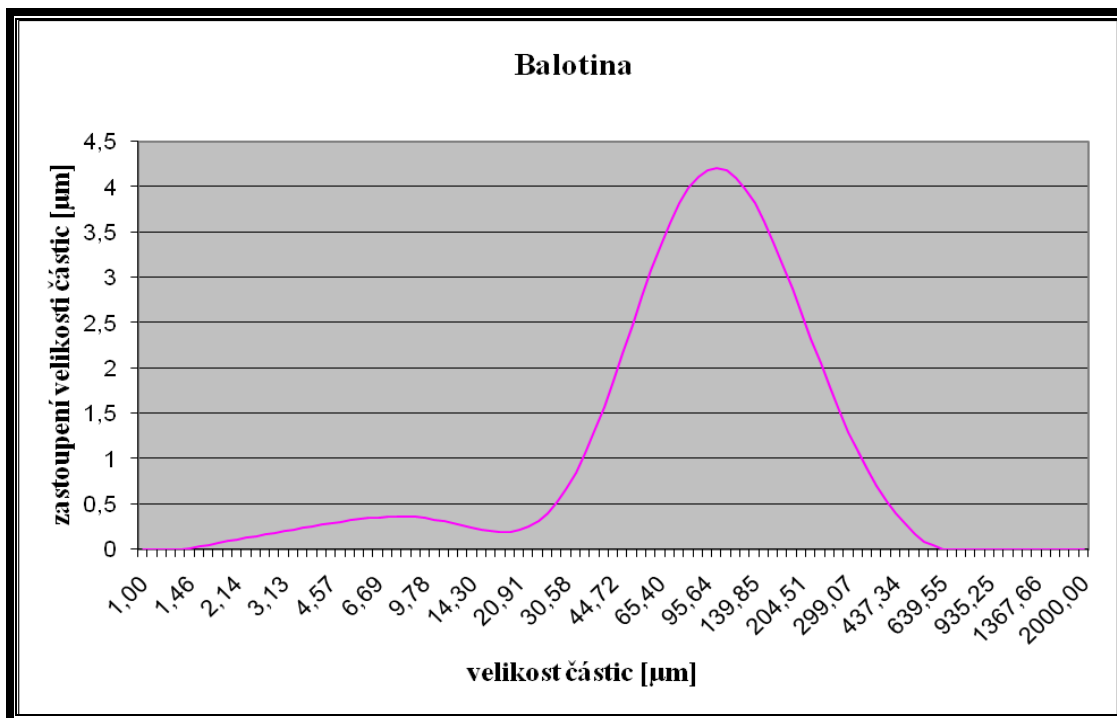
**Obr. 4.8** MASTERSIZER – měřicí zařízení pro zjišťování velikosti částic. [13]



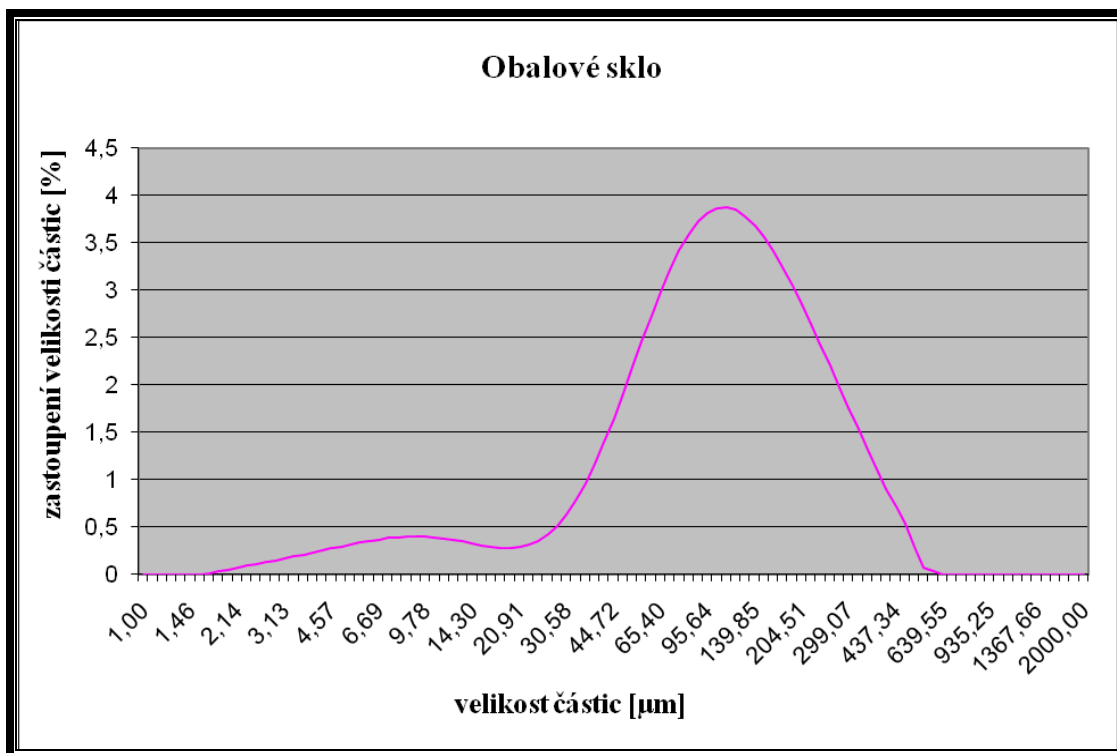
**Graf 4.1** Graf velikosti částic - referenční plnivo.



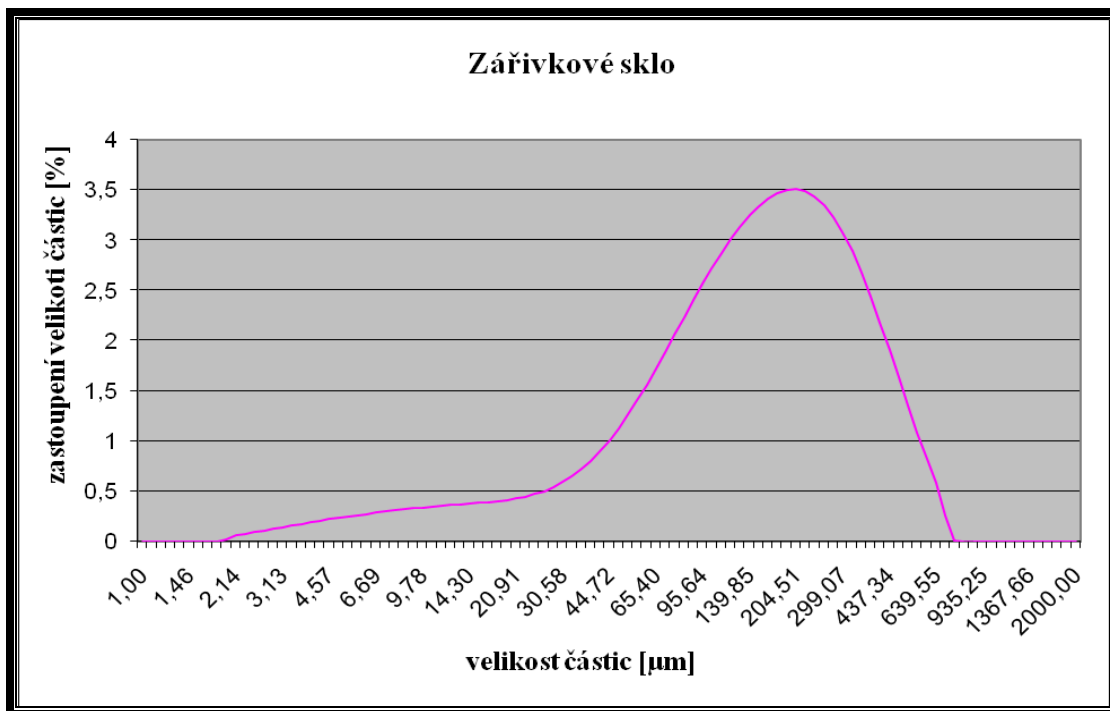
**Graf 4.2** Graf velikosti částic – autosklo.



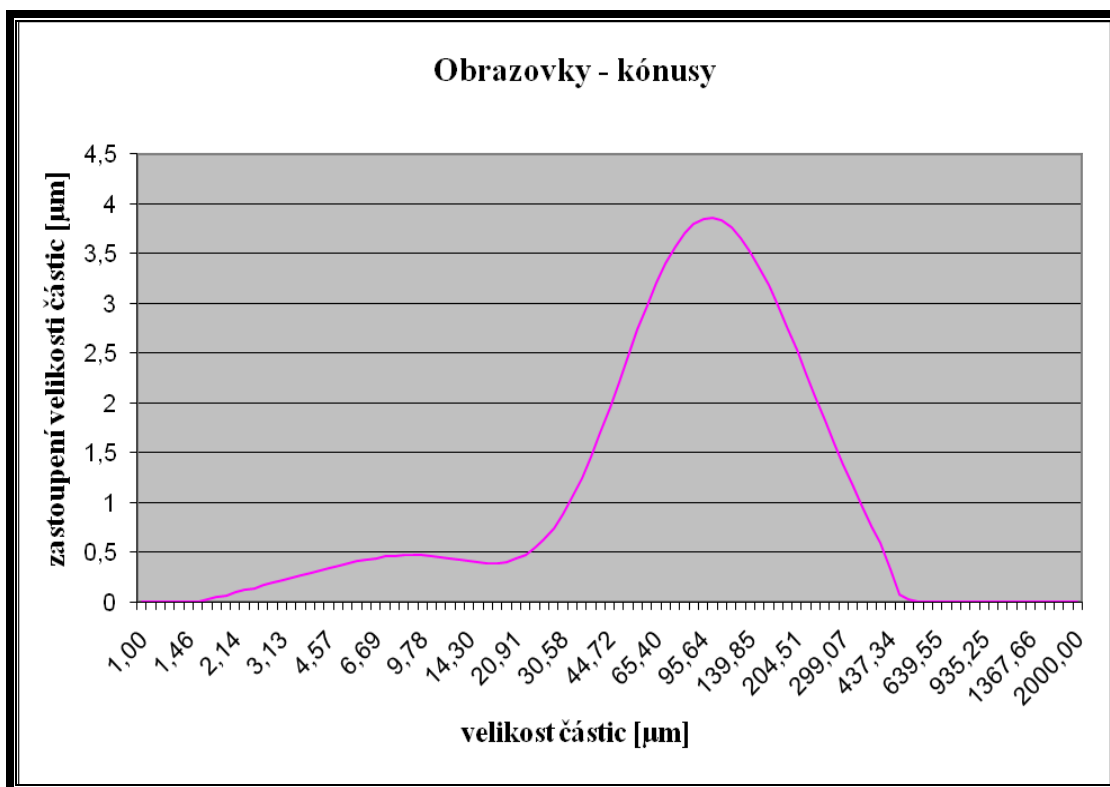
**Graf 4.3** Graf velikosti částic – balotina.



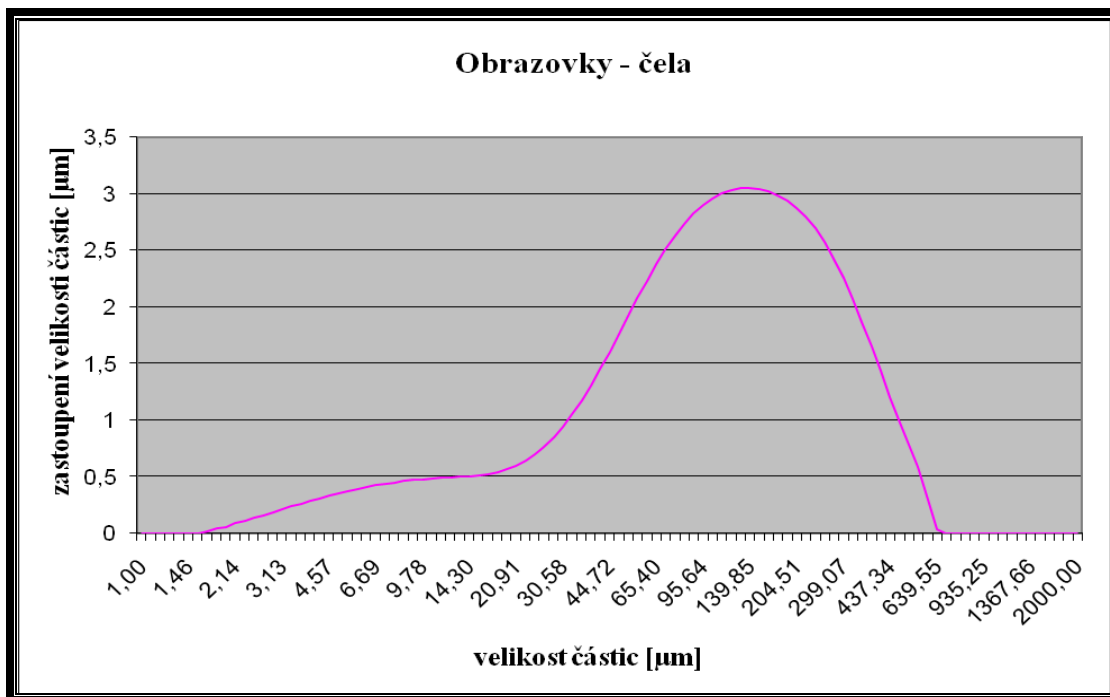
**Graf 4.4** Graf velikosti částic – obalové sklo.



**Graf 4.5** Graf velikosti částic – zářivkové sklo.



**Graf 4.6** Graf velikosti částic – obrazovky (kónusy).

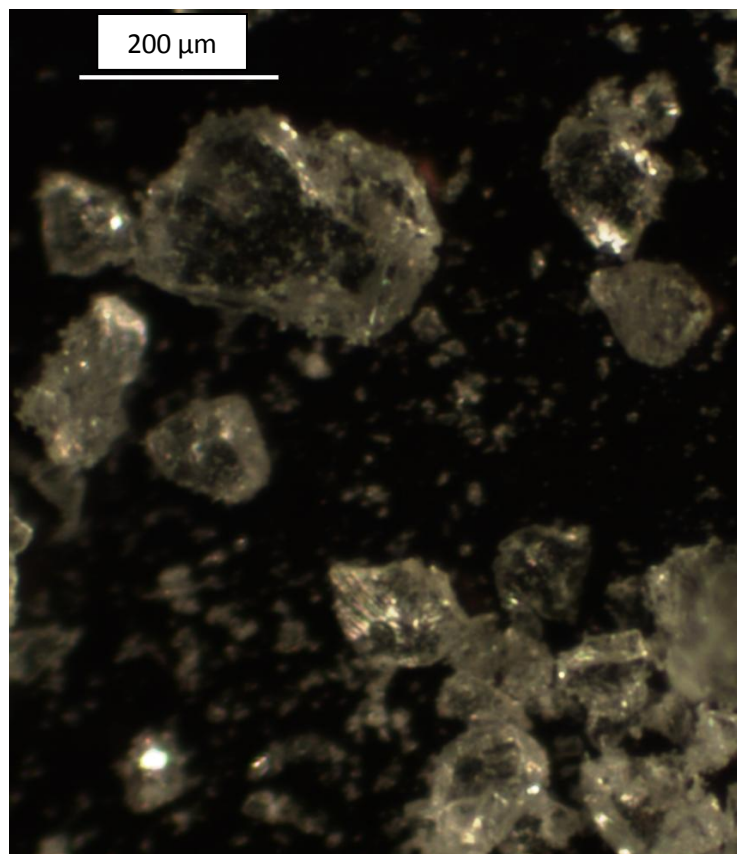


**Graf 4.7** Graf velikosti částic – obrazovky (čela).

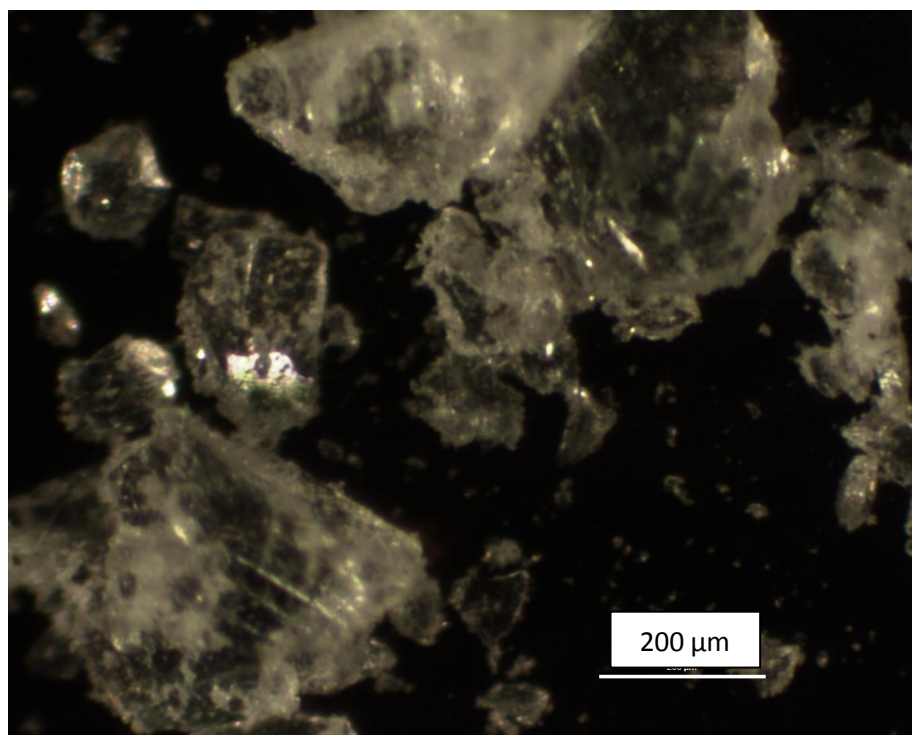
#### 4.5.2 Snímání tvaru zrn

Pro porovnání stávajícího plniva a potenciálního plniva jsme všechna skla sledovali v mikroskopu. Při 105 násobném zvětšení jsme se zaměřili na tvary jednotlivých zrn. Vzorky skla byla umístěna na podložní sklíčka, která musela být začerněna pro zvýšení kontrastu skla a podkladu. Snaha byla nanést co nejtenčí vrstvu rozemletého skla na podložní sklíčka tak, aby bylo možné zaměřit jednotlivá zrníčka pozorovaného vzorku skla. Poté se vzorek uložil do mikroskopu a při optimálním zvětšení hledal reprezentativní vzorek sledovaného skla. Pro každý materiál byl vytvořen fotografický záznam.

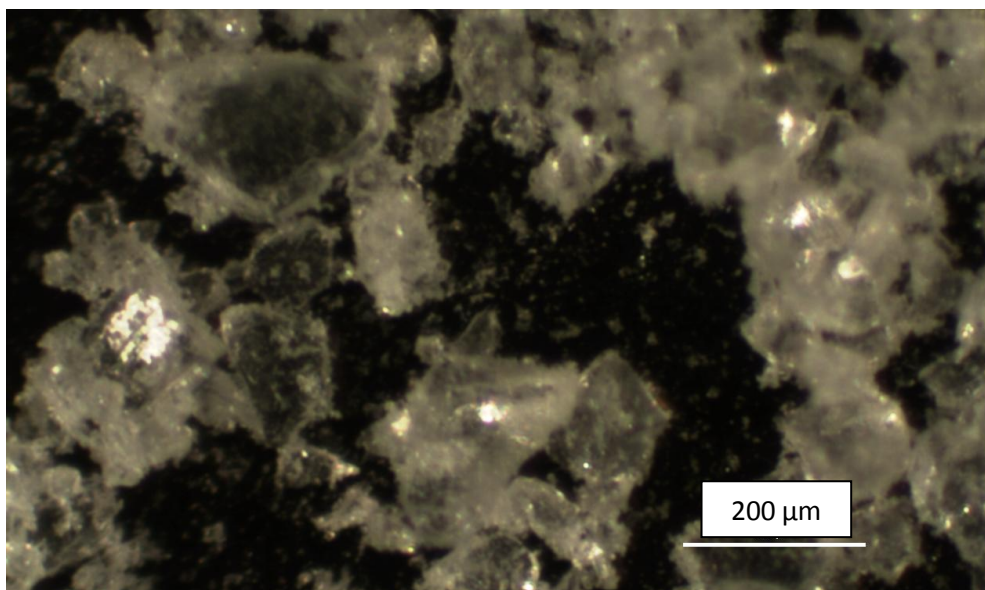




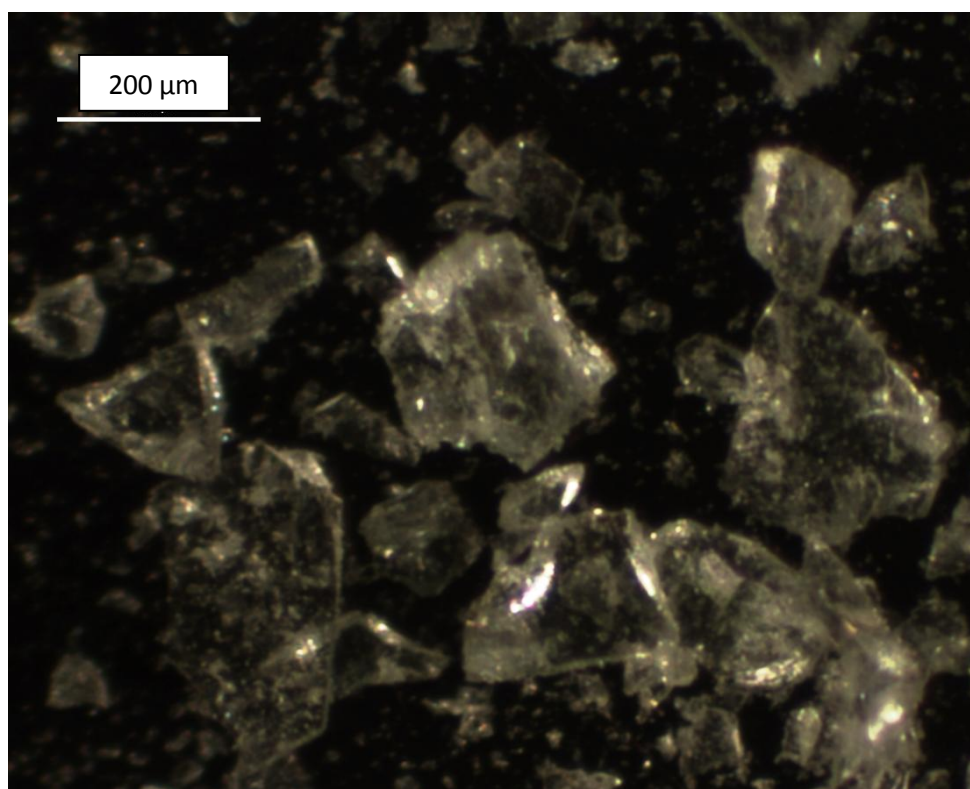
**Obr. 4.9** Obrazovky – kónusy (105x zvětšeno)



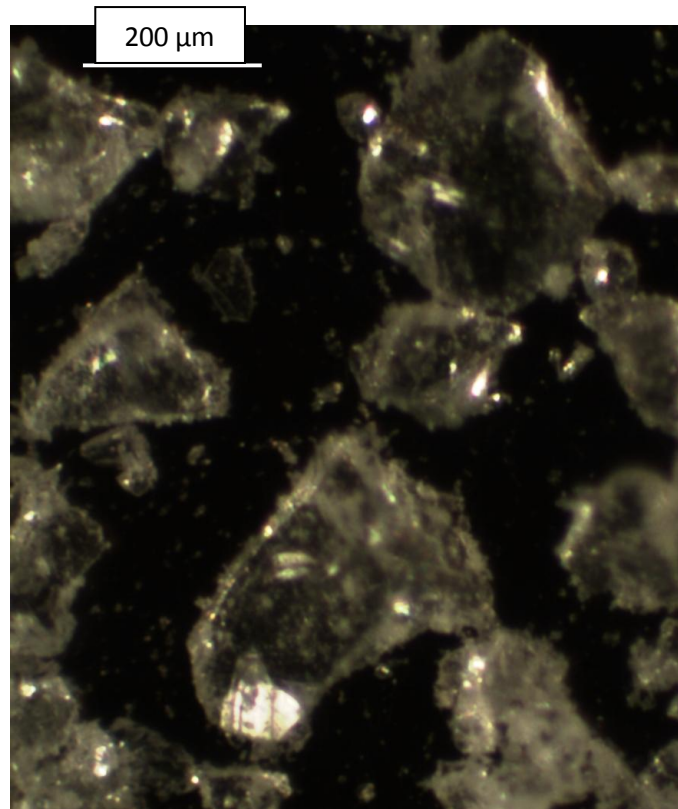
**Obr. 4.10** Obrazovky – čela (105x zvětšeno)



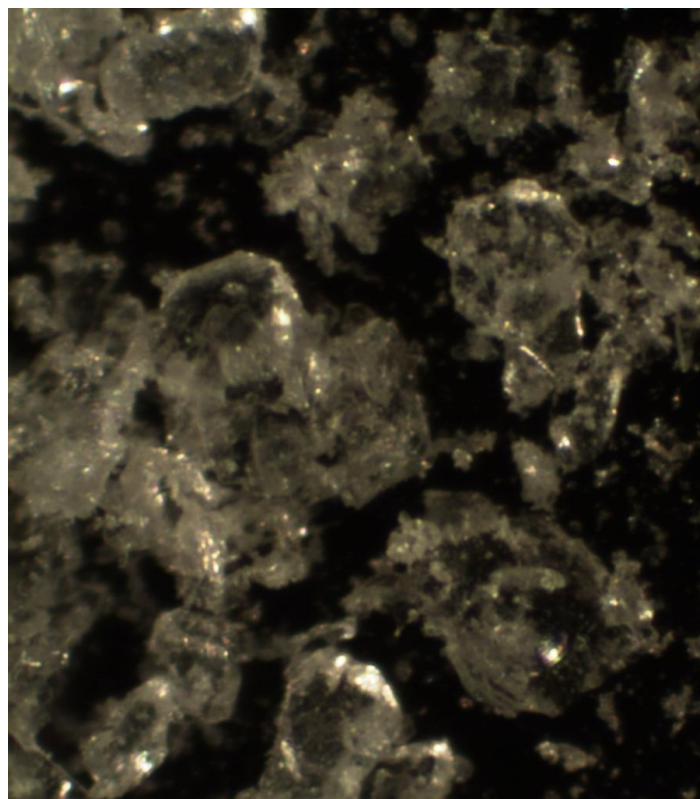
**Obr. 4.11** Balotina (105x zvětšeno)



**Obr. 4.12** Autosklo (105x zvětšeno)



**Obr. 4.13** Obalové sklo (105x zvětšeno)



**Obr. 4.14** Zářivkové sklo (105x zvětšeno)

### 4.5.3 Shrnutí měření velikosti částic a snímání tvaru zrn

Výsledkem měření velikosti částic byly grafy, na kterých je patrné, že vzorky skla obsahují určité množství jemné frakce okolo 0,006 mm. To je příčinou ručního přesívání na normových sítích, kde jsem nemohla ovlivnit přítomnost frakce nižší než je 0,045mm. Nejvyšší podíl těchto jemných frakcí obsahuje obrazovkové sklo - čelní část. Referenční skla tyto nejjemnější podíly neobsahují.

Po bližším zkoumání tvaru zrn (105x zvětšeno) mohu zhodnotit, že zrna mají velmi podobné hrany a tvary. To se také projevilo při zkoušení aplikovatelnosti, jelikož druh plniva neovlivňoval chování nátěrového systému.

## 4.6 Určení množství plniva

Cílem bylo využít druhotné suroviny, což je pozitivní z ekologického hlediska, ale také z ekonomického hlediska. Proto by bylo výhodné zvýšit procento plniva v nátěrovém systému až do jeho maxima. Původní receptura obsahuje 30 % aditiva ve vodouředitelném nátěrovém systému a 15 % aditiva v bezrozpuštědlovém nátěrovém systému.

Z měření velikosti částic jsme zjistili, že používané skla mají velmi podobné procentuální zastoupení daných velikostí částic. Z tohoto důvodu měli i stejnou aplikovatelnost při daném procentuálním zastoupení v nátěrovém systému.

### 4.6.1 Aplikovatelnost

Zkoušení aplikovatelnosti bylo prováděno na připravených cetris destičkách o rozměrech 200 x 150 mm pomocí štětce. Množství plniva bylo navrženo a zkoušeno od procentuálních hodnot referenčních nátěrových systémů, které byly zvyšovány po 5 %, až po maximální hodnotu, kdy již nebylo možné nátěrový systém aplikovat.

### Bezrozpouštědlový systém

**Tabulka 4.1** Výsledky aplikovatelnosti pro jednotlivé procentuální zastoupení plniva.

| Procentuální zastoupení plniva | Aplikovatelnost   |
|--------------------------------|---|
| 15%                            | Nátěrový systém je viskózní, lehce aplikovatelný štětcem.   |
| 20%                            | Nátěrový systém je viskózní, lehce aplikovatelný štětcem.   |
| 25%                            | Nátěrový systém je méně viskózní, avšak lehce aplikovatelný štětcem.  |
| 30%                            | Nátěrový systém je méně viskózní, avšak lehce aplikovatelný štětcem.  |
| 35%                            | Nátěrový systém ztrácí viskozitu, štětcem lze jen těžko natřít. Po natření zůstávají stopy po štětcí.   |
| 40%                            | Nátěrový systém je těžce aplikovatelný štětcem, tvoří místy silnou vrstvu – nestejně rozetření, tvořící se shluky plniva, nátěrový systém se chová spíše jako pasta, plnivo po zaschnutí vystupuje z povrchu. |

## Vodouředitelný nátěrový systém

**Tabulka 4.2** Výsledky aplikovatelnosti pro jednotlivé procentuální zastoupení plniva.

| Procentuální zastoupení plniva | Aplikovatelnost  |
|--------------------------------|--|
| 30%                            | Nátěrový systém je viskózní, lehce aplikovatelný štětcem.  |
| 35%                            | Nátěrový systém je viskózní, lehce aplikovatelný štětcem.  |
| 40%                            | Nátěrový systém je méně viskózní, avšak lehce aplikovatelný štětcem.   |
| 45%                            | Nátěrový systém je méně viskózní, avšak lehce aplikovatelný štětcem.   |
| 50%                            | Nátěrový systém je méně viskózní, avšak lehce aplikovatelný štětcem.   |
| 55%                            | Nátěrový systém ztrácí viskozitu, štětcem lze jen těžko natřít. Po natření zůstávají stopy po štětcí.  |
| 60%                            | Nátěrový systém je těžce aplikovatelný štětcem, tvoří místy silnou vrstvu – nestejně rozptýlení, tvořící se shluky plniva, nátěrový systém se chová spíše jako pasta, plnivo po zaschnutí vystupuje z povrchu. |

### 4.6.2 Shrnutí zkoušení aplikovatelnosti

Po zkoušení aplikovatelnosti jsem určila pro bezrozpuštědlový nátěrový systém 25 % a 30 % plniva a pro vodouředitelný nátěrový systém 40 % a 50 % plniva. Takto připravené nátěrové systémy jsem následně zkoušela na přídržnost k podkladu, chemickou odolnost a sedimentaci.

### 4.7 Stanovení přídržnosti k podkladu

Na betonové dlaždice o rozměrech 200 x 200 mm byly aplikované pomocí štětce namíchané nátěrové systémy – bezrozpuštědlový a vodouředitelný. Pro každý

nátěrový systém byly zvoleny dvě různé hodnoty procentuálního zastoupení plniva a to:

- bezrozpuštědlový nátěrový systém – 25 % a 30 % plniva
- vodouředitelný nátěrový systém – 40 % a 50 % plniva

Nátěrový systém se ponechal polymerovat po dobu 14 ti dnů v laboratorních podmínkách což je  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  při relativní vlhkosti 65 %. A následně byla testována přídržnost povrchové úpravy k podkladu.

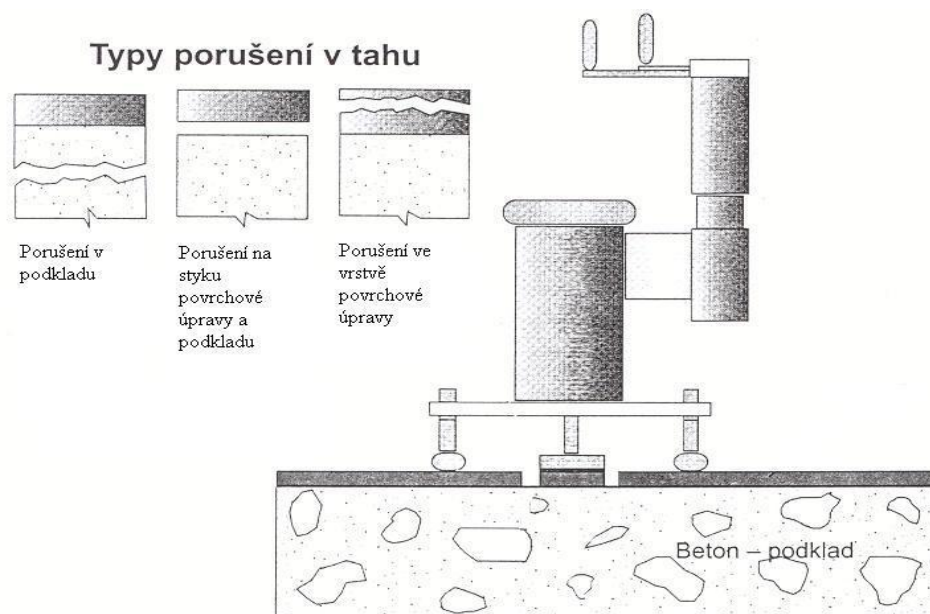
Při zkoušení přídržnosti k podkladu se měří síly, potřebné k odtržení povrchové úpravy o určité ploše od podkladu kolmým tahem. K povrchové úpravě, tedy aplikovanému nátěrovému systému, se přilepí zkušební ocelové kruhové terče o průměru 50 mm. Na každou připravenou povrchovou úpravu byly aplikovány tři terče. Tyto terče jsou k povrchu přilepeny epoxidovým lepidlem. Poté se prořízne vrstva povrchové úpravy řezným nástrojem. Řez musí procházet až do podkladu aby procházel celou vrstvou povrchové úpravy. Zkouška byla provedena pomocí přístroje Dyna.

Přídržnost povrchové úpravy k podkladu je uvedena přímo na stupnici zkušebního přístroje nebo se vypočte ze vzorce:

$$\sigma_{\text{adh}} = \frac{F}{A} \quad [\text{MPa}]$$

F - síla potřebná k odtržení terče [N]

A - plocha terče [ $\text{mm}^2$ ]



#### 4.7.1 Naměřené hodnoty přídržnosti k podkladu

##### Bezrozpouštědlový nátěrový systém

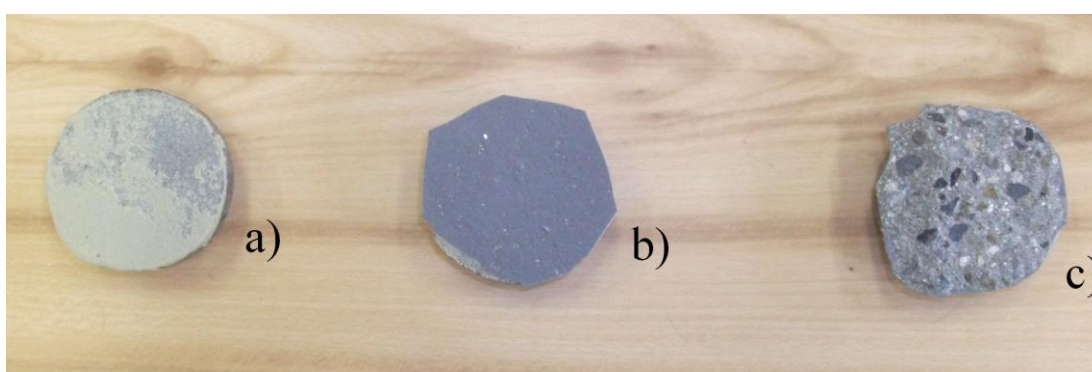
**Tabulka 4.3** Naměřené hodnoty pro zkoušku přídržnosti k podkladu – bezrozpouštědlový nátěrový systém s 25 % plniva.

| druh plniva      | 25 % plniva | průměrná hodnota [MPa] | místo odtrhu                     |
|------------------|-------------|------------------------|----------------------------------|
|                  | [Mpa]       |                        |                                  |
| balotina         | 3,73        | 3,34                   | styčná plocha                    |
|                  | 2,74        |                        | styčná plocha                    |
|                  | 3,56        |                        | styčná plocha                    |
| zářivky          | 3,65        | 4,08                   | styčná plocha                    |
|                  | 4,15        |                        | styčná plocha                    |
|                  | 4,45        |                        | styčná plocha                    |
| obrazovky kónusy | 4,79        | 5,85                   | styčná plocha, částečně v betonu |
|                  | 6,02        |                        | styčná plocha, částečně v betonu |
|                  | 6,75        |                        | styčná plocha, částečně v betonu |
| obrazovky čela   | 2,95        | 3,9                    | styčná plocha                    |
|                  | 3,79        |                        | styčná plocha                    |
|                  | 4,96        |                        | styčná plocha                    |
| autosklo         | 2,45        | 2,32                   | v lepidle                        |
|                  | 2,3         |                        | v lepidle                        |
|                  | 2,2         |                        | v lepidle                        |
| obalové sklo     | 5,04        | 4,95                   | styčná plocha, částečně v betonu |
|                  | 5,12        |                        | styčná plocha, částečně v betonu |
|                  | 4,68        |                        | styčná plocha, částečně v betonu |

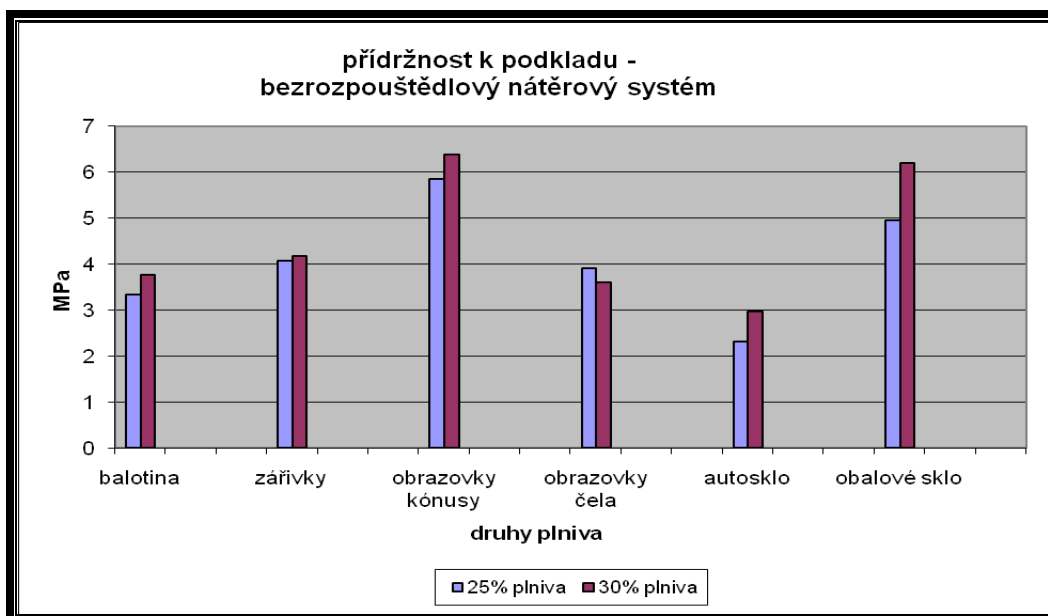


**Tabulka 4.4** Naměřené hodnoty pro zkoušku přídržnosti k podkladu – bezrozpouštědlový nátěrový systém s 30 % plniva.

| druh plniva      | 30 % plniva | průměrná hodnota [MPa] | místo odtrhu                     |
|------------------|-------------|------------------------|----------------------------------|
|                  | Mpa         |                        |                                  |
| balotina         | 4,39        | 3,76                   | styčná plocha                    |
|                  | 2,75        |                        | styčná plocha                    |
|                  | 4,13        |                        | styčná plocha                    |
| zářivky          | 4,96        | 4,17                   | v podkladu                       |
|                  | 3,11        |                        | styčná plocha                    |
|                  | 4,44        |                        | styčná plocha                    |
| obrazovky kónusy | 6,2         | 6,39                   | styčná plocha, částečně v betonu |
|                  | 6,54        |                        | styčná plocha, částečně v betonu |
|                  | 6,43        |                        | styčná plocha, částečně v betonu |
| obrazovky čela   | 3,12        | 3,61                   | styčná plocha                    |
|                  | 3,91        |                        | styčná plocha                    |
|                  | 3,79        |                        | styčná plocha                    |
| autosklo         | 2,9         | 2,97                   | v lepidle                        |
|                  | 2,95        |                        | v lepidle                        |
|                  | 3,07        |                        | v lepidle                        |
| obalové sklo     | 6,18        | 6,21                   | v podkladu                       |
|                  | 6,06        |                        | v podkladu                       |
|                  | 6,4         |                        | v podkladu                       |



**Obr. 4.15** Možnosti odtržení terčů a) odtržení v lepidle, b) odtržení ve styčné ploše, c) odtržení v podkladu.



**Graf 4.8** Přidržnost k podkladu – bezrozpuštědlový nátěrový systém.

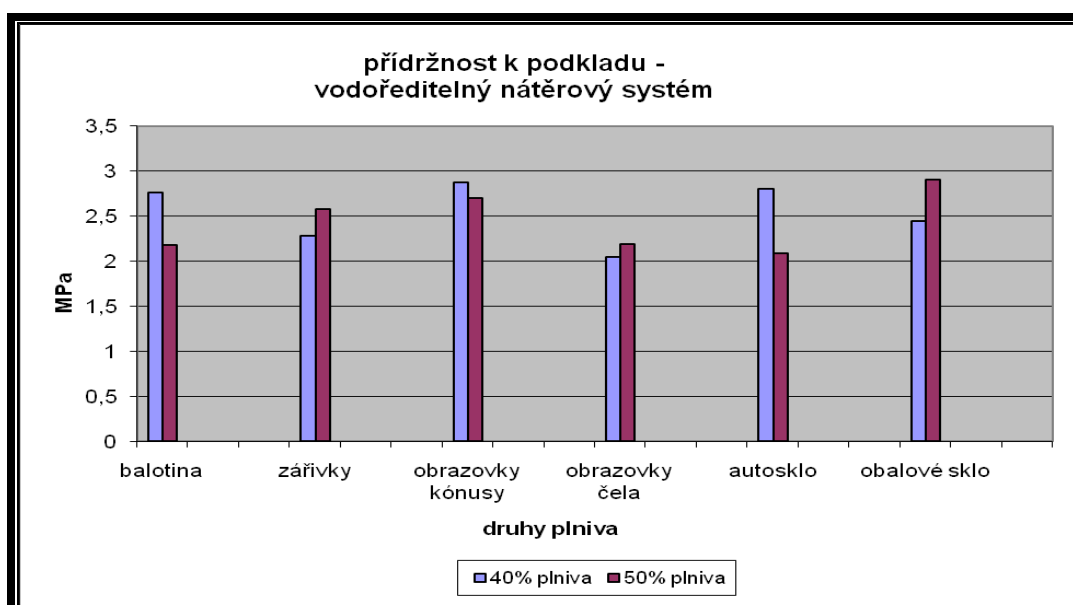
Vodouředitelný nátěrový systém

**Tabulka 4.5** Naměřené hodnoty pro zkoušku přidržnosti k podkladu – vodouředitelný nátěrový systém s 40 % plniva.

| druh plniva      | 40 % plniva | průměrná hodnota [MPa] | místo odtrhu  |
|------------------|-------------|------------------------|---------------|
|                  | [Mpa]       |                        |               |
| balotina         | 2,47        | 2,76                   | styčná plocha |
|                  | 3,35        |                        | styčná plocha |
|                  | 2,47        |                        | styčná plocha |
| zářivky          | 2,51        | 2,28                   | styčná plocha |
|                  | 2,75        |                        | styčná plocha |
|                  | 1,57        |                        | styčná plocha |
| obrazovky kónusy | 2,83        | 2,88                   | styčná plocha |
|                  | 3,42        |                        | styčná plocha |
|                  | 2,4         |                        | v lepidle     |
| obrazovky čela   | 2,28        | 2,05                   | styčná plocha |
|                  | 1,56        |                        | v lepidle     |
|                  | 2,3         |                        | styčná plocha |
| autosklo         | 3,34        | 2,8                    | styčná plocha |
|                  | 2,6         |                        | styčná plocha |
|                  | 2,46        |                        | styčná plocha |
| obalové sklo     | 2,8         | 2,45                   | styčná plocha |
|                  | 2,01        |                        | styčná plocha |
|                  | 2,54        |                        | styčná plocha |

**Tabulka 4.6** Naměřené hodnoty pro zkoušku přídržnosti k podkladu – vodouředitelný nátěrový systém s 50 % plniva.

| druh plniva      | 50 % plniva | průměrná hodnota [MPa] | místo odtrhu  |
|------------------|-------------|------------------------|---------------|
|                  | Mpa         |                        |               |
| balotina         | 1,51        | 2,18                   | v lepidle     |
|                  | 2,54        |                        | styčná plocha |
|                  | 2,48        |                        | styčná plocha |
| zářivky          | 2,45        | 2,58                   | styčná plocha |
|                  | 2,32        |                        | styčná plocha |
|                  | 2,96        |                        | styčná plocha |
| obrazovky kónusy | 3,32        | 2,7                    | v podkladu    |
|                  | 3,4         |                        | styčná plocha |
|                  | 1,36        |                        | styčná plocha |
| obrazovky čela   | 2,49        | 2,19                   | styčná plocha |
|                  | 1,72        |                        | v lepidle     |
|                  | 2,37        |                        | styčná plocha |
| autosklo         | 2,4         | 2,09                   | styčná plocha |
|                  | 1,37        |                        | styčná plocha |
|                  | 2,49        |                        | styčná plocha |
| obalové sklo     | 3,4         | 2,91                   | v podkladu    |
|                  | 2,7         |                        | styčná plocha |
|                  | 2,62        |                        | styčná plocha |



**Graf 4.9** Přídržnost k podkladu – vodouředitelný nátěrový systém.

#### 4.7.2 Shrnutí výsledků přídržnosti k podkladu

Nátěrové systémy jsem plnila ve dvou různých dávkách pro každý z nich. Bezropouštědlový nátěrový systém jsem plnila 25 % a 30 % plniva a vodouředitelný nátěrový systém jsem plnila 40 % a 50 % plniva.

Bezropouštědlový nátěrový systém vykazoval velmi dobré výsledky přídržnosti k podkladu. Dosahoval až 6,39 MPa a to s použitím obrazkového skla – kónusy jako plnivem. Obecně vyšší hodnoty vykazoval nátěr plněn 30 % plniva. Srovnatelně vysoké hodnoty vykazoval nátěr plněn obalovým sklem – 6,21 MPa. Nejnižší přídržnou jsem naměřila u autoskla 2,97 MPa, ale tato hodnota byla naměřena při odtrhu v lepidle.

Vodouředitelný nátěrový systém vykazoval nižší hodnoty a to do 3 MPa. Nátěr plněn obalovým sklem dosáhl nejvyšší hodnoty a to 2,91 MPa a těsně za ním byla naměřena hodnota 2,88 MPa, kterých dosáhl nátěr s obsahem obrazkového skla kónusové části.

#### 4.8 Chemická odolnost

Při působení chemikálií na polymery může docházet ke změně fyzikálních vlastností (bobtnání, barevná změna) nebo k chemickému odbourávání polymerů (roztržení řetězců, zesíťování) aj. Veškeré změny vlastností jsou ovlivňovány druhem a koncentrací chemikálie a v době působení na povrch polymerů.

##### Postup aplikace

Dle stanovených receptur se připraví vzorky nátěrových hmot. Po důkladném zamíchání a dispergaci se aplikují dle níže uvedeného postupu. Testovány jsou oba nátěrové systémy zároveň.

Teplota vzduchu musí být při aplikaci  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Nátěrový systém se aplikuje při relativní vlhkosti vzduchu do 65 %. Aplikace se provádí malířským štětečkem v silnější vrstvě na acetonem očištěné a osušené skleněné podložní sklo. Vzorky se nechají polymerovat po dobu 7 dní na čisté podložce při teplotě  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  a poté se ponoří do uzavíratelné kyvety s příslušnou chemikálií. Vzorky se kontrolují a fotografují za 1 hodinu po ponoření, po 24 hodinách, po 72 hodinách a po 7 dnech po ponoření. A následně za 4 týdny. [5]

Chemikálie:

- aceton
- benzín
- olej
- destilovaná voda
- pivo
- 20 % vodný roztok NaCl
- 50 % vodný roztok etanolu
- 5 % vodný roztok NaOH
- 30 % vodný roztok NaOH
- 20 % vodný roztok H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

#### 4.8.1 Vyhodnocení chemické odolnosti nátěrového systému

Bezrozpouštědlový nátěrový systém

**Tabulka 4.7** Hodnocení chemické odolnosti bezrozpouštědlového nátěrového systému.

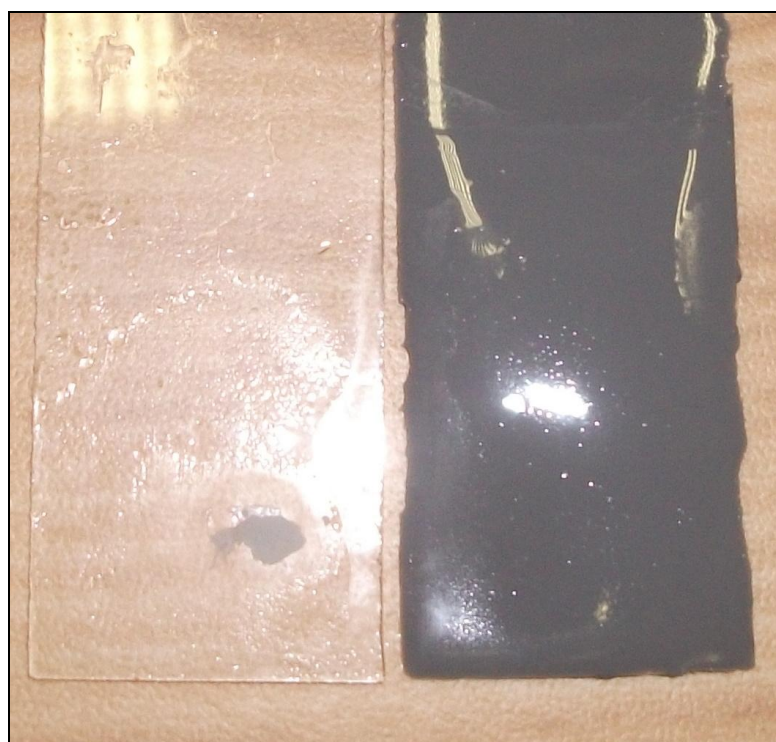
|       |  |
|-------|--|
| ***** | nátěr nevykazuje žádné změny (viz. Obr. 4.14)                                    |
| ****  | nátěr vykazuje pouze barevné změny (viz. Obr. 4.15)                              |
| ***   | nátěr se odlepí od sklíčka, ale neprojevuje se narušení nátěru (viz. Obr. 4.16)  |
| **    | nátěr se odlepuje od sklíčka a zároveň popraskal (viz. Obr. 4.17)                |
| *     | úplné zhroucení nátěru (obrázek není k dispozici, jelikož k tomuto bodu nedošlo) |



**Obr. 4.16** nátěr nevykazuje žádné změny



**Obr. 4.17** barevná změna nátěru (při působení 20 % vodný roztok  $H_2SO_4$ )



**Obr. 4.18** nátěr se odlepil od podkladu bez narušení struktury (při působení 50 % vodný roztok etanolu)



**Obr. 4.19** popraskaná struktura nátěru (při působení acetonu)

### Bezropouštědlový nátěrový systém

Po 1 hodině: nátěrové systémy aplikované na sklíčka nevykazují žádné změny.

**Tabulka 4.8** Chování bezropouštědlového nátěrového systému po 24 hodinách.

|   | balotina | zářivky | autosklo | obrazovky<br>čela | obrazovky<br>kónusy | obalové<br>sklo |
|---|----------|---------|----------|-------------------|---------------------|-----------------|
| aceton  | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |
| benzín  | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |
| olej  | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |
| pivo  | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |
| destilovaná<br>vody                                 | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |
| 20 % vodný<br>roztok NaCl                           | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |
| 50 % vodný<br>roztok ethanolu                       | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |
| 5 % vodný<br>roztok NaOH                            | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |
| 30 % vodný<br>roztok NaOH                           | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |
| 20 % vodný<br>roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | *****    | *****   | *****    | *****             | *****               | *****           |

**Tabulka 4.9** Chování bezrozpuštědlového nátěrového systému po 74 hodinách.

|   | <b>balotina</b> | <b>zářivky</b> | <b>autosklo</b> | <b>obrazovky<br/>čela</b> | <b>obrazovky<br/>kónusy</b> | <b>obalové<br/>sklo</b> |
|---|-----------------|----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| aceton  | *****           | **             | **              | *****                     | **                          | *****                   |
| benzín  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| olej  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| pivo  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| destilovaná vody                                    | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 20 % vodný<br>roztok NaCl                           | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 50 % vodný<br>roztok ethanolu                       | *****           | *****          | *****           | *****                     | ***                         | *****                   |
| 5 % vodný roztok<br>NaOH                            | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 30 % vodný<br>roztok NaOH                           | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 20 % vodný<br>roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | ****            | ****           | ****            | ****                      | ****                        | ****                    |

**Tabulka 4.10** Chování bezrozpuštědlového nátěrového systému po 7 dnech.

|   | <b>balotina</b> | <b>zářivky</b> | <b>autosklo</b> | <b>obrazovky<br/>čela</b> | <b>obrazovky<br/>kónusy</b> | <b>obalové<br/>sklo</b> |
|---|-----------------|----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| aceton  | *****           | **             | **              | *****                     | **                          | *****                   |
| benzín  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| olej  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| pivo  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| destilovaná vody                                    | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 20 % vodný<br>roztok NaCl                           | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 50 % vodný<br>roztok ethanolu                       | ****            | ****           | ****            | ****                      | **                          | ****                    |
| 5 % vodný<br>roztok NaOH                            | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 30 % vodný<br>roztok NaOH                           | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 20 % vodný<br>roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | ****            | ****           | ****            | ****                      | ****                        | ****                    |



**Tabulka 4.11** Chování bezrozpuštědlového nátěrového systému po 4 týdnech.

|   | <b>balotina</b> | <b>zářivky</b> | <b>autosklo</b> | <b>obrazovky<br/>čela</b> | <b>obrazovky<br/>kónusy</b> | <b>obalové<br/>sklo</b> |
|---|-----------------|----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| aceton  | *****           | **             | **              | *****                     | **                          | *****                   |
| benzín  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| olej  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| pivo  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| destilovaná vody                                    | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 20 % vodný<br>roztok NaCl                           | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 50 % vodný<br>roztok ethanolu                       | ****            | ****           | ****            | ****                      | **                          | ****                    |
| 5 % vodný<br>roztok NaOH                            | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 30 % vodný<br>roztok NaOH                           | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 20 % vodný<br>roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | ****            | ****           | ****            | ****                      | ****                        | ****                    |

Vodouředitelný nátěrový systém

**Tabulka 4.12** Hodnocení chemické odolnosti vodouředitelného nátěrového systému

|       |   |
|-------|---|
| ***** | nátěr nevykazuje žádné změny (viz Obr. 4.18)                                |
| ***** | z nátěru se uvolnily zrníčka plniva a vznikla prázdná místa (viz Obr. 4.19) |
| ****  | nátěr vykazuje pouze barevné změny (viz Obr. 4.20, 4.21)                    |
| ***   | nátěr nabobtnává (viz Obr. 4.22)  |
| **    | stékání nátěru ze sklíčka (viz Obr. 4.23)                                   |
| *     | úplné ztečení nátěru (viz Obr. 4.24, 4.25)                                  |



**Obr. 4.20** nátěr nevykazuje žádné změny



**Obr. 4.21** z nátěru se uvolnily zrníčka plniva a vznikla prázdná místa (při působení 30 % vodný roztok NaOH)



**Obr. 4.22** barevná změna nátěru (při působení destilované vody)



**Obr. 4.23** barevná změna nátěru (při působení piva)



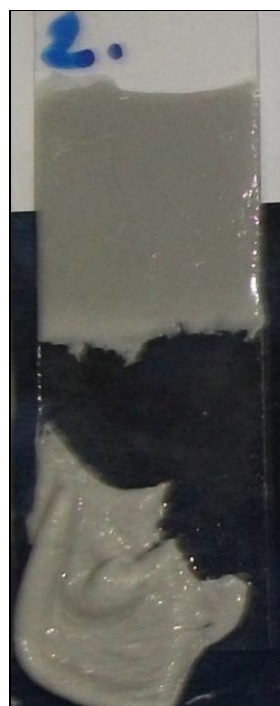
**Obr. 4.24** bobtnání nátěru (při působení 20 % vodný roztok NaCl, 5 % vodný roztok NaOH aj.)



**Obr. 4.25** stékání nátěru (při působení benzínu, 50 % vodný roztok etanolu aj.)



**Obr. 4.26** úplné smytí nátěru (při působení acetonu)



**Obr. 4.27** odtržení ponořené části nátěru v chemikálii (při působení 20 % vodný roztok  $H_2SO_4$ )

### Vodouředitelný nátěrový systém

Po 1 hodině: Vzorek s aplikovaným vodouředitelným nátěrovým systémem po 1 hodině ponoření v acetonu úplně stekl z podložního sklíčka. Ostatní vzorky ponořeny do dalších zkoušených chemikálií nevykazují žádné změny.

**Tabulka 4.13** Chování vodouředitelného nátěrového systému po 24 hodinách.

|   | balotina  | zářivky   | autosklo  | obrazovky<br>čela | obrazovky<br>kónusy | obalové<br>sklo |
|---|-----------|-----------|-----------|-------------------|---------------------|-----------------|
| aceton  | *         | *         | *         | *                 | *                   | *               |
| benzín  | **        | **        | **        | **                | **                  | **              |
| olej  | *****     | *****     | *****     | *****             | *****               | *****           |
| pivo  | ****/**** | ****/**** | ****/**** | ****/****         | ****/****           | ****/****       |
| destilovaná vody                                    | ****      | ****      | ****      | ****              | ****                | ****            |
| 20 % vodný<br>roztok NaCl                           | ****/**** | ****/**** | ****/**** | ****/****         | ****/****           | ****/****       |
| 50 % vodný<br>roztok ethanolu                       | **        | **        | **        | **                | **                  | **              |
| 5 % vodný<br>roztok NaOH                            | ****      | ****      | ****      | ****              | ****                | ****            |
| 30 % vodný<br>roztok NaOH                           | *****     | *****     | *****     | *****             | *****               | *****           |
| 20 % vodný<br>roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | *****     | *****     | *****     | *****             | *****               | *****           |

**Tabulka 4.14** Chování vodouředitelného nátěrového systému po 74 hodinách.

|   | balotina  | zářivky   | autosklo  | obrazovky<br>čela | obrazovky<br>kónusy | obalové<br>sklo |
|---|-----------|-----------|-----------|-------------------|---------------------|-----------------|
| aceton  | *         | *         | *         | *                 | *                   | *               |
| benzín  | *         | *         | *         | *                 | *                   | *               |
| olej  | *****     | *****     | *****     | *****             | *****               | *****           |
| pivo  | ****/**** | ****/**** | ****/**** | ****/****         | ****/****           | ****/****       |
| destilovaná vody                                    | ****      | ****      | ****      | ****              | ****                | ****            |
| 20 % vodný<br>roztok NaCl                           | **        | ****/**** | ****/**** | ****/****         | ****/****           | ****/****       |
| 50 % vodný<br>roztok ethanolu                       | **        | **        | **        | **                | **                  | **              |
| 5 % vodný<br>roztok NaOH                            | ****/**** | ****/**** | ****/**** | ****/****         | ****/****           | ****/****       |
| 30 % vodný<br>roztok NaOH                           | *****     | *****     | *****     | *****             | *****               | *****           |
| 20 % vodný<br>roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | **        | **        | **        | **                | *****               | **              |

**Tabulka 4.15** Chování vodouředitelného nátěrového systému po 7 dnech.

|   | <b>balotina</b> | <b>zářivky</b> | <b>autosklo</b> | <b>obrazovky<br/>čela</b> | <b>obrazovky<br/>kónusy</b> | <b>obalové<br/>sklo</b> |
|---|-----------------|----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| aceton  | *               | *              | *               | *                         | *                           | *                       |
| benzín  | *               | *              | *               | *                         | *                           | *                       |
| olej  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| pivo  | ****/****       | ****/****      | ****/****       | ****/****                 | ****/****                   | ****/****               |
| destilovaná<br>vody                                 | ****            | ****           | ****            | ****                      | ****                        | ****                    |
| 20 % vodný<br>roztok NaCl                           | **              | ****/****      | ****/****       | ****/****                 | ****/****                   | ****/****               |
| 50 % vodný<br>roztok<br>ethanolu                    | **              | **             | **              | **                        | **                          | **                      |
| 5 % vodný<br>roztok NaOH                            | ****/****       | ****/****      | ****/****/****  | ****/****                 | ****/****                   | ****/****               |
| 30 % vodný<br>roztok NaOH                           | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 20 % vodný<br>roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | **              | ***            | ***             | **                        | *****                       | ***                     |

**Tabulka 4.16** Chování vodouředitelného nátěrového systému po 4 týdnech.

|   | <b>balotina</b> | <b>zářivky</b> | <b>autosklo</b> | <b>obrazovky<br/>čela</b> | <b>obrazovky<br/>kónusy</b> | <b>obalové<br/>sklo</b> |
|---|-----------------|----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| aceton  | *               | *              | *               | *                         | *                           | *                       |
| benzín  | *               | *              | *               | *                         | *                           | *                       |
| olej  | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| pivo  | ****/****       | ****/****      | ****/****       | ****/****                 | ****/****                   | ****/****               |
| destilovaná<br>vody                                 | ****            | ****           | ****            | ****                      | ****                        | ****                    |
| 20 % vodný<br>roztok NaCl                           | **              | ****/****      | ****/****       | ****/****                 | ****/****                   | ****/****               |
| 50 % vodný<br>roztok<br>ethanolu                    | **              | **             | **              | **                        | **                          | **                      |
| 5 % vodný<br>roztok NaOH                            | ****/****       | ****/****      | ****/****/****  | ****/****                 | ****/****                   | ****/****               |
| 30 % vodný<br>roztok NaOH                           | *****           | *****          | *****           | *****                     | *****                       | *****                   |
| 20 % vodný<br>roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | **              | ***            | ***             | **                        | *****                       | ***                     |

#### 4.8.2 Shrnutí chemické odolnosti

Nátěrové systémy jak vodouředitelný, tak bezrozpuštědlový byly současně vystaveny působením chemikálií po dobu 4 týdnů. Během této doby se některé fyzikální a chemické vlastnosti nátěrů měnily a to se odráželo na vizuálních proměnách, které jsem pomocí fotoaparátu a detailního popisu zaznamenávala.

Bezrozpuštědlový dvousložkový nátěrový systém N 121 se osvědčil jako velmi odolný materiál. Nevykazoval téměř žádné změny. Avšak u 20 % vodného roztoku  $H_2SO_4$  se na všech vzorcích po 24 hodinách začala objevovat barevná změna a to nehledě na použité plnivo. Tato změna nemá negativní vliv na požadované vlastnosti materiálu. Ovšem závažná chyba nastala u působení acetonu po 74 hodinách, kdy struktura nátěru obsahující autosklo, zářivky a obrazovkové sklo – kónusy začala praskat a odlepila se od podložního sklička.

Vodouředitelný dvousložkový nátěrový systém N 141 nevykazoval tak výbornou chemickou odolnost jako N 121. Po pouhé 1 hodině ponořené do acetonu nátěr úplně smyl ze sklička. Další pozorované změny nastaly až po 24 hodinách působení chemikálií na vzorky. Nejčastější změnou byla změna barvy, následně bobtnání nátěru a posléze postupné sesouvání ze sklička. Chemikáliím jako je olej, destilovaná voda, pivo, 30 % vodný roztok NaOH vodouředitelný nátěrový systém odolával po celou dobu pozorování jen s pouhými barevnými změnami bez rozdílů působení plniva. Naopak chemikálie jako je benzín, 50 % vodný roztok etanolu měly za následek zhroucení nátěrového systému bez rozdílu působení plniva. U vzorků ponořených ve 20 % vodným roztoku  $H_2SO_4$  jsem zaznamenala rozdíly mezi působením různého druhu plniva na chemickou odolnost, přičemž nátěr s obsahem obrazovkového skla – kónusy jako plnivo odolávalo působení chemikálie po dobu 4 týdnů s pouhými barevnými změnami. Vzorky naplněné zářivkovým, obalovým sklem a autosklem po stejné době vykazovali objemovou změnu – nabobtnání. A balotina s čelní částí obrazovkového skla po 4 týdnech stekla ze sklička.

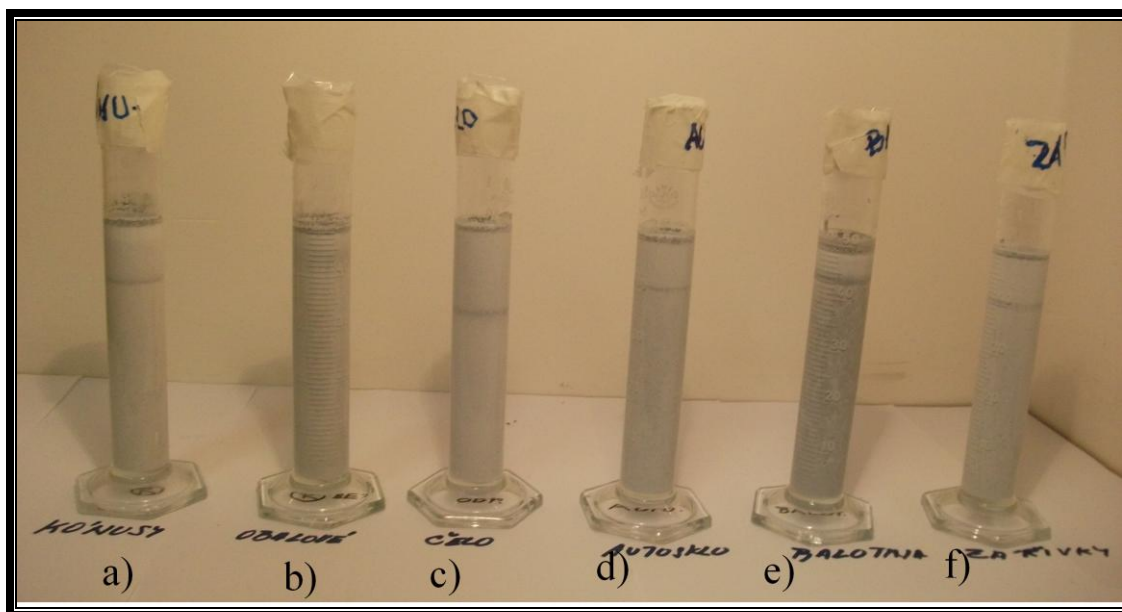
## 4.9 Sedimentace

Nátěrové systémy působením gravitace podléhají sedimentaci. Tato sedimentace má negativní vliv na trvanlivost nátěrového systému, a proto je snaha jí zpomalit. Sedimentaci jednotlivých složek nátěrového systému lze ovlivnit užitím plniva, jež má charakteristické vlastnosti jako je tvar zrna a specifická hmotnost. Snahou je dosáhnout toho, aby jednotlivé složky jako jsou např. standardní plnivo, pigmenty, plnivo aj. zůstaly co nejdéle sedimentačně stálé.

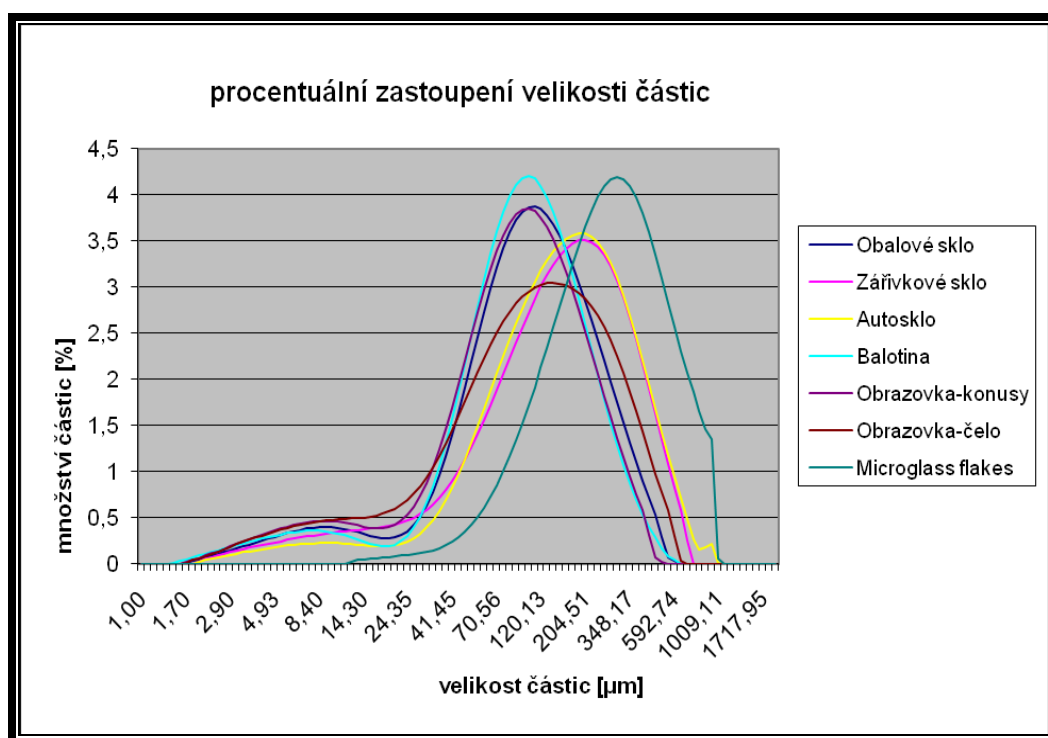
Pro zkoušení sedimentace jsem si připravila odměrné válce pro 50 ml. Sedimentaci byla zkoušena pouze složka A z vodouředitelného dvousložkového nátěrového systému N141 s 50 % plniva. Do odměrných válců jsem aplikovala připravené nátěrové systémy s jednotlivými druhy plniva, zamezila přístupu vzduchu a ponechala 7 dní v laboratorních podmínkách při teplotě  $21 \pm 3^\circ\text{C}$ , relativní vlhkosti 65 % ve stinné místnosti bez přítomnosti slunečního záření.

### Hodnocení sedimentace

Po 7 dnech působení sedimentace v nátěrovém systému lze pozorovat závislost právě na obsahu velikosti částic jednotlivých skel. Vzorek obsahující balotinu nejméně podléhá sedimentaci a udržuje nátěr v nejstabilnějším stavu. Pigment, pojivová složka i plnivo – balotina se viditelně nerozvrstvil, jak lze vidět na obr. 4.28. A z grafu 4.10 je patrné, že balotina obsahuje nejvyšší procento velikosti částic okolo 0,1 mm. Naopak je tomu u vzorku obsahující obrazovkovou část čela, který má nejnižší podíl částic velikosti 0,2 mm. Pro sedimentační stálost je tedy nejvhodnější velikost zrn 0,1 mm. U každého ze vzorku se na povrchu nátěru vytěsnila voda, která je používána pro lepší zpracovatelnost.



Obr. 4.28 sedimentace po 7 dnech – a) obrazkové sklo – kónusy, b) obalové sklo, c) obrazkové sklo – čela, d) autosklo, e) balotina, f) zářivkové sklo



Graf 4.10 procentuální množství velikosti částic recyklovaného skla



## 4.10 Shrnutí praktické části

Diplomová práce byla zaměřena na vývoj odolných nátěrových systémů na bázi moderních polymerních pojiv. K dispozici jsem měla dva druhy nátěrových systémů a to vodouředitelný a bezrozpouštědlový od firmy Leny Chemical s.r.o.

Vývoj polymerního nátěru v této diplomové práci spočívá ve využití odpadních surovin pro náhradu za stávající plnivo v chemicky odolných nátěrových systémech od firmy Lena Chemical s.r.o. Na tento materiál byly kladeny určité požadavky, které potenciální plnivo muselo splňovat. Vybraný materiál především nesměl negativně ovlivňovat vlastnosti nátěrového systému. Širší výběr zahrnoval druhotné suroviny na silikátové bázi a to – vysokopecní strusku, slévárenský písky, popílky a odpadní skla. Tento návrh byl předložen již zmiňované firmě a z těchto materiálů bylo vybráno odpadní sklo pro bližší výzkum.

Do odpadního skla řadíme autosklo, obrazovkové sklo (čela, kónusy), zářivkové a obalové sklo a balotinu. V dnešní době se všechna tyto skla nachází ve velkém množství na sběrných dvorech a je třeba je recyklovat. U většiny odpadního skla lze využívat pro zpětné zpracování. Bylo tomu tak i u obrazovkového skla, avšak obrazovkové skla tzv. CRT skla v současné době již nenachází uplatnění, jelikož poptávka po tomto výrobku výrazně klesá, a proto tedy je důležité nalézt nové uplatnění pro recyklaci tohoto výrobku.

Po určení odpadního materiálu, byla zahájena praktická část mé diplomové práce. Praktickou část lze rozdělit na dva úseky a to první, který byla zaměřena na zkoušení odpadního skla a v druhém úseku jsem se již zabývala aplikací tohoto skla do nátěrového systému a následně zkoušení jeho vlastností.

Vybraný materiál jsem mechanicky upravila pomocí laboratorního mlýnu a poté bylo třeba rozemletá skla přesít na normovaných sítích, abych dosáhla požadované frakce 0,045 – 0,3 mm. Takto připravené skla již bylo možno podrobit plánovaným zkouškám. Jednalo se o zjištění tvaru zrn rozemletého skla pod mikroskopem, změření velikosti částic na připravených vzorcích skla a pro upřesnění jsem dostala k dispozici výsledky chemického složení jednotlivých skel.

Jak jsem se již zmínila, druhý úsek praktické části jsem věnovala zkoušení nátěrového systému s přidáním složkou potenciálních plniv. Nejdříve bylo třeba zjistit, jaké maximální množství plniva lze do nátěrového systému vmístit. Množství plniva

bylo od 15 % do 60 % zvyšováno po 5 %. Po zkoušení aplikovatelnosti jsem určila optimální množství plniva a na tomto množství jsem následně zkoušela přilnavost k materiálu, chemickou odolnost a sedimentaci.

Na závěr jsem vyhodnotila výsledky jednotlivých zkoušek a porovnála jednotlivé materiály mezi sebou.

## 5 ZÁVĚR

Úkolem mé diplomové práce bylo zjistit možné využití odpadních surovin jako plniva do nátěrů používaných pro ochranu betonových konstrukcí před agresivními chemickými médii a to vodouředitelný dvousložkový nátěrový systém N 141 a bezrozpuštědlový nátěrový systém N 121, které mi byly poskytnuty firmou Lena Chemical s.r.o. Materiál použitý pro potenciální plnivo musel splňovat určité požadavky, jako je granulometrie, specifická hmotnost, čistota materiálu, dostupnost aj., ale především nesmí negativně ovlivnit vlastnosti pojivové složky nátěrového systému. Zaměřila jsem se tedy na materiály, které byly na křemičité bázi, jako jsou struska, popílky, slévárenské písky a odpadní skla. Firma Lena Chemical s.r.o. vybrala pro bližší zkoumání pouze odpadní skla, mezi něž patří – zářivková skla, obalová skla, autoskla, balotina a televizní obrazovky, které se skládají z čelní a kónusové části.

Na odpadních surovinách jsem provedla měření velikosti částic, snímání tvaru zrn pod mikroskopem a následně jsem zjistila maximální možné naplnění nátěrových systémů plnivy pomocí zkouškou aplikovatelnosti. Při zkoušení aplikovatelnosti jsem dosáhla téměř k dvojnásobnému množství plniva než u referenčních nátěrů, což je výhodné z ekonomického hlediska. Aplikací na cetris desky nebylo zjištěno žádné negativní působení plniva na pojivovou složku nátěrů, proto jsem pro následující zkoušky používala všechny vybrané odpadní skla. Po zjištění možného dávkování jsem tyto nátěry připravila na zkoušení chemické odolnosti, sedimentace a přídržnosti k podkladu.

Struktura zrn rozemletých recyklovaných skel se jevila pod mikroskopem při 105 násobném zvětšení velmi podobná, téměř stejná. A z grafu měření velikosti částic na vzorcích jednotlivých skel bylo patrné, že křivky jsou si také velmi podobné. Z tohoto lze usoudit, že nátěrové systémy, plněny různými typy odpadového skla, budou mít podobné vlastnosti. Avšak drobné rozdíly zde přeci jen nalezneme. Chceme-li, aby vodouředitelný nátěrový systém zůstal co nejdéle v sedimentačně stálém stavu, doporučila bych užití balotiny jako plniva, jelikož ze všech zkoušených vzorku sedimentoval nejpomaleji. U zkoušek přídržnosti k podkladu dosahovaly nejvyšších hodnot nátěrové systémy s obsahem obrazovkového skla – kónusové části

a to jak u vodouředitelného nátěrového systému, který byl naplněn 40 % plniva, tak i bezrozpuštědlového nátěrového systému, jež byl plněn 30 % plniva. U zkoušení chemické odolnosti, při které byly oba druhy nátěrů plněny jednotlivými skly a ponořeny do testovaných chemikálií, vykazovaly nátěrové systémy stejné fyzikální změny pro danou testovanou chemikálii. Pouze struktura bezrozpuštědlového nátěrového systému plněná zářivkovým sklem, autosklem a obrazkovým sklem kónusovou částí po 74 hodinách ponořené v acetonu popraskala - viz obr. 4.19. Oproti tomu vzorky plněné balotinou, obalovým sklem a čelní částí obrazkového skla, ponořené taktéž v acetonu, zůstaly neporušeny.

V mé diplomové práci bylo prokázáno, že je možné využití odpadního skla pro nahrazení za stávající plnivo používané do nátěrů pro ochranu betonů před agresivními chemickými médii od firmy Lena Chemical s.r.o. Využití těchto druhotných surovin je ekonomicky výhodné, ale také z ekologického hlediska přínosné.

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obr. 2.1 Měření tloušťky nátěru [2].....   | 22 |
| Obr. 2.2 kráterky a trhlinky .....   | 23 |
| Obr. 2.3 vznik navazujících trhlin.....  | 24 |
| Obr. 2.4 ztráty povrchové ochrany .....  | 24 |
| Obr. 2.5 porušení soudržnosti.....   | 25 |
| Obr. 2.6 porušení soudržnosti mezi vrstvami .....  | 25 |
| Obr. 2.7 porušení soudržnosti uzavřením vlhkosti .....   | 26 |
| Obr. 4.1 grafické znázornění metodiky práce.....   | 39 |
| Obr. 4.2 Struska – vedlejší produkt termických a spalovacích procesů [8] .....                                     | 43 |
| Obr. 4.3 Zářivková skla [9] .....  | 47 |
| Obr. 4.4 Autoskla [6] .....  | 48 |
| Obr. 4.5 Balotina [10] .....   | 49 |
| Obr. 4.6 Obrazková skla [11].....  | 50 |
| Obr. 4.7 Obalové skla [12] .....   | 51 |
| Obr. 4.8 MASTERSIZER – měřicí zařízení pro zjišťování velikosti částic. [13] .....                                 | 52 |
| Obr. 4.9 Obrazovky – kónusy (105x zvětšeno) .....  | 57 |
| Obr. 4.10 Obrazovky – čela (105x zvětšeno) .....   | 57 |
| Obr. 4.11 Balotina (105x zvětšeno) .....   | 58 |
| Obr. 4.12 Autosklo (105x zvětšeno) .....   | 58 |
| Obr. 4.13 Obalové sklo (105x zvětšeno).....  | 59 |
| Obr. 4.14 Zářivkové sklo (105x zvětšeno) .....   | 59 |
| Obr. 4.15 Možnosti odtržení terčků a) odtržení v lepidle, b) odtržení ve styčné ploše, c) odtržení v podkladu..... | 65 |
| Obr. 4.16 nátěr nevykazuje žádné změny.....  | 70 |
| Obr. 4.17 barevná změna nátěru (při působení 20 % vodný roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) .....              | 70 |

|   |    |
|---|----|
| Obr. 4.18 nátěr se odlepil od podkladu bez narušení struktury (při působení 50 % vodný roztok etanolu).....   | 70 |
| Obr. 4.19 popraskaná struktura nátěru (při působení acetonu).....   | 71 |
| Obr. 4.20 nátěr nevykazuje žádné změny.....   | 74 |
| Obr. 4.21 z nátěru se uvolnily zrníčka plniva a vznikla prázdná místa (při působení 30 % vodný roztok NaOH).....  | 74 |
| Obr. 4.22 barevná změna nátěru (při působení destilované vody) .....  | 74 |
| Obr. 4.23 barevná změna nátěru (při působení piva) .....  | 74 |
| Obr. 4.24 bobtnání nátěru (při působení 20 % vodný roztok NaCl, 5 % vodný roztok NaOH aj.) .....  | 75 |
| Obr. 4.25 stékání nátěru (při působení benzínu, 50 % vodný roztok etanolu aj.) .....  | 75 |
| Obr. 4.26 úplné smytí nátěru (při působení acetonu).....  | 75 |
| Obr. 4.27 odtržení ponořené části nátěru v chemikálii (při působení 20 % vodný roztok H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) .....                                    | 75 |
| Obr. 4.28 sedimentace po 7 dnech – a) obrazovkové sklo – kónusy, b) obalové sklo, c) obrazovkové sklo – čela, d) autosklo, e) balotina, f) zářivkové sklo ..... | 80 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 4.1 Výsledky aplikovatelnosti pro jednotlivé procentuální zastoupení plniva.                                   | 61 |
| Tabulka 4.2 Výsledky aplikovatelnosti pro jednotlivé procentuální zastoupení plniva.                                   | 62 |
| Tabulka 4.3 Naměřené hodnoty pro zkoušku přídržnosti k podkladu – bezropouštědlový nátěrový systém s 25 % plniva. .... | 64 |
| Tabulka 4.4 Naměřené hodnoty pro zkoušku přídržnosti k podkladu – bezropouštědlový nátěrový systém s 30 % plniva. .... | 65 |
| Tabulka 4.5 Naměřené hodnoty pro zkoušku přídržnosti k podkladu – vodouředitelný nátěrový systém s 40 % plniva. ....   | 66 |
| Tabulka 4.6 Naměřené hodnoty pro zkoušku přídržnosti k podkladu – vodouředitelný nátěrový systém s 50 % plniva. ....   | 67 |

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 4.7 Hodnocení chemické odolnosti bezrozpuštědlového nátěrového systému.<br>..... | 69 |
| Tabulka 4.8 Chování bezrozpuštědlového nátěrového systému po 24 hodinách. ....           | 71 |
| Tabulka 4.9 Chování bezrozpuštědlového nátěrového systému po 74 hodinách. ....           | 72 |
| Tabulka 4.10 Chování bezrozpuštědlového nátěrového systému po 7 dnech. ....              | 72 |
| Tabulka 4.11 Chování bezrozpuštědlového nátěrového systému po 4 týdnech. ....            | 73 |
| Tabulka 4.12 Hodnocení chemické odolnosti vodouředitelného nátěrového systému            | 73 |
| Tabulka 4.13 Chování vodouředitelného nátěrového systému po 24 hodinách. ....            | 76 |
| Tabulka 4.14 Chování vodouředitelného nátěrového systému po 74 hodinách. ....            | 76 |
| Tabulka 4.15 Chování vodouředitelného nátěrového systému po 7 dnech. ....                | 77 |
| Tabulka 4.16 Chování vodouředitelného nátěrového systému po 4 týdnech. ....              | 77 |

## **Seznam grafů**

|   |    |
|---|----|
| Graf 4.1 Graf velikosti částic - referenční plnivo. ....                  | 53 |
| Graf 4.2 Graf velikosti částic – autosklo. ....                           | 53 |
| Graf 4.3 Graf velikosti částic – balotina. ....                           | 54 |
| Graf 4.4 Graf velikosti částic – obalové sklo. ....                       | 54 |
| Graf 4.5 Graf velikosti částic – zářivkové sklo. ....                     | 55 |
| Graf 4.6 Graf velikosti částic – obrazovky (kónusy). ....                 | 55 |
| Graf 4.7 Graf velikosti částic – obrazovky (čela). ....                   | 56 |
| Graf 4.9 Přidržnost k podkladu – bezrozpuštědlový nátěrový systém. ....   | 66 |
| Graf 4.10 Přidržnost k podkladu – vodouředitelný nátěrový systém. ....    | 67 |
| Graf 4.11 procentuální množství velikosti částic recyklovaného skla. .... | 80 |

## Seznam použité literatury:

- [1] DRAŠNEROVÁ, Drahomíra. *Stavební materiály*. Hranice, 2004. 60 s.
- [2] DROCHYTKA, Rostislav. *Plastické látky*. Brno, 2007. 158 s. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Vysoké učení technické v Brně.
- [3] MLEZIVA, Josef. *Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha, 1993. 525 s. ISBN 80-901570-4-1.
- [4] VYHNÁNKOVÁ, Michaela. *Testování účinnosti antibakteriálních přípravků na bázi AG pro aplikace v polyuretanových a epoxidových systémech*. Brno, 2008. 64 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [5] Firemní literatura firmy Lena Chemical s.r.o.
- [6] <http://www.splrecycling.com>
- [7] [http://www.perge.cz/data/blob/xzajimavosti-application\\_pdf-20080821120109-3256-priprava-povrchu.pdf](http://www.perge.cz/data/blob/xzajimavosti-application_pdf-20080821120109-3256-priprava-povrchu.pdf)
- [8] <http://www.ua.all.biz/cs/g828652/>
- [9] <http://ekolist.cz/cz/fotobanka/domacnost/spotrebice/zarovky-a-osvetleni>
- [10] <http://www.wista.cz/produkty/tryskani/abraziva/balotina/>
- [11] <http://www.asekol.cz/nove-projekty/obrazovkove-sklo.html>
- [12] <http://www.novinky.cz/bydleni/tipy-a-trendy/189114-jak-se-spravne-tridi-a-recykluji-odpady.html>
- [13] [http://www.bamrico.com.au/catalog/index.php?main\\_page=index&cPath=7\\_62](http://www.bamrico.com.au/catalog/index.php?main_page=index&cPath=7_62)