

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ**

**Diplomová práce**

**2022**

**Bc. Petr Kuchta**

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ**  
**Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

**Vliv koncentrace a složení rozpustných alkalických  
silikátů na vlastnosti nátěrů na bázi emulgované  
epoxidové pryskyřice**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**AUTOR PRÁCE: Bc. Petr Kuchta**

**VEDOUCÍ PRÁCE: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**

**KONZULTANT: Ing. Miroslav Kohl, Ph.D.**

**2022**

**UNIVERSITY OF PARDUBICE**

**FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

**Institute of Chemistry and Technology of Macromolecular Materials**

**Influence of concentration and composition of  
soluble alkaline silicates on the properties of coatings  
based on water-borne epoxy resin**

**MASTER THESIS**

**AUTHOR: Bc. Petr Kuchta**

**SUPERVISOR: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**

**CONSULTANT: Ing. Miroslav Kohl, Ph.D.**

**2022**

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Bc. Petr Kuchta</b>
Osobní číslo:	<b>C20539</b>
Studijní program:	<b>N2808 Chemie a technologie materiálů</b>
Studijní obor:	<b>Organické povlaky a nátěrové hmoty</b>
Téma práce:	<b>Vliv koncentrace a složení rozpustných alkalických silikátů na vlastnosti nátěrů na bázi emulgované epoxidové pryskyřice</b>
Zadávací katedra:	<b>Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek</b>

## Zásady pro vypracování

1. Proveďte literární rešerši na dané téma.
2. Připravte modelové nátěrové hmoty na bázi vodouředitelné epoxidové pryskyřice při vybraných koncentracích alkalických silikátů (0,5 %, 1 %, 1,5 %) doplněné o funkční plniva. Pro porovnání připravte nátěrové hmoty s antikoročním pigmentem při OKP = 10 % doplněné o vybraná funkční plniva.
3. Připravte vzorky nátěrů na skleněných panelech a stanovte jejich základní fyzikální vlastnosti (povrchovou tvrdost nátěrů na kyvadle dle Perzose a další).
4. Proveďte testy fyzikální odolnosti nátěrů, zhodnoťte odolnost vůči ohybu, úderu, hloubení a stupeň přilnavosti dle příslušných norem CSN EN ISO. Výsledky porovnejte s výsledky nátěru nepigmentovaného pojiva.
5. Pro získání výsledků vlivu pigmentů na korozní odolnost nátěrů proveďte testy ke zjištění antikorozní účinnosti nátěrů. Jako zkušební korozní prostředí použijte atmosféru s obsahem SO<sub>2</sub>, 5% neutrální solnou mlhu, popř. další.
6. Na základě normy ASTM a její stupnice vyjádřete pro jednotlivé projevy koroze odolnost jednotlivých studovaných nátěrových systémů. Určete koncentrace alkalických silikátů v kombinaci s vybraným funkčním plnivem, které zabraňují úspěšně více korozním projevům. Korozní projevy zhodnoťte podle koncentrace testovaného alkalického silikátu v nátěrovém filmu. Stanovte optimální koncentraci testovaného alkalického silikátu pro zajištění vysoké antikorozní účinnosti v kombinaci s vybraným funkčním plnivem. Porovnejte výsledky antikorozní účinnosti studovaných nátěrových systémů s modelovými nátěrovými hmotami s obsahem antikorozního pigmentu.
7. Výsledky porovnejte s výsledky elektrochemické techniky lineární polarizace.
8. Výsledky rovněž diskutujte podle typu korozního prostředí a podle vlivu na mechanické vlastnosti nátěrů. Stručně popište nové poznatky, závěry, přínosy práce pro vědu a praxi. Závěrem doporučte, do jakého typu prostředí a pro jaké aplikace lze nátěry doporučit.

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**  
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Konzultant diplomové práce: **Ing. Miroslav Kohl, Ph.D.**  
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání diplomové práce: **17. prosince 2021**  
Termín odevzdání diplomové práce: **6. května 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**doc. Ing. David Veselý, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 22. února 2022

## Prohlášení autora

Prohlašuji, že tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární informace a prameny, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121 / 2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jiného subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požádat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich výše. Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 18.5. 2022

Bc. Petr Kuchta

Diplomová práce vznikla za podpory projektu Modernizace praktické výuky a zkvalitnění praktických dovedností v technicky zaměřených studijních programech, reg. číslo CZ.02.2.67/0.0/0.0/16\_016/0002458 operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

## **Poděkování:**

Chtěl bych využít část této práce, abych mohl poděkovat vedoucí mé diplomové práce prof. Ing. Andrée Kalendové, Dr. a konzultantovi Ing. Miroslavu Kohlovi, Ph.D. za cenné rady, ochotu a odborné vedení poskytnuté během zpracování této diplomové práce a mého studia na katedře chemie a technologie makromolekulárních látek. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům, za důvěru a veškerou podporu během celého studia, které si nesmírně vážím. A také mé přítelkyni, která mi stála oporou.

## **Anotace**

Obsahem této diplomové práce bylo studium vlastností vodou ředitelné epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 v závislosti na koncentraci a složení přidaných rozpustných alkalických silikátů, draselného, sodného a lithného vodního skla při 0,5; 1 a 1,5 hm. %. Byly naformulovány modelové nátěrové hmoty s různým obsahem jednotlivých vybraných alkalických silikátů doplněné o vybraná funkční bariérová plniva, mastek (Talc ST 30), tříkomponentní křemičitanové plnivo (Plastorit – Micro) a metakřemičitan vápenatý (Wollastonit KS-3) při OKP = 15 %. Sledován byl také vliv těchto použitých funkčních plniv v připravených povlacích. Výsledky výzkumu organických povlaků s obsahem alkalických silikátů byly porovnány s výsledky zkoušek filmů čisté pryskyřice a modelových nátěrových hmot pouze s obsahem vybraných funkčních plniv. Kromě mechanických vlastností připravených povlaků byla sledována zejména antikoroziční účinnost jednotlivých filmů. Pro lepší porovnání koroziční účinnosti zkoumaných organických povlaků byly dále naformulovány a připraveny nátěrové filmy použité vodou ředitelné pryskyřice s obsahem známého a účinného antikorozičního pigmentu suříku (Minium) při OKP = 10 %, který byl doplněn o jednotlivá funkční plniva na hodnotu OKP/KOKP = 35. Z výsledků je patrné, že použitím alkalických silikátů jakožto inhibitorů koroze lze připravit ekologické antikoroziční nátěrové hmoty s příznivými účinky koroziční inhibice.

## **Klíčová slova**

vodou ředitelná nátěrová hmota, epoxidová pryskyřice, alkalický silikát, vodní sklo, inhibitor koroze, bariérové plnivo



## **Annotation**

The content of this diploma thesis was to study the properties of water-borne epoxy resin CHS-EPOXY 200 V 55 depending on the concentration and composition of the added soluble alkaline silicates. Potassium, sodium and lithium water glasses at 0,5; 1 and 1,5 wt. %. Model coatings with different content of individual selected alkaline silicates were formulated with addition of selected functional barrier fillers Talc ST 30, Plastorit – Micro and Wollastonit KS-3 at OKP = 15 %. The impact of the functional fillers used in the prepared coatings was also monitored. The results of the research of organic coatings containing alkaline silicates were compared with the results of the pure resin films and model coatings only with the content of selected functional fillers, without alkaline silicates. In addition to studies of the mechanical properties of the prepared coatings, the anti-corrosion efficiency of individual films was particularly studied. For better comparison of the corrosion inhibition of examined coatings, organic coatings containing a known and effective anticorrosion pigment – a red lead at OKP = 10 %, which was supplemented with individual functional fillers at OKP/KOKP = 35, were further formulated and prepared. The results show that the use of alkali silicates as corrosion inhibitors can be used to prepare ecological anti-corrosion coatings with beneficial effects of corrosion inhibition.

## **Keywords**

waterborne paint, epoxy resin, alkali silica, water glass, corrosion inhibitor, barrier filler

## Seznam symbolů a zkratk

a	Hmotnost víčka bez vzorku, při výpočtu sušiny [g]
b	Hmotnost víčka před sušením, při výpočtu sušiny [g]
c	Hmotnost víčka po sušení, při výpočtu sušiny [g]
CR	Rychlost koroze [mm / rok]
d	Průměr lepeného terčíku [mm]
D	Dense (hustý výskyt puchýřků)
DFT	Suchá tloušťka nátěrového filmu [ $\mu\text{m}$ ]
$E_{\text{corr}}$	Samovolný korozní potenciál [mV]
F	Few (nízký výskyt puchýřků)
$F_m$	Maximální odtrhová síla [N]
Hm. %	Hmotnostní procenta
$I_{\text{corr}}$	Proudová hustota [ $\mu\text{A}$ ]
KOKP	Kritická objemová koncentrace pigmentu
m	Hmotnost [g]
$m_{\text{OP1}}$	Hmotnost ocelového panelu před stanovením hmotnostních úbytků [g]
$m_{\text{OP2}}$	Hmotnost ocelového panelu po stanovení hmotnostních úbytků [g]
$m_p$	Navážka pigmentu [g]
M	Medium (střední výskyt puchýřků)
Mastek	Talc ST 30, plnivo na bázi vrstevnatého křemičitanu $\text{Mg}_3[(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})]$ ,
MD	Medium dense (středně hustý výskyt puchýřků)
MEK	Methylethylketon $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_3$
NF	Nátěrový film
NH	Nátěrová hmota
o.č.	Olejové číslo [g / 100 g pigmentu]
OKP	Objemová koncentrace pigmentu [%]
Plastorit	Plastorit – Micro plnivo na bázi směsi křemičitanů, obsahující slídu, mastek a oxid křemičitý $\text{KAl}_2(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}) \cdot \text{Mg}_3\text{Al}(\text{OH})_2(\text{AlSi}_4\text{O}_{10}) \cdot \text{SiO}_2$
$R_p$	Polarizační odpor [ $\Omega$ ]
S	Obsah sušiny [%]
$S_p$	Plocha ocelového panelu [ $\text{cm}^2$ ]
$T_g$	Teplota skelného přechodu [ $^\circ\text{C}$ ]
$T_m$	Teplota tání [ $^\circ\text{C}$ ]
V	Objem [ml]

$V_o$	Spotřeba lněného oleje [ml]
Vápenec	Kalcit, plnivo na bázi uhličitanu vápenatého $\text{CaCO}_3$
VOC	Těkavé organické látky
Vol. %	Objemová procenta
Wollastonit	Wollastonit KS-3, plnivo na bázi křemičitanu s izolovanými stavebními jednotkami, $\text{CaSiO}_3$
$X_{KU}$	Hmotnostní úbytek vztažený na jednotku plochy [ $\text{g.m}^{-2}$ ]
$\beta$	Tafelová směrnice [mV]
$\rho$	Hustota [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]
$\rho_o$	Hustota lněného oleje [ $0,93 \text{ g.cm}^{-3}$ ]
$\rho_p$	Hustota pigmentu [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]
$\sigma$	Odrhová pevnost [MPa]

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b> Oxiranový kruh (vlevo) a epoxidový kruh (vpravo) .....	30
<b>Obrázek 2</b> Příklad vlastností struktury epoxidové pryskyřice .....	31
<b>Obrázek 3</b> Syntéza epoxidové pryskyřice z bisfenolu A a epichlorhydrinu .....	32
<b>Obrázek 4</b> Mechanismus vytvrzování epoxidových pryskyřic aminovými tvrdidly .....	34
<b>Obrázek 5</b> Mechanismus vytvrzování epoxidových pryskyřic anhydridovými tvrdidly .....	35
<b>Obrázek 6</b> Fotografické standardy pro hodnocení tvorby puchýřků podle ASTM D 714-87	63
<b>Obrázek 7</b> Standardy pro vyhodnocení stupně prokorodování podle ASTM D 610-85 .....	64
<b>Obrázek 8</b> Vývoj relativní povrchové tvrdosti povlaků s obsahem funkčních plniv v porovnání s povlakem nepigmentované pryskyřice .....	105
<b>Obrázek 9</b> Ukázka typů lomu A/B a B .....	113
<b>Obrázek 10</b> Příklady stanovení odolnosti povlaku vůči hloubení .....	115
<b>Obrázek 11</b> Ukázky odolnosti povlaku vůči úderu z výšky 100 cm pro povlak nepigmentované pryskyřice (A) a povlak s obsahem Plastoritu – Micro (B), které neodolaly a povlak s obsahem Mastku – Talc ST 30 (C) který odolal .....	116
<b>Obrázek 12</b> Ukázka panelů po 480 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy, (A) povlak nepigmentované pryskyřice, (B) povlak s obsahem metakřemičitanu vápenatého, (C) povlak s obsahem suříku a metakřemičitanu vápenatého, (D) povlak s obsahem metakřemičitanu vápenatého a 0,5 hm. % draselného vodního skla .....	119
<b>Obrázek 13</b> Povlak epoxidové pryskyřice po 120 h expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací .....	121
<b>Obrázek 14</b> Ukázka delaminace z řezu (vlevo) a ztráty přilnavosti povlaku (vpravo) .....	123
<b>Obrázek 15</b> Hodnoty polarizačního odporu povlaků s obsahem 0,5 hm % jednotlivých vodních skel .....	126
<b>Obrázek 16</b> Ukázka organických povlaků s obsahem plniva metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % s obsahem 0,5 hm. % draselného vodního skla (A), 1 hm. % draselného vodního skla (B), 1,5 hm. % draselného vodního skla (C) a povlaku s obsahem antikorozního pigmentu suříku doplněného o funkční plnivo metakřemičitan vápenatý pro porovnání korozní účinnosti po 480 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy .....	132
<b>Obrázek 17</b> Ukázka organických povlaků s obsahem tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů při OKP = 15 % (A) s obsahem 0,5 hm. % draselného vodního skla (B), sodného vodního skla (C) a lithného vodního skla (D) po 240 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy .....	132

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> Generace vodou ředitelných epoxidových pryskyřic.....	37
<b>Tabulka 2</b> Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem funkčních bariérových plniv při OKP = 15 %, doplněných o plnivo Vápenec na OKP/KOKP = konst. = 35 .....	56
<b>Tabulka 3</b> Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem antikorozičního pigmentu Suříku při OKP = 10 %, doplněné o vybraná funkční plniva na OKP/KOKP = konst. = 35 .....	56
<b>Tabulka 4</b> Hodnocení MEK testu podle ASTM D 4752-10 .....	59
<b>Tabulka 5</b> Klasifikace stupňů přilnavosti podle ČSN ISO 2409 .....	59
<b>Tabulka 6</b> Klasifikace typu lomu podle ČSN EN ISO 4624 .....	60
<b>Tabulka 7</b> Stanovení životnosti nátěru podle normy ČSN EN ISO 12944-6 .....	65
<b>Tabulka 8</b> Stupně korozní agresivity prostředí dle normy ČSN EN ISO 12944-2.....	66
<b>Tabulka 9</b> Fyzikálně chemické vlastnosti plniv a pigmentů.....	68
<b>Tabulka 10</b> Obsah sušiny testovaných látek .....	68
<b>Tabulka 11</b> Výsledky měření tvrdosti s obsahem alkalických silikátů dle Persöze, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	69
<b>Tabulka 12</b> Výsledky měření tvrdosti organických povlaků s obsahem funkčních plniv dle Persöze, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	69
<b>Tabulka 13</b> Výsledky měření tvrdosti organických povlaků s obsahem suříku dle Persöze, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	70
<b>Tabulka 14</b> Výsledky Buchholzovy vrypové zkoušky organických povlaků s obsahem funkčních plniv, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	70
<b>Tabulka 15</b> Výsledky Buchholzovy vrypové zkoušky organických povlaků s obsahem suříku, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	70
<b>Tabulka 16</b> Výsledky Buchholzovi vrypové zkoušky organických povlaků s obsahem alkalických silikátů, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	71
<b>Tabulka 17</b> Výsledky měření čísla lesku organických povlaků s obsahem funkčních plniv, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	72
<b>Tabulka 18</b> Výsledky měření čísla lesku organických povlaků s obsahem suříku, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	72
<b>Tabulka 19</b> Výsledky měření čísla lesku organických povlaků s obsahem alkalických silikátů, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	73
<b>Tabulka 20</b> Výsledky MEK testu pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	74

<b>Tabulka 21</b> Výsledky MEK testu pro organické povlaky s obsahem suříku, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	74
<b>Tabulka 22</b> Výsledky MEK testu pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	75
<b>Tabulka 23</b> Výsledky měření mřížkové metody pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv na skleněných panelech, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	76
<b>Tabulka 24</b> Výsledky měření mřížkové metody pro organické povlaky s obsahem suříku, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	76
<b>Tabulka 25</b> Výsledky měření mřížkové metody pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů, DFT = $75 \pm 5 \mu\text{m}$ .....	77
<b>Tabulka 26</b> Výsledky měření odtrhové zkoušky pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv, DFT = $70 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	78
<b>Tabulka 27</b> Výsledky měření odtrhové zkoušky pro organické povlaky s obsahem suříku, DFT = $70 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	78
<b>Tabulka 28</b> Výsledky měření odtrhové zkoušky pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů, DFT = $70 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	79
<b>Tabulka 29</b> Výsledky měření zkoušky úderem pro vybrané testované organické povlaky, DFT = $70 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	80
<b>Tabulka 30</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 120 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	80
<b>Tabulka 31</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem suříku po 120 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	81
<b>Tabulka 32</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	81
<b>Tabulka 33</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 120 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	81
<b>Tabulka 34</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	82

<b>Tabulka 35</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 240 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	82
<b>Tabulka 36</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem suříku po 240 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	82
<b>Tabulka 37</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	83
<b>Tabulka 38</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 240 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	83
<b>Tabulka 39</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	83
<b>Tabulka 40</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 360 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	84
<b>Tabulka 41</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem suříku po 360 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	84
<b>Tabulka 42</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 360 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	84
<b>Tabulka 43</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 360 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	85
<b>Tabulka 44</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 360 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	85
<b>Tabulka 45</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 480 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	85
<b>Tabulka 46</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem suříku po 480 h expozice, DFT = $100 \pm 10 \mu\text{m}$ .....	86

<b>Tabulka 47</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	86
<b>Tabulka 48</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm	86
<b>Tabulka 49</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	87
<b>Tabulka 50</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	87
<b>Tabulka 51</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem suříku po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm.....	87
<b>Tabulka 52</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	88
<b>Tabulka 53</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	88
<b>Tabulka 54</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	88
<b>Tabulka 55</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	89
<b>Tabulka 56</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem suříku po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm.....	89
<b>Tabulka 57</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	89
<b>Tabulka 58</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	90



<b>Tabulka 59</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	90
<b>Tabulka 60</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	90
<b>Tabulka 61</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem suříku po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm.....	91
<b>Tabulka 62</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	91
<b>Tabulka 63</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	91
<b>Tabulka 64</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	92
<b>Tabulka 65</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	92
<b>Tabulka 66</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem suříku po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm.....	92
<b>Tabulka 67</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	93
<b>Tabulka 68</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	93
<b>Tabulka 69</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	93
<b>Tabulka 70</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	94

<b>Tabulka 71</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem suříku po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	94
<b>Tabulka 72</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	94
<b>Tabulka 73</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	95
<b>Tabulka 74</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	95
<b>Tabulka 75</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	95
<b>Tabulka 76</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem suříku po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	96
<b>Tabulka 77</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	96
<b>Tabulka 78</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	96
<b>Tabulka 79</b> Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s obsahem SO <sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm .....	97
<b>Tabulka 80</b> Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv a povlaku nepigmentované pryskyřice, DFT = 70 ± 10 μm .....	97
<b>Tabulka 81</b> Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem suříku, DFT = 70 ± 10 μm .....	97
<b>Tabulka 82</b> Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm %, DFT = 70 ± 10 μm.....	98
<b>Tabulka 83</b> Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm %, DFT = 70 ± 10 μm.....	98
<b>Tabulka 84</b> Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm %, DFT = 70 ± 10 μm.....	98
<b>Tabulka 85</b> Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv .....	99

<b>Tabulka 86</b> Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem suříku .....	99
<b>Tabulka 87</b> Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm % .....	99
<b>Tabulka 88</b> Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm % .....	100
<b>Tabulka 89</b> Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm % .....	100
<b>Tabulka 90</b> Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem funkčních plniv.....	100
<b>Tabulka 91</b> Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem suříku	101
<b>Tabulka 92</b> Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % .....	101
<b>Tabulka 93</b> Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % .....	101
<b>Tabulka 94</b> Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % .....	101

## Seznam rovnic

<b>Rovnice 1</b> Výpočet olejového čísla .....	54
<b>Rovnice 2</b> Výpočet hodnoty KOKP.....	54
<b>Rovnice 3</b> Výpočet obsahu sušiny .....	55
<b>Rovnice 4</b> Výpočet odtrhové pevnosti.....	60
<b>Rovnice 5</b> Výpočet hmotnostních úbytků.....	67

## Seznam příloh

<b>Příloha 1</b> Organické povlaky nepigmentované pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 .....	141
<b>Příloha 2</b> Organické povlaky s obsahem plniva Mastek – Talc ST 30 .....	142
<b>Příloha 3</b> Organické povlaky s obsahem plniva Plastorit – Micro.....	144
<b>Příloha 4</b> Organické povlaky s obsahem plniva Wollastonit KS-3.....	145
<b>Příloha 5</b> Organické povlaky s obsahem Suříku doplněné o Mastek – Talc ST 30.....	147
<b>Příloha 6</b> Organické povlaky s obsahem Suříku doplněné o Plastorit – Micro .....	148
<b>Příloha 7</b> Organické povlaky s obsahem Suříku doplněné o Wollastonit KS-3 .....	150
<b>Příloha 8</b> Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 0,5 hm % draselného vodního skla .....	151
<b>Příloha 9</b> Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1 hm % draselného vodního skla .....	153
<b>Příloha 10</b> Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1,5 hm % draselného vodního skla .....	154
<b>Příloha 11</b> Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 0,5 hm % sodného vodního skla .....	156
<b>Příloha 12</b> Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1 hm % sodného vodního skla .....	157
<b>Příloha 13</b> Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1,5 hm % sodného vodního skla .....	159
<b>Příloha 14</b> Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 0,5 hm % lithného vodního skla .....	160
<b>Příloha 15</b> Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1 hm % lithného vodního skla .....	162
<b>Příloha 16</b> Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1,5 hm % lithného vodního skla .....	163
<b>Příloha 17</b> Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 0,5 hm % draselného vodního skla .....	165
<b>Příloha 18</b> Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1 hm % draselného vodního skla .....	166
<b>Příloha 19</b> Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1,5 hm % draselného vodního skla .....	168
<b>Příloha 20</b> Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 0,5 hm % sodného vodního skla .....	169

<b>Příloha 21</b> Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1 hm % sodného vodního skla .....	171
<b>Příloha 22</b> Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1,5 hm % sodného vodního skla .....	172
<b>Příloha 23</b> Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 0,5 hm % lithného vodního skla .....	174
<b>Příloha 24</b> Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1 hm % lithného vodního skla .....	175
<b>Příloha 25</b> Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1,5 hm % lithného vodního skla .....	177
<b>Příloha 26</b> Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 0,5 hm % draselného vodního skla .....	178
<b>Příloha 27</b> Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1 hm % draselného vodního skla .....	180
<b>Příloha 28</b> Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1,5 hm % draselného vodního skla .....	181
<b>Příloha 29</b> Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 0,5 hm % sodného vodního skla .....	183
<b>Příloha 30</b> Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1 hm % sodného vodního skla .....	184
<b>Příloha 31</b> Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1,5 hm % sodného vodního skla .....	186
<b>Příloha 32</b> Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 0,5 hm % lithného vodního skla .....	187
<b>Příloha 33</b> Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1 hm % lithného vodního skla .....	189
<b>Příloha 34</b> Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1,5 hm % lithného vodního skla .....	190

# Obsah

1	Úvod.....	27
2	Teoretická část .....	28
2.1	Antikoroziční nátěrové hmoty .....	28
2.2	Vodou ředitelné nátěrové hmoty .....	29
2.3	Epoxidové pryskyřice .....	30
2.3.1	Epoxidové pryskyřice glycidylového typu .....	32
2.3.2	Vytvrzování epoxidových pryskyřic .....	33
2.3.3	Reakce s polyaminy .....	33
2.3.4	Reakce s anhydridy karboxylových kyselin .....	34
2.3.5	Vodou ředitelné epoxidové pryskyřice .....	35
2.3.6	Vývoj vodou ředitelných epoxidových pryskyřic a jejich rozdělení.....	37
2.4	Aditiva pro vodou ředitelné nátěrové hmoty .....	38
2.4.1	Smáčedla.....	38
2.4.2	Odpěňovače .....	38
2.4.3	Odvzdušňovače.....	39
2.4.4	Antisedimentační aditiva .....	39
2.4.5	Záhustky .....	39
2.4.6	Promotory adheze .....	40
2.5	Inhibitory koroze .....	40
2.5.1	Rozdělení inhibitorů koroze .....	40
2.5.2	Dělení inhibitorů podle mechanismu.....	40
2.5.3	Dělení dle chemického složení .....	42
2.5.4	Dělení dle oblasti použití.....	42
2.5.5	Inhibitory koroze na bázi křemičitanů – vodní skla .....	43
2.5.6	Výroba vodních skel.....	44
2.6	Pigmenty .....	45

2.6.1	Antikoroziční pigmenty .....	46
2.6.2	Suřík.....	46
2.7	Plniva .....	47
2.7.1	Mastek .....	47
2.7.2	Plastorit.....	48
2.7.3	Wollastonit.....	48
2.7.4	Vápenec .....	48
3	Experimentální část.....	50
3.1	Cíl práce.....	50
3.2	Testované pojivo a tvrdidlo .....	50
3.3	Testované alkalické silikáty.....	51
3.4	Testovaná plniva a pigmenty .....	51
3.5	Použité přístroje a zařízení.....	53
3.6	Charakterizace fyzikálně-chemických vlastností .....	53
3.6.1	Stanovení hustoty plniv a pigmentů .....	53
3.6.2	Stanovení spotřeby oleje.....	54
3.6.3	Stanovení kritické objemové koncentrace pigmentu – KOKP.....	54
3.6.4	Stanovení obsahu sušiny .....	55
3.7	Příprava nátěrových hmot.....	55
3.7.1	Formulace nátěrových hmot .....	55
3.7.2	Dispergace nátěrových hmot .....	56
3.8	Příprava testovaných organických povlaků .....	57
3.8.1	Příprava zkušebních vzorků na ocelových panelech .....	57
3.8.2	Příprava zkušebních vzorků na skle .....	57
3.9	Metody hodnocení fyzikálně-mechanických zkoušek.....	57
3.9.1	Měření relativní povrchové tvrdosti pomocí útlumu kyvadla dle Persöze .....	57
3.9.2	Měření odolnosti vůči vtisku pomocí Buchholzovi vrypové zkoušky .....	58

3.9.3	Měření lesku nátěru .....	58
3.9.4	Stanovení chemické odolnosti (MEK test) .....	58
3.9.5	Stanovení přilnavosti nátěrového filmu pomocí mřížkové metody .....	59
3.9.6	Stanovení přilnavosti nátěrového filmu pomocí odtrhové metody .....	60
3.9.7	Stanovení odolnosti organického povlaku pomocí zkoušky hloubení .....	60
3.9.8	Stanovení odolnosti nátěrového filmu pomocí zkoušky ohybu .....	61
3.9.9	Stanovení odolnosti organického povlaku pomocí zkoušky deformace úderem . .....	61
3.10	Metody zrychlených cyklických korozních zkoušek .....	61
3.10.1	Zrychlená korozní zkouška v atmosféře neutrální solné mlhy .....	61
3.10.2	Zrychlená korozní zkouška v atmosféře s obsahem oxidu siřičitého .....	62
3.10.3	Zrychlená korozní zkouška v kondenzační komoře .....	62
3.11	Hodnocení výsledků korozních zkoušek .....	62
3.11.1	Hodnocení delaminace nátěru z řezu .....	62
3.11.2	Hodnocení ztráty přilnavosti nátěrového filmu .....	63
3.11.3	Hodnocení stupně tvorby puchýřků v ploše nátěru a v řezu .....	63
3.11.4	Hodnocení míry prokorodování plochy nátěru .....	64
3.11.5	Hodnocení koroze v řezu .....	64
3.11.6	Hodnocení podkorodování nátěrového filmu .....	65
3.11.7	Elektrochemické stanovení lineární polarizace .....	65
3.11.8	Hodnocení životnosti organického povlaku .....	65
3.11.9	Stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH .....	66
3.11.10	Stanovení hmotnostních úbytků .....	67
4	Výsledky .....	68
4.1	Výsledky měření fyzikálně-chemických vlastností .....	68
4.2	Výsledky měření fyzikálně-mechanických vlastností nátěrových filmů na skleněných panelech .....	68
4.2.1	Výsledky měření relativní povrchové tvrdosti nátěru měřená podle Persöze ..	68



4.2.2	Výsledky měření relativní povrchové tvrdosti pomocí Buchholzovi vrypové zkoušky .....	70
4.2.3	Výsledky měření lesku nátěrových filmů .....	72
4.2.4	Výsledky MEK testu .....	74
4.2.5	Výsledky mřížkové zkoušky přilnavosti na skleněných panelech .....	76
4.3	Výsledky měření fyzikálně-mechanických vlastností nátěrových filmů na ocelových panelech .....	77
4.3.1	Výsledky mřížkové zkoušky přilnavosti na ocelových panelech .....	77
4.3.2	Výsledky měření přilnavosti pomocí odtrhové zkoušky .....	78
4.3.3	Výsledky měření zkoušky odolnosti nátěrového filmu vůči hloubení .....	79
4.3.4	Výsledky měření zkoušky odolnosti nátěrového filmu vůči ohybu .....	79
4.3.5	Výsledky měření zkoušky odolnosti nátěrového filmu vůči úderu .....	80
4.4	Vyhodnocení korozních zkoušek .....	80
4.4.1	Vyhodnocení zrychlené korozní zkoušky v atmosféře neutrální solné mlhy ...	80
4.4.2	Vyhodnocení zrychlené korozní zkoušky v atmosféře s povšechnou kondenzací .....	87
4.4.3	Vyhodnocení zrychlené korozní zkoušky v atmosféře s obsahem SO <sub>2</sub> .....	94
4.4.4	Výsledky elektrochemického stanovení lineární polarizace .....	97
4.4.5	Výsledky měření měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH .....	99
4.4.6	Výsledky měření hmotnostních úbytků .....	100
5	Diskuse k výsledkům .....	102
5.1	Fyzikálně-chemické vlastnosti .....	102
5.2	Fyzikálně-mechanické vlastnosti nátěrových filmů na skleněných panelech .....	103
5.2.1	Relativní povrchová tvrdost nátěru měřená podle Persöze .....	103
5.2.2	Buchholzova vrypová zkouška .....	105
5.2.3	Stanovení čísla lesku organických povlaků .....	107
5.2.4	Stanovené chemické odolnosti (MEK test) .....	108
5.2.5	Stanovení přilnavosti na skleněných panelech pomocí mřížkové metody .....	110

5.3	Fyzikálně-mechanické vlastnosti nátěrových filmů na ocelových panelech.....	111
5.3.1	Stanovení přilnavosti na ocelových panelech pomocí mřížkové metody.....	111
5.3.2	Stanovení přilnavosti nátěrových filmů pomocí odtrhové metody .....	112
5.3.3	Stanovení odolnosti organického povlaku zkouškou ohybem .....	115
5.3.4	Stanovení odolnosti organického povlaku zkouškou hloubením .....	115
5.3.5	Stanovení odolnosti organického povlaku zkouškou úderem .....	115
5.4	Korozní vlastnosti testovaných organických povlaků .....	117
5.4.1	Expozice testovaných organických povlaků v atmosféře neutrální solné mlhy ... .....	118
5.4.2	Expozice testovaných organických povlaků v atmosféře s povšechnou kondenzací.....	121
5.4.3	Expozice testovaných organických povlaků atmosféře s obsahem SO <sub>2</sub> .....	123
5.4.4	Elektrochemické stanovení lineární polarizace .....	125
5.4.5	Stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH výluhů organických povlaků .....	127
5.4.6	Stanovení hmotnostních úbytků .....	128
6	Přínosy diplomové práce .....	129
6.1	Mechanické vlastnosti testovaných organických povlaků.....	129
6.1.1	Vliv funkčních plniv a pigmentů .....	129
6.1.2	Vliv alkalických silikátů .....	130
6.2	Korozní vlastnosti testovaných organických povlaků .....	130
6.2.1	Vliv funkčních plniv a pigmentů .....	130
6.2.2	Vliv alkalických silikátů .....	131
7	Závěr .....	134
8	Přílohy.....	141

# 1 Úvod

Koroze je definována různými způsoby, obvyklá interpretace tohoto termínu je destruktivní napadení materiálů způsobené reakcí s prostředím. Závažné důsledky způsobené procesem koroze jsou celosvětovým problémem. Kromě toho, že se s touto formou degradace setkáváme každý den, koroze způsobuje odstávky závodů, plýtvání cennými zdroji, ztrátu a kontaminaci produktů, snížení účinnosti, nákladnou údržbu, ohrožuje bezpečnost a brzdí technologický pokrok. Antikoroziční nátěrové hmoty představují nejvýznamnější způsob ochrany kovových materiálů. Vodou ředitelné antikoroziční nátěrové hmoty představují díky stále se zvyšujícím ekologickým požadavkům jejich nejvýznamnější skupinu. Inhibitory koroze a antikoroziční pigmenty jsou nezbytnou součástí antikorozičních nátěrových hmot, mají zásadní roli při ochraně proti korozi. S rostoucími požadavky na ekologii jsou sice účinné, avšak zdravotně závadné inhibitory koroze jsou v dnešní době zakázány a použití antikorozičních pigmentů jako jsou sloučeniny na bázi šestimocného chromu a olova je zcela výjimečné. Stále se hledá perspektivní inhibitor koroze, který by splňoval enviromentální podmínky, aktivně a účinně přispíval k protikoroziční ochraně a byl ekonomicky výhodný. Jako perspektivní ekologicky šetrné řešení pro vodou ředitelná epoxidová pojiva se jeví použití nanočástic alkalických křemičitanů jakožto inhibitorů koroze.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Antikorozní nátěrové hmoty

Bezesporu stále aktuálním a zajímavým tématem je otázka antikorozní ochrany kovů, nejen z technologického, ale také z hospodářského významu. Rez je všeobecně popisována jako korozní produkt železa vznikající ve vlhkém prostředí a díky svému typickému zbarvení je také snadno rozpoznatelná. [1] Koroze kovových materiálů vede k velkým ekonomickým ztrátám a bezpečnostním rizikům, z těchto důvodů poutá velkou pozornost. [2]

V průběhu let bylo navrženo mnoho způsobů k ochraně proti korozi a jejímu omezení, jednou z nejúčinnějších metod, je použití antikorozních organických povlaků. [2] Metody korozní ochrany, jako jsou pochromování nebo použití nerezových materiálů jsou pouze zřídka, kdy používány pro ochranu objektů, jako jsou ocelové konstrukce, mosty, lodní konstrukce, různé části strojů apod., a to především z ekonomických důvodů. Použití organického ochranného povlaku čili nátěrové hmoty, je běžnou metodou antikorozní ochrany v těchto případech. [1] Antikorozní nátěrové hmoty jsou dvoufázové heterogenní systémy obsahující anorganickou fázi rozptýlenou v organickém pojivu, nejdůležitější roli pro korozní ochranu mají inhibitory koroze a antikorozní pigmenty. [3]

Antikorozní nátěrové hmoty musí splňovat několik podmínek. Sice dobrou přilnavost k povrchu, snadnou aplikaci, vysoký obsah sušiny (musí dosahovat vysoké tloušťky filmu), dobrou antikorozní ochranu a důležitá je také povětrnostní odolnost nátěrového filmu. [3]

Lze konstatovat, že ochrana proti korozi je u nátěrových hmot zajištěna pomocí dvou hlavních mechanismů, pomocí bariérového efektu a účinností antikorozního pigmentu. Bariérový efekt zpomaluje difuzi vody do systému, avšak ve chvíli, kdy voda dosáhne povrchu kovu hlavní ochranou roli plní aktivní antikorozní pigment. [4] V dnešní době je nejpoužívanějším antikorozním pigmentem pro nátěrové hmoty fosforečnan zinečnatý, svou účinností je však bohužel horší oproti dříve používaným, toxickým a dnes zakázaným antikorozním pigmentům. [3] Tři generace fosfátů vycházejících z fosforečnanu zinečnatého. Vhodnými modifikacemi částic fosforečnanu zinečnatého byla vyvinuta druhá generace. Třetí generace byla získána změnou ortofosfátového aniontu za polyfosfáty, tak aby vyhovovala technologickým nárokům. Antikorozní účinnost druhé a třetí generace zinkfosfátů již může být srovnatelná se starými antikorozními pigmenty. [5]

Velký význam pro optimální účinnost antikorozního organického povlaku spočívá také v adekvátní předúpravě povrchu před nanesením povlaku. Všechny povrchové úpravy, nejen

nanášení nátěrových hmot, vyžadují optimální předúpravu povrchů. Obecně platí, že kvalita a životnost povrchové úpravy závisí na kvalitě očištění povrchu. Avšak každá operace v praxi prodražuje celý proces protikorozi ochrany. [6]

## 2.2 Vodou ředitelné nátěrové hmoty

Tradiční nátěrové hmoty jsou většinou založeny na rozpouštědlech a obsahují vysoké množství těkavých organických sloučenin (VOC). Snaha o ekologický přístup se v posledních letech projevuje zaměřením výroby na nátěrové hmoty s nízkým obsahem organických rozpouštědel. Jde jednak o nátěrové hmoty ředitelné vodou na bázi polymerních vodných disperzí i na bázi pryskyřic rozpustných ve vodě, dále nátěrové hmoty práškové, nátěrové hmoty bezrozpouštědlové a nátěrové hmoty s vysokým obsahem sušiny. [7] Nátěrové hmoty ředitelné vodou představují ekologicky šetrnou alternativu pro rozpouštědlové nátěrové hmoty. [8] Stávají se stále zajímavějšími spolu s rostoucími požadavky na ochranu životního prostředí. [9] Zlepšení antikorozi ochrany vodou ředitelných povlaků je proto ve vědecké i průmyslové sféře zásadní otázkou. Díky své šetrnosti pro životní prostředí se vodou ředitelné nátěrové hmoty těší rostoucí popularitě, avšak zesílení těchto povlaků je poměrně obtížné, což značně omezuje jejich protikorozi ochranu. [8] V současné době se organické povlaky ředitelné vodou používají hojně jako fasádní a interiérové barvy a barvy na dřevo. Jejich aplikace je jako u antikorozi nátěrů stále omezená. [10]

Výzkum nátěrových hmot ředěných vodou je datován do šedesátých let dvacátého století, kdy došlo k jejich prvním aplikacím, především v automobilovém průmyslu. Přednosti využití vodou ředitelných nátěrových hmot byly a jsou nesporné. Především spočívají ve snížení spotřeby rozpouštědel, což vede k omezení nebezpečí vzniku požárů na pracovišti a zlepšení pracovních podmínek při výrobě a aplikaci, díky zamezení vypařování organických rozpouštědel a eliminaci exhalace nebezpečných organických rozpouštědel. Ekologické přínosy jsou nepopíratelné a díky snížení nákladů na ventilační systémy lakoven je přínos nátěrových hmot ředitelných vodou také ekonomický. [11]

Obecně lze konstatovat, že nátěrové hmoty ředitelné vodou lze vytvářet na bázi v podstatě stejných základních pojivých typů. Vodou ředitelné nátěrové hmoty tedy mohou obsahovat kombinace pojiv alkydových, akrylátových, epoxidových, polyuretanových a polyvinylacetátových. Nátěrové hmoty ředitelné vodou existují v provedení zasychajícím na vzduchu nebo jako vypalovací nátěrové hmoty, a to jako vrchní emaily i základní nátěrové hmoty. [11]

Zasychání je základní vlastností nátěrových hmot při nanášení na podklad. Voda se jako nosné médium bude chovat jinak, z hlediska fyzikálních vlastností než organická rozpouštědla obsažená v rozpouštědlových nátěrových hmotách. [11] Bylo vyvinuto mnoho úsilí ke zlepšení antikorozi ochrany nátěrových hmot ředitelných vodou, jednou z možností je zlepšení vlastností zesíťení. Chemické reakce mezi různými polárními skupinami zlepšují fyzikální i chemickou integritu díky usnadnění síťování, ale navíc zvyšují odolnost vůči vodě snížením počtu volných polárních skupin. Některé studie ale uvádějí, že zvýšením hustoty polárních skupin došlo ke snížení pevnosti výsledných povlaků. Dalším důležitým parametrem pro zesíťené filmy je také molekulová hmotnost polymerních částic. Povlaky s vysokou molekulovou hmotností dosahují vynikající bariérové účinnosti a mají lepší síťující vlastnosti. U nátěrových hmot s vysokými molekulovými hmotnostmi polymerních částic byly však zjištěny také negativní vlastnosti, nižší dispergovatelnosti, kompatibilita znamenající horší ochranné vlastnosti. Zlepšení antikorozi ochrany nátěrových hmot ředitelných vodou je proto stále předmětem mnoha výzkumů. [10, 12]

### 2.3 Epoxidové pryskyřice

Termín epoxidová pryskyřice označuje širokou skupinu reaktivních sloučenin vyznačujících se přítomností oxiranové nebo epoxidové skupiny. Tato skupina je reprezentována tříčlenným kruhem obsahujícím atom kyslíku, který je vázán na dva již spojené atomy uhlíku. Tato skupina může být situována uvnitř molekuly, jako epoxidová skupina nebo terminálně na konci řetězce jako skupina oxiranová Epoxidová pryskyřice může být jakákoli molekula obsahující více než jednu takovou oxiranovou nebo epoxidovou skupinu znázorněnou na obrázku 1. Počet epoxidových skupin na molekulu představuje funkčnost pryskyřice. [7, 13]



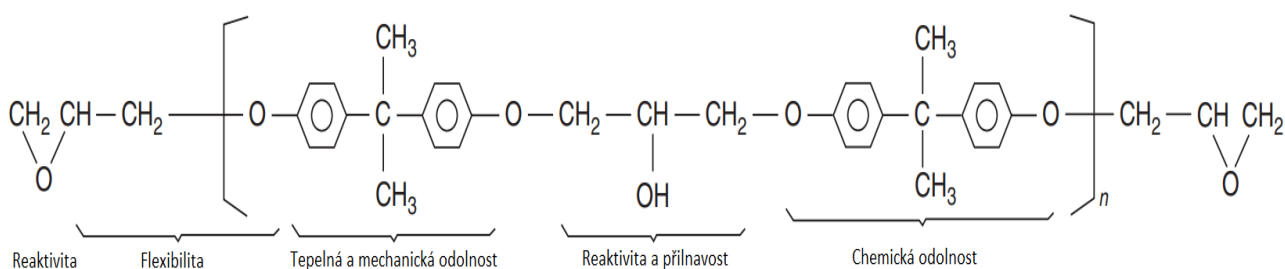
**Obrázek 1** Oxiranový kruh (vlevo) a epoxidový kruh (vpravo)

Epoxidová, případně oxiranová skupina je velmi reaktivní, velice ochotně reaguje s mnoha látkami, například s molekulami vodíku za otevření oxiranového kruhu a vzniku sekundární hydroxylové skupiny. Na reaktivitě epoxidové skupiny s velkým počtem látek

a jejich reakcích, které vedou k zesíťným makromolekulárním produktům spočívají jejich aplikace jako pryskyřic, lepidel a termoplastů. [14]

V porovnání s jinými filmtvornými látkami mají epoxidové pryskyřice řadu výhod. Při vytvrzování nedochází k odštěpení vedlejších produktů a nastává pouze malé smrštění povlaku. Vytvrzené povlaky mají vynikající chemickou odolnost, značnou odolnost vůči vodě, některým rozpouštědlům, roztokům alkálií a kyselin, dobré elektroizolační vlastnosti a výbornou přilnavost na mnoho povrchů jako jsou kovy, sklo, dřevo a keramika. [7]

Ohledně struktury epoxidových pryskyřic lze učinit několik zásadních tvrzení. Epoxidové a oxiranové skupiny jsou vysoce reaktivní. Vynikající přilnavost epoxidových pryskyřic je z velké části způsobena sekundárními hydroxylovými skupinami v řetězci. Aromatické kruhy obsažené ve struktuře pryskyřic poskytují vysoký stupeň tepelné a chemické odolnosti a alifatické části řetězce mezi etherovými vazbami propůjčují chemickou odolnost a pružnost. [13]

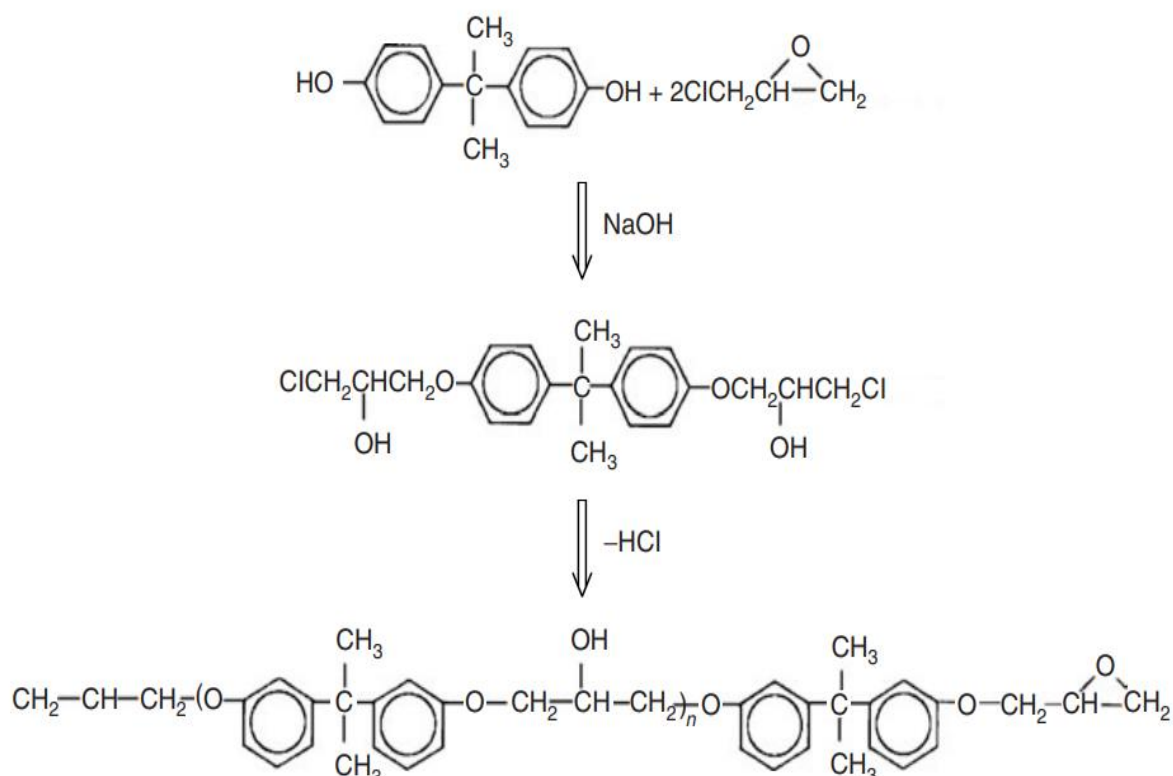


**Obrázek 2** Příklad vlastností struktury epoxidové pryskyřice

Molekula epoxidové pryskyřice může mít různé složení, chemii a molekulovou hmotnost. Pryskyřice mohou být nízko viskózní kapaliny nebo pevné látky. Velké množství polymerních struktur lze získat v závislosti na polymeračních reakcích a použitých vytvrzovacích činidlech. Vytvrzovací reakce vedou k pryskyřicím, které se mohou vytvrzovat pomalu nebo rychle za pokojové teploty nebo za zvýšené teploty. Během vytvrzování nedochází k tvorbě vedlejších malých molekul, jako je voda. Epoxidové pryskyřice nemusejí být pouze lineární, dochází k určitému stupni větvení s koncovými skupinami řetězců buďto epoxidovými nebo hydroxylovými. Stupeň větvení je odlišný pryskyřice od pryskyřice. V důsledku polyfunkčnosti epoxidových pryskyřic mohou být do struktury během výrobního procesu zavedeny různé koncové skupiny. [7, 13, 14]

### 2.3.1 Epoxidové pryskyřice glycidového typu

Nejběžnější typ epoxidových pryskyřic představují produkty alkalické kondenzace bisfenolu A s epichlorhydrinem. Kde probíhá adice epoxidové skupiny epichlorhydrinu na hydroxylovou skupinu bisfenolu A, reakce je katalyzována přítomností alkálií. Následuje odštěpení chlorovodíku za vzniku epoxidové skupiny, která buďto zůstává dále zachována nebo podléhá dalším reakcím s fenolickým hydroxylem za vzniku vysokomolekulárních látek. Při výrobě mohou probíhat některé vedlejší reakce, jako je částečná hydrolýza epoxidových skupin nebo alternativní adice epichlorhydrinu na hydroxylovou skupinu či reakce chlorhydrinové skupiny s epichlorhydrinem. Chlor zabudovaný v jiné poloze nežli  $\alpha$  a  $\beta$  není odštěpitelný. Odštěpení chlorovodíku probíhá jako rovnovážná reakce, z těchto důvodů zůstává část chloru zabudována v řetězcích. Syntéza se provádí vždy za přebytku epichlorhydrinu, aby výsledná pryskyřice měla epoxidové koncové skupiny. Vzniklé epoxidové pryskyřice jsou bezbarvé, až nažloutlé vysoce viskózní kapaliny. Jsou připravovány se střední molární hmotností od přibližně 340 do 3800 v závislosti na molárním poměru použitých monomerů. [7, 13, 14]



**Obrázek 3** Syntéza epoxidové pryskyřice z bisfenolu A a epichlorhydrinu



### 2.3.2 Vytvrzování epoxidových pryskyřic

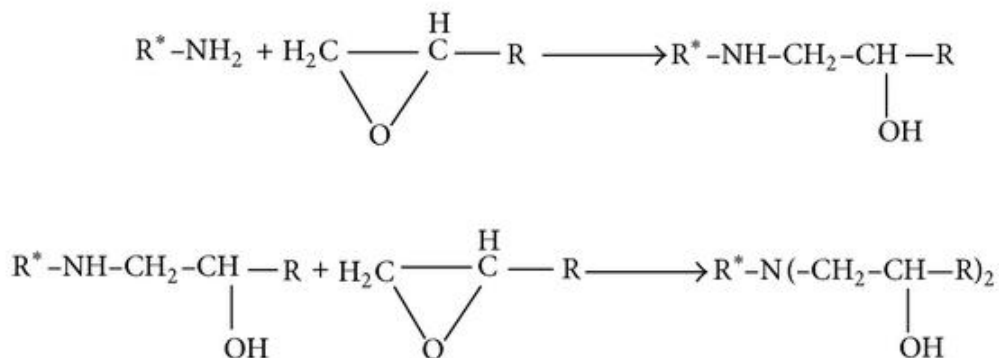
Schopnost pryskyřic být transformován z nízko viskózního stavu do stavu houževnatého, až tvrdého je označována jako vytvrzování. Tato transformace je provedena přidáním chemicky aktivní látky, tvrdidla nebo katalyzátoru, případně změnou vlastností prostředí. [13] Epoxidové pryskyřice mohou být zesíťeny řadou způsobů díky schopnosti epoxidové skupiny reagovat s různými vytvrzovacími, nukleofilními činidly jako jsou aminy, fenoly, karboxyláty nebo sami se sebou za přítomnosti katalyzátoru. [15] Vytvrzování polyadice na epoxidových skupinách, polykondenzace na hydroxylových skupinách a homopolymerace epoxidových skupin představují tři způsoby zesíťení epoxidových pryskyřic. Prakticky všechny sloučeniny s volnými vodíkovými atomy jsou vhodné pro vytvrzení adicí na epoxidových skupinách. Polyaminy a anhydridy polykarboxylových sloučenin jsou nejvýznamnějšími tvrdidly epoxidů. Ketiminy představují zajímavé tvrdidlo pro jednosložkové systémy, kdy reaktivní polyamin je uvolněn při reakci se vzdušnou vlhkostí. [7]. Použité tvrdidlo má velký význam nejen na chemii vytvrzování, ale také na konečné vlastnosti pryskyřice. Tvrdidla obsahující ve své struktuře flexibilní molekuly mezi reaktivními skupinami poskytují pevné a pružné filmy. [14, 16]

### 2.3.3 Reakce s polyaminy

Vysoce reaktivní nukleofily, jako jsou aminy představují vhodné tvrdidlo pro formulaci dvousložkových systémů. [15] Vytvrzovací reakce probíhá mechanismem polyadice na epoxidových skupinách. Podmínkou pro uskutečnění reakce je přítomnost aktivního vodíku ve struktuře použitého tvrdidla. Primární a sekundární aminy obsahující alespoň tři aktivní atomy vodíku jsou vhodná tvrdidla. [14] Reakce probíhá za vzniku hydroxylové skupiny a sekundární aminoskupiny, která následně reaguje stejným mechanismem za vzniku terciální aminoskupiny. Alifatické a cykloalifatické polyaminy vytvrzují epoxidové pryskyřice za normální teploty relativně rychle, proto je potřeba formulovat dvousložkové systémy. Zejména v případě méně reaktivních cykloalifatických aminů, je vhodné využít katalyzátory pro lepší vytvrzení při nižších teplotách. V praxi je při vytvrzování často dávkován malý přebytek tvrdidla maximálně 10 %, není však vhodné dávkovat větší přebytek tvrdidla, jelikož dochází rychle ke zhoršení vlastností vytvrzené pryskyřice. [7, 15, 17]

Jako tvrdidla na bázi aminů mohou být využity alifatické polyaminy, cykloalifatické aminy, aromatické polyaminy, polyaminoamidy. Nejvýznamnější aminová tvrdidla představují diethylentriamin, dipropylentriamin, triethyltetraamin, dikyandiamid, m-fenylendiamin, 4,4'-diaminodifenylmethan. Nízkomolekulární alifatické polyaminy využívané jako tvrdidla

pro epoxidové systémy poskytují při nižších teplotách a vysokých vlhkostech vzduchu filmy. Ty vytvářejí uhličitany následkem reakce vodní páry a oxidu uhličitého s polyaminy, tvorba těchto uhličitánů se projevuje zakalením povlaku. U cykloalifatických polyaminů se tento jev neprojevuje. Tvorbou aduktivních tvrdidel epoxidových pryskyřic s nadbytkem polyaminu lze tyto i jiné potíže snadno obejít. Adukty představují netěkavá tvrdidla, která velice usnadňují dávkování díky nízkému obsahu reaktivních aminových vodíků. Ačkoliv jich musí být použito větší množství, chyba v dávkování nepůsobí tak výrazně jako u samotných polyaminů. [7, 17]

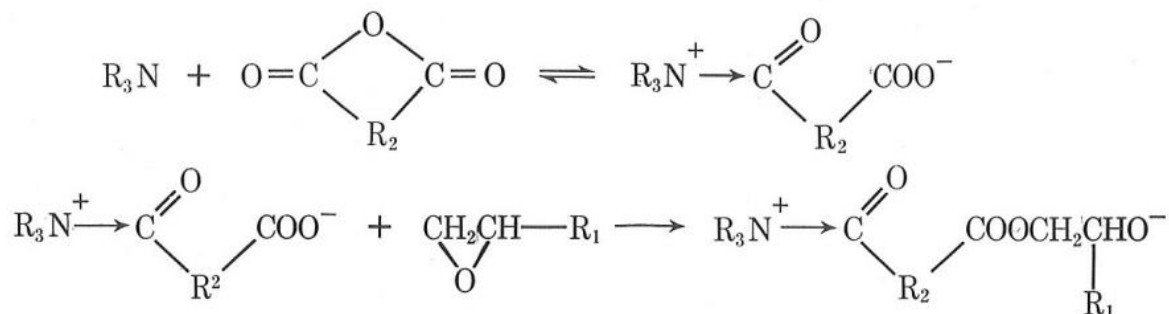


**Obrázek 4** Mechanismus vytvrzování epoxidových pryskyřic aminovými tvrdidly

### 2.3.4 Reakce s anhydridy karboxylových kyselin

Anhydridy polykarboxylových kyselin vyžadují přísnější podmínky vytvrzování oproti tužidlům na bázi polyaminů. Jsou využívány pro výrobu práškových vypalovacích nátěrových hmot, pro elektroizolační materiály v elektrotechnice, zalévací, laminační a impregnační pryskyřice, a díky dlouhé době zpracovatelnosti za nízkého vývinu tepla jsou vhodné pro výrobu velkých výlisků. [17] Karboxylové kyseliny a jejich anhydridy jsou poměrně špatná nukleofilní činidla a nereagují s epoxidovými skupinami příliš rychle. Rychlého zesíťení lze dosáhnout pouze při vyšších teplotách nebo použitím katalyzátorů. Reaktivita nekatalyzovaných systémů přímo závisí na síle kyseliny, pro zlepšení reaktivity je vyžadován alkalický katalyzátor. Při vytvrzování za nepřítomnosti katalyzátoru vždy dochází k významné homopolymeraci epoxidové pryskyřice, jelikož karboxylové kyseliny zároveň působí jako katalyzátory pro adici hydroxylových skupin na epoxidových skupinách. Přestože by ke katalýze těchto systémů mohli být využity alkalické anorganické látky, využití organických látek jako jsou terciální aminy je mnohem výhodnější, díky vyšší účinnosti a lepší kompatibilitě. [15] Reakce epoxidových pryskyřic s anhydridy polykarboxylových kyselin je poměrně složitý mechanismus. Vytvrzovací reakce však můžeme v podstatě popsat třemi hlavními reakcemi. První reakcí je otevření anhydridového kruhu za přítomnosti katalyzátoru, následuje reakce takto vzniklé karboxylové skupiny s epoxidovou skupinou za vzniku esterové

vazby a nové volné hydroxylové skupiny. Tyto reakce jsou znázorněny na následující stránce na obrázku 5. Jako katalyzátory těchto reakcí jsou kromě terciálních aminů využívány také fenoly a alkoholy. [7, 14, 18]



**Obrázek 5** Mechanismus vytvrzování epoxidových pryskyřic anhydridovými tvrdidly

Třetí hlavní reakcí je katalyzovaná polymerace epoxidových skupin za vzniku etherových vazeb. Na rozdíl od předchozích dvou reakcí je tato katalyzována kyselinami. Tato reakce je významná pouze pokud není přítomen urychlovač reakce. V menší míře mohou reagovat i hydroxylové skupiny s epoxidovými skupinami. [7, 15, 18]

Vytvrzování probíhá za teploty 100 až 200 °C a může probíhat i několik hodin. Pro vytvrzování jsou použity různé typy anhydridů, tuhé i kapalné. Aromatické anhydridy jsou zpravidla tuhé látky, používají se ve formulacích práškových barev. Alicyklické anhydridy jsou nejběžnějšími tužidly pro epoxidové pryskyřice na bázi anhydridů karboxylových kyselin. Většina běžně používaných anhydridů spadá právě do této kategorie, například anhydrid kyseliny ftalové, anhydrid kyseliny tetrahydroftalové, anhydrid kyseliny hexahydroftalové a methylnadic anhydrid. Alifatické anhydridy polykarboxylových kyselin vykazují vynikající pružnost a odolnost proti tepelným šokům, jsou používány jak samostatně, tak v kombinaci s jinými anhydridy v práškových barvách i licích pryskyřicích. [7, 18]

### 2.3.5 Vodou ředitelné epoxidové pryskyřice

Dvousložkové systémy epoxidových pryskyřic jsou používány v širokém spektru průmyslových aplikací. Většina těchto pryskyřic byla původně ředěna organickými rozpouštědly, která jsou škodlivá jak pro životní prostředí, tak pro lidské zdraví. [19] Světové požadavky na ekologickou a zdravotní nezávadnost, udržitelnost, bezpečnost a cenu kladou vysoké nároky na průmysl nátěrových hmot. Pro splnění náročných, leckdy protichůdných požadavků jako jsou systémy s nízkým obsahem těkavých látek (VOC) a vysokou tvrdostí filmů nebo bezrozpouštědlové systémy s dobrou adhezí, probíhá v posledních desítkách let vývoj

alternativních technologií nátěrových systémů. [20] Jako odpověď na enviromentální požadavky byly vyvinuty technologie epoxidových systémů, uplatněné zvláště v oboru nátěrových hmot, kde umožňují kromě redukce znečištění životního prostředí, snižovat nebezpečí požáru a zlepšují bezpečnostní a zdravotní aspekty profese.

Jedná se o technologické typy epoxidových pryskyřic, jakožto nátěrové hmoty s vysokým obsahem pevných částic, vodou ředitelné nátěrové hmoty, bezrozpouštědlové nátěrové hmoty a nátěrové hmoty vytvrzované UV.

Každá z těchto ekologicky šetrných alternativ k rozpouštědlovým systémům našla své místo uplatnění v průmyslu, kde uspokojila aplikační a výkonnostní požadavky koncových uživatelů. Ačkoliv někteří mohou považovat současnou fázi těchto pryskyřic již za vyspělou, vývoj těchto systémů stále pokračuje, zejména u vodou ředitelných epoxidových pryskyřic. Teplem vytvrzované laky na bázi vodou ředitelných epoxidových pryskyřic v katodických elektrolytických základových nátěrech automobilového průmyslu a vodou ředitelné epoxy/akrylátové pryskyřice používané u kontejnerů a plechovek zajišťují významné postavení na trhu. [21, 22]

Vodné koloidní disperze epoxidových pryskyřic v kombinaci s vodou ředitelným tvrdidlem jako jsou polyaminoamidy a adukty epoxidových pryskyřic představují nejmodernější technologii v oboru vodou ředitelných epoxidů. Porovnání výkonosti dnes vyráběných vodou ředitelných epoxidových pryskyřic s jejich konvenčními rozpouštědlovými prostředky je však stále diskutabilní, jmenovitě doba životnosti, chemická odolnost a horší ochranné vlastnosti. Přesto patří epoxidové systémy ředitelné vodou mezi nejvýhodnější třídu nátěrových hmot, poskytují nadstandardní dekorativní, mechanické i ochranné vlastnosti v kombinaci s nehořlavostí a netoxičností. Horší povětrnostní odolnosti nebo jiné neduhy těchto nátěrových hmot lze alespoň částečně překonat jejich kombinací s jinými vhodnými filmtvornými pryskyřicemi. [23]

Existují dvě fundamentální technologie výroby vodou ředitelných epoxidových nátěrů. První metodou je takzvaná „sebe-emulgační technologie“ během které je jednou složkou tekutá epoxidová pryskyřice a druhou složkou je vodou ředitelné tvrdidlo. Druhou metodu představuje „emulzní technologie“, ve které tvoří jednu složku předpřipravená emulze tekuté nebo častěji tuhé polyfunkční epoxidové pryskyřice a druhou složkou tvoří vodou ředitelné tvrdidlo. [23]

### 2.3.6 Vývoj vodou ředitelných epoxidových pryskyřic a jejich rozdělení

Emulze a disperze epoxidových pryskyřic ve vodném prostředí mají obdobný způsob výroby. Technologie a postupy výroby vodou ředitelných epoxidových pryskyřic se odvíjely od znalostí emulzní polymerace. [21] První generací vodou ředitelných systémů, značenou jako „Type I“, představuje tekutá epoxidová pryskyřice, často ředěná monoepoxidovým ředidlem pro snížení viskozity. Dále s přidavkem vhodných povrchově aktivních látek s vhodnou hydrofilní/lipofilní povahou, zajišťujících snadnou emulgovatelnost ve vodě a vznik stabilní emulze oleje ve vodném prostředí. [24] Pryskyřice první generace tvoří povlaky s relativně hydrofilní povahou, kvůli použití povrchově aktivních látek a vodou ředitelných aminových tvrdidel. Proto neposkytují dobrou korozní odolnost při aplikaci na kovový podklad. Druhou generací vodou ředitelných pryskyřic, značenou jako „Type II“, jsou disperze pevných epoxidových pryskyřic ve vodném prostředí. Tvrdidla pro systémy druhého typu bývají amfifilní a již neslouží k emulgaci pevné pryskyřice. Tyto pryskyřice mají vlivem vyšší molekulové hmotnosti pevných pryskyřic vyšší viskozitu a mají kratší dobu zpracovatelnosti oproti první generaci, nabízejí však lepší adhezi a mechanickou odolnost. Třetí generace „Type III“ se skládá ze směsi buďto kapalné nebo pevné epoxidové pryskyřice spolu s akrylátovou disperzí s karboxylovými funkčními skupinami. [21, 24] Tento systém disponuje lepší povětrnostní odolností, korozní odolností a dalšími vlastnostmi. Vodou ředitelné systémy čtvrté generace „Type IV“ jsou kapalné nebo vodné disperze pryskyřic vytvrzované aminovými disperzemi poskytujícími rychlé vytvrzení, dobrou adhezi a korozní odolnost. Ani jedné z prvních čtyř generací vodou ředitelných epoxidových pryskyřic se nepodařilo propůjčit povlakům antikorozi vlastnosti srovnatelné s jejich rozpouštědlovými protějšky. Pátá generace „Type V“ využívá standartní tuhou disperzi epoxidové pryskyřice vytvrzovanou disperzí hydrofobního aminového aduktu. Obě složky využívají povrchově aktivní látky, které jsou předem zreagované na epoxidové a aminové složce. Pátá generace tvoří filmy se srovnatelnými vlastnostmi rozpouštědlových protějšků epoxidových pryskyřic. [21, 25]

**Tabulka 1** Generace vodou ředitelných epoxidových pryskyřic

Generace	Forma pryskyřice	Forma tvrdidla
<i>Type I</i>	Kapalná, nebo kapalná emulze	Vodou ředitelné aminy
<i>Type II</i>	Disperze pevných částic	Vodou ředitelné aminy
<i>Type III</i>	Kapalná emulze, nebo pevná disperze	Akrylátová disperze
<i>Type IV</i>	Kapalná emulze	Disperze aminů
<i>Type V</i>	Disperze pevných částic	Disperze aminů

## 2.4 Aditiva pro vodou ředitelné nátěrové hmoty

Při formulaci nátěrových hmot se předpokládá, že cílové vlastnosti systému budou dosaženy pomocí vhodných filmotvorných látek nebo použitím lepších pigmentů. Pokud to není možné, z ekonomických nebo kvalitativních důvodů, dalším krokem je použití aditiv. Je potřeba poznamenat důležitost správného dávkování aditiv, vzhledem k nepatrným množstvím, ve kterém jsou přidávány. [26] Správná volba funkčních aditiv vyžaduje dobrou znalost jejich interakce s jinými aditivy, pigmenty, kompatibility s pojivem, podkladem a jejich vliv na adhezní vlastnosti. Různá aditiva mohou reagovat s vodou ředitelným nátěrovým systémem různými způsoby a mohou ovlivňovat také antikorozi vlastnosti těchto systémů. [27] Aditiva pro nátěrové hmoty mohou být dělena podle různých kritérií. Navzdory často multifunkčnímu efektu byly přijaty různé klasifikace přísad podle zamýšleného použití. [26]

Při optimalizaci nátěrové hmoty pomocí aditiv je výchozím bodem ovlivnění reologických vlastností a fyzikálních jevů na rozhraní pevného podílu (pigmentů, plniv) a kapalného pojiva. Reologické vlastnosti ovlivňují schopnost pronikání do dutin aglomerátů a umožňují modifikaci smykových sil, které jsou přenášeny na pigmenty v dispergátoru. Schopnost ovlivňovat tokové vlastnosti má rozhodující význam při zpracování nátěrové hmoty a následné tvorbě filmu. [26]

### 2.4.1 Smáčedla

Dispergovatelnost pigmentů a plniv je závislá z velké části na smáčecích vlastnostech daného pojiva. Smáčení neboli rychlost, s jakou je vytěsňován adsorbovaný vzduch a vlhkost z povrchu částic pigmentů a plniv je závislá na mezipovrchovém napětí, které existuje na rozhraní mezi pevnými pigmenty, plnivy a kapalným pojivem. Přídavkem povrchově aktivních látek, například tenzidů, lze usnadnit a urychlit proces dispergace, jelikož povrchově aktivní látky významně snižují mezipovrchové napětí, čímž urychlují proces smáčení pigmentů a plniv a podporují smáčení aglomerátů. [28] Výběr vhodného smáčedla neboli dispersantu a jeho množství představuje jednu z kritických částí formulace nátěrových hmot. [29]

### 2.4.2 Odpěňovače

Pěna je v oboru nátěrových hmot definována jako jemně rozptýlený plyn, obvykle vzduch v kapalině. Tvorba pěny je vždy nežádoucí. Pěna může vznikat již při přípravě nátěrových hmot nebo při vylévání nátěrových hmot z dispergačních nádob či při aplikaci nátěrového filmu. Problém pěny nejsou pouze estetické, optické vady na nátěrovém filmu, ale především snížení ochranné funkce povlaku. Pro systémy ředitelné vodou lze odpěňovače

rozdělit do dvou skupin, odpěňovací minerální oleje a silikonové odpěňovače. [28] Odpěňovač ve formě drobných kapiček nebo pevných částic musí vstoupit do pěnové lamely, proniknout tenzidovým filmem a zároveň jej destabilizovat. Odpěňovače musejí vytvářet nehomogenity v povrchovém napětí pěnových lamel a tím pěnu destabilizovat. [26]

### **2.4.3 Odvzdušňovače**

Odvzdušňovače jsou aditiva zvyšující rychlost stoupání inkluzí bublin z nátěrové hmoty. Zapracování vzduchu během míchání a dispergace nebo uvolnění malého množství vzduchu z aglomerátů pigmentů a plniv vede ke vzniku bublin v nátěrové hmotě. V případě, že vzniklé bubliny jsou příliš malé, aby mohly uniknout z nátěrové hmoty a zůstanou začleněny v systému, dochází ke vzniku kráterů ve výsledném nátěrovém filmu. Za účelem vymýcení těchto povrchových vad filmů jsou do formulací nátěrových hmot přidávány odvzdušňovače. [26]

### **2.4.4 Antisedimentační aditiva**

Častým neduhem nátěrových hmot je sedimentace pigmentů a plniv při jejich skladování, což negativně ovlivňuje funkční a užitné vlastnosti připravených nátěrů. Hlavní příčinou sedimentace je vyšší měrná hmotnost pigmentů a plniv oproti pojivu. [28] Sedimentace v nátěrové hmotě je funkcí gravitačního pole, různých hustot a viskozity nátěrové hmoty. Existují dva odlišné způsoby, jak zabránit usazování pigmentů. Inhibitory mohou stabilizovat pigmenty a zvyšovat viskozitu nátěrové hmoty, tím snižovat tendenci k sedimentaci, vznik vnitřní viskozity a koloidně tixotropického efektu je vhodným řešením pro zamezení usazování. [26] Metoda řízené flokace pigmentů představuje druhý způsob, kde aditiva ovlivňují stupeň flokace pigmentů. Společným znakem těchto metod je jejich schopnost navození neneutonského chování nátěrových hmot. [15, 28]

### **2.4.5 Záhustky**

Záhustky jsou aditivity používanými k dosažení požadovaných reologických vlastností formulovaného systému, jsou tedy reologickými aditivy. Na reologické vlastnosti nátěrových hmot jsou kladeny značné požadavky, obzvláště s rozvojem vodou ředitelných nátěrových hmot silně stoupá spotřeba aditiv modifikujících technologické vlastnosti nátěrových hmot. [28] Záhustky ovlivňují dispergovatelnost pigmentů, rozliv a roztírání nátěrových hmot a také sedimentaci pigmentů a plniv při skladování. [15]

### 2.4.6 Promotory adheze

U nátěrových hmot je adhezní síla definována jako odolnost povlaku proti mechanickému oddělení od podkladu. Jedním ze způsobů, jak zlepšit adhezi nátěrového filmu je použití adhezních promotorů, tento termín zahrnuje všechny látky zlepšující adhezní vlastnosti. Adheze povlaku je způsobena fyzikálně a chemicky indukovanými intermolekulárními interakcemi na rozhraní mezi podkladem a filmem. Důležitou roli hraje drsnost povrchu a jeho smáčení. [15]

## 2.5 Inhibitory koroze

Inhibitory koroze jsou látky bránící korozi nebo snižující rychlost koroze pomocí různých mechanismů, aby bylo docíleno prodloužení životnosti materiálu. Jsou přidávány do disperzí v malých koncentracích, aniž by podstatně měnili koncentraci jakékoliv jiné složky. Často jsou inhibitory koroze nejefektivnějším způsobem regulace či prevence koroze obzvláště s ohledem na přijatelnou cenu díky použití méně nákladných látek pro korozním prostředí. [30] Použití inhibitorů koroze je v dnešní době považováno za jednu z nejlepších metod ochrany kovů vůči korozním projevům v různých korozních prostředích používanou v praxi. [31] Inhibitory koroze regulují korozi buďto vytvořením vrstvy – bariéry nebo zpomalením katodického či anodického nebo obou korozních procesů a také zvýšením elektrického odporu kovového podkladu. Inhibitory nabízejí výhodu snadné aplikace, aniž by zapříčinili jakékoli narušení procesu výroby. [32]

### 2.5.1 Rozdělení inhibitorů koroze

Jelikož je často vyjádření rozhodujícího vlivu na korozní reakci složité určit i u jedné látky, existují celé řady klasifikací inhibitorů koroze podle různých autorů, kteří se pokoušejí vyjádřit základní vlivy těchto aditiv. Nejčastěji je užíváno rozdělení inhibitorů koroze do tří skupin podle mechanismu působení, chemického složení a oblasti použití. [32, 33]

### 2.5.2 Dělení inhibitorů podle mechanismu

Podle mechanismu můžeme dále inhibitory dělit na inhibitory koroze založené na elektrodoovém principu sice katodické, anodické, nebo smíšené. Dále na precipitační inhibitory srážení a těkavé inhibitory. [33]



Anodické inhibitory, často nazývány pasivačními inhibitory, posouvají korozní potenciál do katodického směru pomocí zvýšení anodické polarizace. Inhibitory vytvářejí spolu s kovovým iontem málo rozpustné sloučeniny potlačující korozní reakce na anodě. Jsou absorbovány na povrchu kovů, kde vytvářejí bariéru nebo ochranný film. Do této skupiny inhibitorů se řadí chromany, fosforečnany, wolframany a další ionty přechodných prvků s vysokým obsahem kyslíku. Působením těchto inhibitorů dochází často i k alkalizaci korozního prostředí. Existují dva typy pasivačních inhibitorů, neoxidující ionty jako jsou fosforečnany, wolframany a molybdenany, které vyžadují pro pasivaci kovového podkladu přítomnost kyslíku a oxidující anionty jako chromany, dusitany, dusičnany, které mohou pasivovat kovový podklad i v nepřítomnosti kyslíku. Pokud koncentrace anodického inhibitoru klesne pod minimální limity, může docházet k důlkové korozi a obecně k urychlení koroze jako takové. T těchto důvodů jsou anodické inhibitory považovány za nebezpečné a je nutné monitorovat koncentraci inhibitoru. [33, 34, 35]

Katodické inhibitory obecně snižují korozi zpomalením rychlosti redukce elektrochemického korozního článku. Tyto inhibitory posouvají korozní potenciál ve směru anodické oblasti, kationty migrující k povrchu katody jsou vysráženy na katodě, čímž blokují povrch katodické oblasti. Katodické inhibitory mohou poskytovat inhibiční účinek korozní reakce pomocí tří různých mechanismů. Katodické jedy zabraňují rekombinaci vodíku, čímž potlačují proces redukce, avšak zvyšují tím tendenci kovu k vodíkovému křehnutí. Katodické sraženiny, jak jejich název vypovídá, jsou vysráženy na povrchu jako oxidy, čímž vytvářejí ochranou vrstvu působící jako bariéru, jedná se například o sloučeniny vápníku a hořčíku. Zachycovače kyslíku odstraňují přítomný kyslík ze systému. Odstranění kyslíku z korozního prostředí významně snižuje rychlost koroze. Odstranění kyslíku lze docílit použitím lapačů kyslíku jako je siřičitan sodný, nebo hydrazin, které kyslík odstraní pomocí reakce v roztoku. Odvzdušnění vakuem nebo varem také dosáhneme snížení koncentrace rozpuštěného kyslíku. [33, 34]

Smíšené inhibitory jsou takové inhibitory, které nelze jednoznačně zařadit mezi anodické nebo katodické. Tyto inhibitory zpomalují jak anodické, tak katodické procesy, z toho plyne jejich název – smíšené. Zpravidla se jedná o filmotvorné sloučeniny, které nepřímo blokují anodická i katodická místa tvorbou sraženin na povrchu kovu. Co se bezpečnosti těchto inhibitorů týče, v porovnání s anodickými inhibitory nepředstavují takové riziko, při jejich použití nemusí dojít ke zvýšení intenzity, respektive rychlosti koroze jako u anodických inhibitorů. [33, 34]

Precipitační inhibitory neboli inhibitory srážecí vytvářejí film na povrchu kovu s obecným účinkem, nepřímo tak blokují jak anodické, tak katodické oblasti. Ochranný film je tvořen na povrchu kovu tvorbou sraženin, zajišťující regulaci koroze snížením permeability. Mezi nejběžnější inhibitory z této kategorie patří křemičitany a fosforečnany. [33, 34]

Těkavé inhibitory, také nazývané inhibitory plynné fáze, jsou sloučeniny nanášené těkáním ze zdroje. Patří mezi ně například hydrazin, soli dicyklohexylaminu, cyklohexylaminu a hexamethylenaminu. Pára přichází do styku s povrchem kovu a dochází ke kondenzaci a adsorpci inhibitoru, dále je pomocí jakékoliv vlhkosti hydrolyzována, čímž dochází k uvolnění ochranných iontů s vlastnostmi inhibující korozi. [33, 34]

### 2.5.3 Dělení dle chemického složení

Anorganické inhibitory, obvykle krystalické soli, jako je chroman sodný, fosfáty nebo molybdenan. Lze je dělit na katodické a anodické. Na snížení rychlosti koroze kovů se podílejí pouze anionty těchto sloučenin. Výjimkou je použití zinku, kde i kationt zinku může pozitivně přispět k inhibici koroze. Hojně jsou využívány alkalické křemičitany, fosforečnany a chromany. [33, 36]

Organické inhibitoru můžeme dále dělit na kationtové a aniontové. Organické inhibitory koroze dnes již nepředstavují žádnou novinku, obzvláště však až v posledních letech vzrůstá četnost jejich použití, zejména u vodou ředitelných nátěrových hmot. S ohledem na ekologické požadavky je trendem dnešní doby výzkum a tvorba nových organických inhibitorů koroze splňující enviromentální nařízení a disponující dobrými inhibičními vlastnostmi. [33, 36]

### 2.5.4 Dělení dle oblasti použití

Pro kyselé prostředí lze jako inhibitor koroze využít širokou škálu látek, například halogenidové ionty a mnoho organických sloučenin, zvláště ty, které obsahují prvky V. a VI. skupiny periodické tabulky (dusík, fosfor, arsen, kyslík, síru a selen). Také organické sloučeniny obsahující vícenásobné vazby jsou účinnými inhibitory koroze. Zpomalení koroze za pomoci inhibitorů v kyselých roztocích probíhá v několika krocích, v prvním kroku je inhibitor adsorbován na povrchu kovu, který je obvykle v kyselých roztocích bez oxidů. Následně adsorbovaný inhibitor reguluje katodické nebo anodické elektrochemické korozní procesy. Přiřazení jediného obecného mechanismu, kterým inhibitor ovlivňuje korozi často není možné. Jelikož mechanismus inhibice se může měnit s experimentálními podmínkami nebo mohou inhibitory interagovat s kovy, čímž mohou ovlivnit korozní reakce mnoha dalšími způsoby, některé z nich se navíc mohou vyskytovat i současně. Koncentrace či pH kyseliny

také ovlivňují působení inhibitoru. Převládající mechanismus je tedy ovlivněn celou řadou faktorů. [33, 34, 37]

V neutrálním prostředí je koroze oproti kyselému prostředí odlišná hlavně ve dvou důležitých aspektech. Zatímco v kyselém prostředí je u roztoků nasycených vzduchem hlavní katodickou reakcí vývoj vodíku, v neutrální prostředí je to redukce rozpuštěného kyslíku. V kyselých roztocích neobsahují povrchy korodujících kovů oxidy, v neutrálním prostředí je povrch kovu pokryt filmy oxidů, hydroxidů, nebo solí, vlivem snížené rozpustnosti. Z těchto důvodů inhibitory koroze pro kyselá prostředí, které potlačují korozi adsorpcí na povrchu kovu bez přítomnosti oxidů obecně neinhibují korozi v neutrálním prostředí. Typické látky potlačující korozi v téměř neutrálním prostředí jsou anionty slabých kyselin, například chromany, dusitany, benzoáty, křemičitany, fosforečnany a boritany jsou v praxi nejvyužívanějšími anionty. Pasivační vrstvy oxidů na povrchu kovů poskytují vysokou odolnost proti difuzi kovových iontů a inhibují anodické reakce. Často se tyto inhibiční anionty označují jako anodické inhibitory a v praxi jsou využívány častěji nežli inhibitory katodické. [33, 34, 37]

Pro inhibici atmosférické koroze představují též zajímavé inhibitory ekonomicky výhodný a účinný nástroj. Podmínkou účinné inhibice koroze je schopnost inhibitoru dosáhnout povrchu kovu, který má být chráněn. Rychlost přenosu molekuly by neměla být přespříliš pomalá, aby nedošlo k napadení povrchu kovu agresivním prostředím dříve, než může začít působit mechanismus regulace koroze působením inhibitoru. [33, 34, 37]

### **2.5.5 Inhibitory koroze na bázi křemičitanů – vodní skla**

Rozpustné silikáty a křemičitany jsou ekonomicky výhodné, efektivní a ekologicky nezávadné látky, které jsou více jak 70 let používány pro ochranu kovů před korozivními účinky vody. Jsou klasifikovány jako korozní inhibitory, jelikož mohou pokrýt povrchy různých kovů ochranným filmem, který izoluje kov před jakýmkoliv dalším korozivním napadením a také zvyšují pH systému, což může pomoci regulovat korozi. [38]

Typickým příkladem inhibitorů koroze na bázi křemičitanů jsou roztoky alkalických křemičitanů, často označované jako „vodní sklo“. Termín „tekuté sklo“ je velmi široký a zahrnuje pod sebe roztoky alkalických křemičitanů bez ohledu na druh kationtu, koncentraci křemičitanů, způsob přípravy nebo polymerní strukturu těchto roztoků. Alkalické křemičitany můžeme dělit podle kationtu. Nejčastěji se setkáme s vodním sklem draselným, sodným a lithným. Vodní skla patří do skupiny koloidních systémů, což jsou disperzní systémy

s velikostí disperzní částice v rozmezí  $10^{-9} \text{ m} < d < 10^{-6} \text{ m}$ , částice jsou menší než průměrná vlnová délka světla, ale větší než velikost průměrných molekul. Rozměry částic vodních skel se pohybují mezi 1 až 500 nm. Složení vodních skel je nejčastěji charakterizováno pomocí křemičitého modulu  $M$ , jedná se o molární poměr  $\text{SiO}_2 / \text{M}_2\text{O}$ , kde  $M$  je kationt  $\text{K}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Li}$  nebo organické báze. Hodnota křemičitého modulu se u běžně vyráběných typů vodních skel pohybuje v rozmezí 2,0 – 3,7. Sekundárními charakteristikami vodních skel jsou dále obsah  $\text{SiO}_2$  a  $\text{M}_2\text{O}$  vyjádřený pomocí hmotnostních procent, obsah nečistot, pH a hustota vodního skla. Zájem o alkalické křemičitan v současné době vzrůstá v souvislosti s jejich širokým uplatněním, ekologickou nezávadností, cenou, dostupností, vysokou adhezí a nehořlavostí. Vodní skla nacházejí uplatnění ve stavebních materiálech, ve výrobě keramiky, jako pojiva, ve výrobě anorganických kompozitů, v nátěrových hmotách a ve vodních systémech. [39, 40]

### 2.5.6 Výroba vodních skel

Tavící proces výroby rozpustných alkalických křemičitanů spočívá v roztavení sklářského písku neboli oxidu křemičitého při teplotě 1400 až 1600 °C za pomoci tavidel, která snižují potřebnou teplotu pro roztavení oxidu křemičitého. Jako tavidla jsou používány alkalické soli, nejčastěji uhličitan sodný nebo draselný (v závislosti na požadované výrobě). Následuje prudké ochlazení roztavené skloviny, které způsobuje rozpraskání skloviny na malé části, což usnadňuje následné rozpouštění. Rozpouštění vzniklé skloviny ve vodě, za vzniku vodního skla probíhá za pomoci hydroxidu draselného, nebo sodného, teploty a tlaku. Výroba je v průmyslu prováděna ve stacionárních nebo rotačních autoklávech za zvýšené teploty a tlaku. Výroba se dnes příliš neliší od postupu objeveného v roce 1818 von Fuchsem. [40, 41]

Alternativním technologickým postupem výroby vodních skel je hydrotermální proces. Tato metoda zahrnuje přímé rozpouštění křemičitého písku reakcí oxidu křemičitého s vysoce alkalickým roztokem hydroxidu draselného, případně sodného. Koncentrace hydroxidů se pohybují v rozmezí 30-50 hmotnostních %. Rozpouštění je provedeno za zvýšeného tlaku vodní parou. Výroba probíhá v míchaných speciálně upravených vertikálních autoklávech, odolných vůči působení silných roztoků alkálií. [40]

Lithná vodní skla nelze vyrábět obdobným technologickým způsobem jako skla draselná či sodná. Lithné křemičitan v jsou nejčastěji vyráběny reakcí amorfního oxidu křemičitého různého původu s hydroxidem lithným pomocí přímé syntézy. Základní surovinou pro výrobu lithného vodního skla je sodné vodní sklo, které je naředěno destilovanou vodou na požadovanou koncentraci  $\text{SiO}_2$ . Následně je roztok dealkalizován pomocí iontoměniče.

Kyselý roztok je dále upravován pomocí stabilizačních přísad za opětovného zvýšení pH. Dále je roztok zahuštěn a probíhá reakce s hydroxidem lithným za zvýšené teploty, která nesmí překročit 60 °C, aby nedošlo ke vzniku gelu. [40]

## 2.6 Pigmenty

Za pigmenty jsou považovány látky s vybarvovací a krycí schopností, případně s jinými různými speciálními vlastnostmi. Pigmenty nejsou využívány pouze v průmyslu nátěrových hmot, ale také v gumárenském průmyslu, při výrobě plastů, v metalurgii, keramice, stavebním průmyslu a dalších oborech. Pigment dispergovaný v pojivu představuje heterogenní směs – disperzní směs. Velikost částic pigmentu – disperzního podílu se dále může značně lišit. Dle složení lze pigmenty dělit na anorganické a organické, přičemž v průmyslu jsou anorganické pigmenty z hlediska spotřeby i výroby významnější. Kvalita pigmentů je ovlivněna jejich chemickými, technologickými a fyzikálně-optickými vlastnostmi, u speciálních pigmentů poté i jejich speciální vlastnosti. [42]

Krycí schopnost a barevnost jsou nejdůležitějšími fyzikálně-optickými vlastnostmi pigmentů. Krycí schopnost představuje vlastnost pigmentu zabránit průchodu světla prostředím. Zamezení průchodu světla může být docíleno absorpcí nebo rozptylem světla dopadajícího na částice pigmentu. Bílé pigmenty se vyznačují vyšším rozptylem, černé naopak vyšší absorpcí světla. Barevné pigmenty pak absorbují pouze určité vlnové délky viditelného záření. Index lomu, velikost a tvar částic jsou dalšími důležitými vlastnostmi ovlivňující kryvost pigmentu či barevný odstín. Tvar částic také ovlivňuje bariérový efekt nátěrového filmu, kdy je lamelární a jehlicovitý tvar částic daleko efektivnější nežli sférický tvar částic. [42, 43, 44]

Chemické složení také výrazně ovlivňuje kvalitu pigmentů a jejich vlastnosti. Každý pigment disponuje charakteristickými vlastnostmi, kterými se vyznačuje. Tyto vlastnosti jsou ovlivňovány krystalickou strukturou a chemickou čistotou. Ovlivněna je především barevnost pigmentů. Chemická reaktivita také zásadně ovlivňuje chování pigmentů, může mít za následek reakci zásaditých pigmentů s kyselými složkami pojiva a tím tvorbu mýdel, která způsobuje zhoustnutí systému a rychlejší zasychání, které může, avšak i nemusí být žádoucí. Chemická reaktivita podmiňuje také možnost mísení pigmentů a jejich použitelnost pro dané prostředí. [42, 43, 44]

### 2.6.1 Antikoroziční pigmenty

Antikoroziční pigmenty jsou skupinou funkčních pigmentů, které po přidání do disperze, díky svým specifickým vlastnostem působí různými mechanismy na prodloužení životnosti kovového podkladu. Tato definice je velice obecná, avšak přesněji antikoroziční pigmenty ani definovat nelze, vždy je potřeba brát zřetel na mechanismus, kterým antikoroziční pigmenty inhibují rychlost koroze. [3] Podle staršího dělení lze antikoroziční pigmenty dělit do dvou základních skupin. První skupinou jsou pigmenty toxické, na bázi šestimocného chromu a olovnaté pigmenty. Druhou skupinu představují pigmenty netoxické, fyziologicky nezávadné, patří mezi ně fosforečnany, křemičitany, molybdenany, boritany a oxidy kovů. [42, 45]

Sloučeniny na bázi šestimocného chromu a olova jsou efektivní, tradiční antikoroziční pigmenty. Kvůli jejich toxicitě a environmentální závadnosti jsou dnes, i přes svou účinnost, zakázány. Proto je kladen velký důraz na výzkum fyziologicky a ekologicky nezávadných pigmentů. Fosforečnan zinečnatý představuje jeden z nejstarších netoxických a účinných pigmentů. V dnešní době je již známo mnoho netoxických pigmentů, které však svou účinností nedosahují kvalit, jaké vykazovaly toxické pigmenty. [46, 47]

### 2.6.2 Suřík

Suřík, tetraoxid diolovnatu-olovičitý, orthoolovičitan olovnatý, nebo také minium, sumárně psaný  $Pb_3O_4$  je typickým zástupcem antikorozičních pigmentů na bázi olova. V minulosti patřil k nejlepším antikorozičním pigmentům. Jeho význam však v posledních letech rapidně poklesl především z důvodů toxicity olova a jeho sloučenin, uplatnění ale stále nachází převážně ve sklářském průmyslu. V čisté podobě má suřík nejčastěji cihlově červenou barvu. Suřík byl vždy přednostně využíván pro pigmentaci základních nátěrových hmot, nejlepší antikoroziční účinnosti dosahoval v kombinaci s olejovými nátěrovými hmotami. Antikoroziční účinnost tohoto pigmentu je založena na jeho reakci s pojivy obsahujícími kyselou funkční skupinu za vzniku olovnatých mýdel, která zvyšují pevnost, přilnavost a odolnost povlaku vůči vodě. Suřík také působí jako katodický inhibitor koroze, kdy reakcí olovnatých iontů s ionty hydroxylovými vzniká hydroxid olovnatý pokrývající katodickou oblast koroze. Suřík také působí jako chemický filtr, kdy brání pronikání promotorů koroze, jako jsou kyselina chlorovodíková nebo oxid siřičitý, ke kovovému podkladu jejich vázáním do formy nerozpustných sloučenin. Mezi jeho nevýhody, kromě toxicity, patří vysoká měrná hmotnost a nízká odolnost vůči oxidu uhličitému a sulfanu. Proto byly suříkové ochranné filmy opatřovány ještě vrchním ochranným nátěrem. [42]

## 2.7 Plniva

Primárním cílem plniv je dosažení požadované objemové koncentrace pevných látek v systému. Optimalizace či dosažení specifických vlastností daného systému je pak sekundárním cílem. Plniva jsou do formulací přidávány také za účelem snížení ceny. Jelikož plniva jsou oproti pigmentům cenově výhodnější, jejich použití učiní výsledný systém levnějším. Cena plniv je zásadně ovlivněna velikostí jejich částic. Plniva mohou být také využita za účelem zvýšení, nebo snížení hustoty systémů. Jejich optické vlastnosti se odvíjejí od fyzických charakteristik jednotlivých plniv a zbylých látek v systému. Nejdůležitější hodnotu představuje relativní index lomu, který je u plniv většinou nižší než 1,7. Podle toho, jak se shodují indexy lomu plniva a dalších hlavních složek systému, jako jsou pigmenty a disperzní prostředí, můžeme získat čiré, nebo neprůhledné filmy či materiály. Absorpce světelného záření nepolymerní složkou v systému také značně ovlivňuje odolnost systému vůči působení UV záření. Oproti vlastnostem pigmentů jsou plniva odlišná kryvostí, jelikož pigmenty vykazují vyšší kryvost. U některých látek však dochází ke splývání významů plniva a pigmentu, jelikož v některých prostředích mohou být i plniva dostatečně kryvá. Plniva mají uplatnění v různých oborech, nejčastěji jsou aplikovány v systémech nátěrových hmot, pryží, plastů a stavebních hmot. Funkční plniva představují speciální skupinu plniv, která nejen upravují technologické a užitné vlastnosti systému, ale také vytvářejí vlastnosti nové. [42, 48]

### 2.7.1 Mastek

Mastek, talek, křemičitan hořečnatý  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$  je lamelární plnivo bílé barvy. Je velmi měkký, hydrofobní a odolný vůči kyselinám. Mastek disponuje nízkou elektrickou vodivostí a vysokou kryvostí. Složení talku se může lišit v závislosti na jeho zdroji, ve vzorci mohou být například přítomny  $Mg^{2+}$  a  $Fe^{2+/3+}$  ionty. V nátěrových hmotách talek zlepšuje přilnavost, pevnost v ohybu a další mechanické vlastnosti, pozitivně ovlivňuje také slévavost a tendenci pigmentů a jiných plniv sedimentovat. Mastek má vysokou krycí schopnost, matující efekt a dodává saténový lesk. Využití v oblasti průmyslu nátěrových hmot nachází mnoho typů talku, převážná většina se vyznačuje značným měrným povrchem, vysokou spotřebou oleje a zlepšením technologických vlastností jak filmů, tak nátěrových hmot obecně. Díky morfologii své struktury poskytuje mastek filmy s nízkou propustností vody, díky čemuž jej lze zařadit mezi funkční plniva s bariérovým efektem. Jeho lamelární částice zaujímají ve filmu souběžnou pozici s podkladem, čímž omezují difuzi kyslíku, vody a dalších promotorů koroze filmem. [42, 43, 48]

### 2.7.2 Plastorit

Plastorit je plnivo na bázi křemičitanů, takzvané tříkomponentní plnivo odvozené z přirozené koalescence částic slídy, chloritu a křemene. Kombinace vlastností těchto minerálů činí z plastoritu cenné plnivo v dekorativních i průmyslových barvách, ceněn je zvláště pro svou odolnost. Slída je elastický minerál s měkkými lamelárními částicemi odrážejícími UV záření a odolnými vůči vysokým teplotám, samostatně jsou těžko dispergovatelné. Chlorit disponuje rovněž lamelární strukturou, jeho částice jsou hydrofobní a rovněž měkké. Křemen poskytuje kubické částice, které usnadňují dispergovatelnost, jsou také odolné vysokým teplotám a jsou relativně tvrdé. [49] Plastorit je plnivo s obecně lamelární strukturou, chemicky inertní s nízkou vodivostí. Použití plastoritu zlepšuje mechanické vlastnosti a aplikaci nátěrových filmů. [50]

### 2.7.3 Wollastonit

Wollastonit, metakřemičitan vápenatý  $\text{CaSiO}_3$ , často obsahuje různé nečistoty, například ve formě příměsí oxidů železa, hořčíku a hliníku. Wollastonit tvoří tenké jehlicovité, nebo paprskovité krystaly bílé barvy. Má nízký obsah vlhkosti, chemicky je inertní a disponuje dobrými elektrickými vlastnostmi a vyhovujícími tepelnými vlastnostmi. Při jeho použití v oblasti nátěrových hmot je kladen důraz na minimální obsah nečistot a jeho vysokou bělost. Má nízkou spotřebu oleje, což umožňuje snížení obsahu pojiva v systému. Díky svým optickým vlastnostem wollastonit také zvýrazňuje a zjasňuje jiné barevné odstíny nátěrových filmů. Jeho jehličkovitá struktura představuje zásadní přednost pro použití ve formulacích nátěrových hmot, kde umožňuje dobrý rozliv nátěrové hmoty a tvorbu suchého filmu stejnoměrné tloušťky. Wollastonit se podobně jako mastek řadí mezi funkční plniva s bariérovým působením. Jeho jehlicovité částice do sebe vzájemně zapadávají, čímž zlepšují odolnost povlaku vůči atmosférickým vlivům, zvyšují odolnost povlaku proti abrazivnímu poškození a pozitivně ovlivňují mechanické vlastnosti filmu. [42, 48]

### 2.7.4 Vápenec

Vápenec, uhličitan vápenatý  $\text{CaCO}_3$  se vyskytuje ve dvou formách, jako kalcit a aragonit, kdy ve formě kalcitu je rozšířenější a stabilnější. Kalcit má rombickou krystalovou mřížku, aragonit poté orthorombickou. Vápenec je nejrozšířenějším bílým plnivem používaným v mnoha oborech a širokém průmyslu. Jeho výhody představují nízká cena, snadná dostupnost, vysoká bělost, snadná mísitelnost s pojivem, nízká hustota, stabilita při vysokých teplotách, nepřítomnost krystalové vody, široký rozsah tříd a netoxičnost. Výroba vápence spočívá v drcení přírodní horniny, avšak lze jej vyrábět i uměle pomocí srážení, přičemž uměle



vyráběný uhličitan vápenatý se od přírodního liší vyšší čistotou, jemnější zrnitostí a uniformnější velikostí částic. V oboru nátěrových hmot je uhličitan vápenatý využíván převážně uměle vyráběný srážením, a to v obou formách, kalcitové i aragonitové. Využívá se ke snížení ceny nátěrové hmoty a zvýšení lesku filmů základních a podkladových nátěrových hmot. Při formulaci nátěrových hmot je vždy potřeba počítat s jeho zásaditým charakterem, a tedy jeho možnou reakcí s kyselými pojivy a pigmenty, které nejsou stálé v zásaditém prostředí. [42, 48]

### 3 Experimentální část

#### 3.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce bylo naformulování nátěrových hmot a následné testování vlastností organických povlaků na bázi vodou ředitelné epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 s obsahem rozpustných alkalických silikátů s různým složením a v různých koncentracích, sice s draselným, sodným a lithným vodním sklem při 0,5; 1 a 1,5 hm. % jakožto inhibitory koroze. Byly naformulovány nátěrové hmoty s obsahem funkčních bariérových plniv mastek (Talc ST 30), tříkomponentní křemičitanové plnivo (Plastorit – Micro), metakřemičitan vápenatý (Wollastonit KS-3) při OKP = 15 %, které byly dále doplněny plnivem vápenec (Omyacarb 5VA) na hodnotu OKP/KOKP = 35. Tyto nátěrové hmoty byly dále doplněny o jednotlivé alkalické křemičitanové plnivo při 0,5; 1 a 1,5 hm. %. Byly připraveny nátěrové hmoty s obsahem antikorozičního pigmentu Minium – Suřík při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na hodnotu OKP/KOKP = 35 pro porovnání korozních vlastností alkalických silikátů. Připravené nátěrové hmoty byly aplikovány na ocelové a skleněné panely. Byly testovány mechanické vlastnosti a odolnost daných organických povlaků. Na skleněných panelech byla měřena tvrdost, odolnost organickým rozpouštědly, lesk a přilnavost. Na ocelových panelech byla testována přilnavost a mechanická odolnost vůči hloubení, úderu a ohybu. V neposlední řadě byla testována antikoroziční účinnost připravených organických povlaků pomocí zrychlených cyklických korozních zkoušek v atmosféře s povšechnou kondenzací, v atmosféře s obsahem neutrální solné mlhy a v atmosféře s obsahem oxidu siřičitého. Všechny výsledky byly zdokumentovány, zpracovány do tabulek a dále diskutovány.

#### 3.2 Testované pojivo a tvrdidlo

##### CHS-EPOXY 200 V 55

<i>Charakterizace:</i>	Vodná disperze nízkomolekulární epoxidové pryskyřice na bázi bisfenolu A a epichlorhydrinu mléčně bílé barvy, ředitelná vodou
<i>Výrobce:</i>	Spolchemie a.s., Ústí nad Labem
<i>Hustota:</i>	1,09 g.cm <sup>-3</sup>
<i>Sušina:</i>	55 %

**Telalit 180**

<i>Charakterizace:</i>	Vodný roztok aduktu epoxidové pryskyřice se směsí aminů transparentní žlutohnědé barvy
<i>Výrobce:</i>	Spolchemie a.s., Ústí nad Labem
<i>Hustota:</i>	1,08 g.cm <sup>-3</sup>
<i>Sušina:</i>	50 %

**3.3 Testované alkalické silikáty****Draselné vodní sklo**

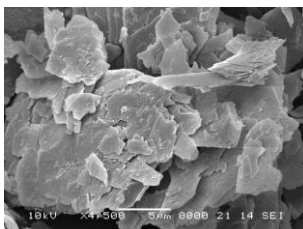
<i>Charakterizace:</i>	Obsah K <sub>2</sub> O – 6,09 %, obsah SiO <sub>2</sub> – 18,39 %
<i>Výrobce:</i>	Výzkumný Ústav Anorganické Chemie (VÚAnCH – UniCRE)
<i>Silikátový modul:</i>	4,75
<i>Hustota:</i>	1,208 g.cm <sup>-3</sup>

**Sodné vodní sklo**

<i>Charakterizace:</i>	Obsah Na <sub>2</sub> O – 14,75 %, obsah SiO <sub>2</sub> – 27,27 %
<i>Výrobce:</i>	OQEMA, s.r.o.
<i>Silikátový modul:</i>	1,91
<i>Hustota:</i>	1,494 g.cm <sup>-3</sup>

**Lithné vodní sklo**

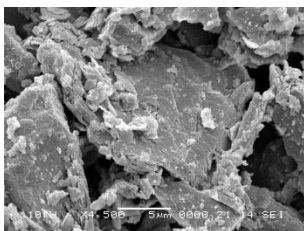
<i>Charakterizace:</i>	Obsah Li <sub>2</sub> O – 2,31 %, obsah SiO <sub>2</sub> – 22,65 %
<i>Výrobce:</i>	SILCHEM spol. s.r.o
<i>Silikátový modul:</i>	5,87
<i>Hustota:</i>	1,204 g.cm <sup>-3</sup>

**3.4 Testovaná plniva a pigmenty****Talc ST 30**

*Charakterizace:* Funkční plnivo na bázi vrstevnatého křemičitanu zlepšující, technologické vlastnosti nátěrových hmot, šedé barvy

<i>Výrobce:</i>	Mínko a.s.
<i>Tvar částic:</i>	Lamelární
<i>Chemický vzorec:</i>	Mg <sub>3</sub> [(OH) <sub>2</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> )]
<i>Označení:</i>	Mastek

### Plastorit – Micro



*Charakterizace:* Tříkomponentní funkční plnivo na bázi směsi křemičitanů, zlepšující technologické vlastnosti nátěrových hmot, bílé-našedlé barvy

*Výrobce:* Kremer Pigmente GmbH & Co. KG

*Tvar částic:* Převážně lamelární

*Chemický vzorec:*  $\text{KAl}_2(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10}) \cdot \text{Mg}_3\text{Al}(\text{OH})_2(\text{AlSi}_4\text{O}_{10}) \cdot \text{SiO}_2$

*Označení:* Plastorit

### Wollastonit KS-3



*Charakterizace:* Funkční plnivo na bázi křemičitanů s izolovanými stavebními jednotkami, zlepšující technologické vlastnosti nátěrových hmot, bílé-lehce nažloutlé barvy

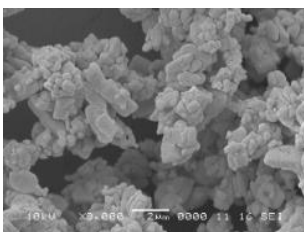
*Výrobce:* Minko a.s.

*Tvar částic:* Jehlicovitý

*Chemický vzorec:*  $\text{CaSiO}_3$  – metakřemičitan vápenatý

*Označení:* Wollastonit

### Minium



*Charakterizace:* Dnes nepoužívaný, toxický, antikorozní pigment

*Výrobce:* Barvy a Laky Hostivař a.s.

*Tvar částic:* Sférický, pravidelný

*Chemický vzorec:*  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  – tetraoxid diolovnatu-olovičitý / orthoolovičitan olovnatý

*Označení:* Suřík

**Omyacarb 5VA**

<i>Charakterizace:</i>	Běžně používané plnivo pro nastavení obsahu pevných částic a sušiny, zlepšující mechanické vlastnosti nátěrových hmot, bílé barvy
<i>Výrobce:</i>	Omya CZ s.r.o.
<i>Tvar částic:</i>	Sférický, pravidelný
<i>Chemický vzorec:</i>	CaCO <sub>3</sub>
<i>Označení:</i>	Vápenec

**3.5 Použité přístroje a zařízení**

Analytické váhy (OHAUS, Švýcarsko), laboratorní předvažovací váhy (Kern & Sohn GmbH, Německo), preddispergační zařízení Power B (Eurostar), dispergační zařízení Dissolver Dispermat (Donventa AG, Švýcarsko), krabicová nanášecí pravítka (úzká i široká) se štěrbinami 250 µm, mechanický tloušťkoměr (BYK GARDNER, Německo), magnetický tloušťkoměr Minitest 1100 (ElektroPhysik, Německo), leskoměr mikro TRI-gloss (Německo), Buchholzův přístroj (BYK Gardner GmbH, Německo), kyvadlo typu Persöz (Belgie), automatický heliový pyknometr Autopyknometr 1340 (Micromeritics, USA), odtrhový přístroj COMTEST OP3P (Coming plus a.s., Praha), přístroj pro zkoušku odolnosti filmu vůči ohybu (Erischen, Německo), přístroj na stanovení odolnosti hloubením (Erichsen, Německo), přístroj na stanovení odolnosti úderem Elcometer K1542 Impact tester (Elcometer Instruments GmbH, Německo), řezací nože pro stanovení přilnavosti Cross cut (Elcometer Instruments GmbH, Německo), sušárna, SO<sub>2</sub> komora KB300A (Liebisch, Německo), kondenzační komora (Kovofiniš, Česká republika) solná komora V400 (Liebisch, Německo), Potenciostat VSP-300 (Biologic, Francie), HI 8424 microcomputer pH meter (Hanna instruments, ČR), Conductometer handylab LF1 (Schott, Německo)

**3.6 Charakterizace fyzikálně-chemických vlastností****3.6.1 Stanovení hustoty plniv a pigmentů**

Hustota pigmentů a plniv v práškovém stavu je důležitá zejména v nátěrových hmotách a tmelech. Stabilita suspenze závisí na rozdílu mezi hustotou pojiva a hustotou pigmentu. [42] Pro zjištění hustoty byl využit automatický plynový pyknometr Autopyknometr 1340. Objem vzorku byl změřen pyknometrem na základě měření vytěsněného plynu (helium) měrným vzorkem. Pomocí tohoto měření autopyknometr vypočetl hustotu vzorku s přesností  $\pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$ . Měření bylo prováděno podle normy ČSN EN ISO 787-11.

### 3.6.2 Stanovení spotřeby oleje

Spotřeba oleje byla stanovena metodou miska – tlouček. Jedná se o absorbované množství lněného oleje za vzniku pasty definovaných vlastností. Stanovení bylo provedeno dle ČSN 67 0351. Na analytických vahách byl na lodičce navážen pigment či plnivo s přesností  $\pm 0,0001$  g. Navážka byla volena tak, aby spotřeba lněného oleje byla přibližně 1 ml. Pigment byl kvantitativně převeden do glazované třecí misky a z byrety byl přidáván lněný olej po jedné kapce. Směs pigmentu a lněného oleje byla po každé kapce roztírána tloučkem. Finální pasta daných vlastností vznikla tehdy, pokud byl veškerý pigment smočený lněným olejem a směs ulpěla na tloučku. Množství spotřebovaného lněného oleje bylo pozorováno z rozdílu objemu v byretě. Měření bylo provedeno třikrát a konečná hodnota byla vyhodnocena aritmetickým průměrem. [28] Tvar a velikost částic pigmentu má zásadní vliv na výsledné hodnoty. Lněný olej byl použit díky nulovému obsahu rozpouštědel. Ale také pro jeho vhodnou viskozitu a zdravotní nezávadnost.

Výpočet olejového čísla:

$$\text{olejové číslo} = \frac{100 \cdot \rho_o \cdot V_o}{m_p} \quad (1)$$

Kde:  $\rho_o$  – hustota lněného oleje [ $0,93 \text{ g.cm}^{-3}$ ],  $V_o$  – spotřeba lněného oleje [ml],  $m_p$  – navážka pigmentu [g]

### 3.6.3 Stanovení kritické objemové koncentrace pigmentu – KOKP

Jedná se o objemovou koncentraci pigmentu, při které se drasticky mění vlastnosti nátěrového filmu. Mezi tyto vlastnosti patří lesk, tvrdost, permeabilita a tvorba puchýřků. KOKP je bezrozměrná hodnota, která ovlivňuje chování celého systému, funkční vlastnosti i vzhled výsledného filmu. Při  $OKP = KOKP$  jsou prostory mezi částicemi pigmentu a plniv právě vyplněny pojivem. Nad hodnotu KOKP, která je vztažena ke každému pigmentu a plnivu zvlášť, nelze pigmentaci zvyšovat.

Výpočet hodnoty KOKP:

$$KOKP = \frac{10\,000}{\frac{100}{\rho_p} + \frac{o.č.}{\rho_o}} \quad (2)$$

Kde:  $KOKP$  – kritická objemová koncentrace pigmentu,  $\rho_p$  – hustota pigmentu [ $\text{g.cm}^{-3}$ ],  $o.č.$  – olejové číslo,  $\rho_o$  – hustota lněného oleje [ $0,93 \text{ g.cm}^{-3}$ ]

### 3.6.4 Stanovení obsahu sušiny

Pro posouzení kvality je důležitá znalost obsahu těkavých látek v produktu. Těkavé látky zahrnují například vlhkost, zbytková rozpouštědla, nebo nízkovroucí sloučeniny. Obsah těkavých složek se stanovuje sušením při laboratorní nebo zvýšené teplotě.

Ze zváženého plechového víčka, vyloženého alobalem, byl navážen vzorek 2–3 g pojiva zjištěn obsah sušiny. Do předehřáté sušárny o teplotě 135 °C bylo vloženo plechové víčko, které se sušilo, dokud vzorek nedosáhl konstantní hmotnosti. Poté bylo víčko se sušinou vyjmuto a vloženo do exikátoru na 30 minut. Následovalo zvážení víčka se sušinou na vahách.

Výpočet obsahu sušiny:

$$S = \frac{c - a}{b - a} \cdot 100 \quad (3)$$

Kde:  $S$  – obsah sušiny [%],  $a$  – hmotnost víčka bez vzorku [g],  $b$  – hmotnost víčka před sušením [g],  $c$  – hmotnost víčka po sušení [g]

## 3.7 Příprava nátěrových hmot

### 3.7.1 Formulace nátěrových hmot

Pomocí počítačového programu „FORMUL“ bylo naformulováno složení modelových nátěrových hmot. Všechny naformulované nátěrové hmoty byly na bázi vodou ředitelného pojiva, sice epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 v 55 tvrzené aduktivním aminovým tužidlem Telalit 180. Byla naformulována řada nátěrových hmot s obsahem 0,5; 1 a 1,5 hmotnostních % pro sodné, draselné a lithné vodní sklo jakožto inhibitory koroze, vždy v kombinaci s jedním z vybraných funkčních bariérových plniv. A sice s mastkem, tříkomponentním plnivem na bázi křemičitanů (Plastorit) a metakřemičitanem vápenatým (Wollastonit) při OKP = 15 %, doplněnými o vápenec na kvocient  $Q = 35$ . Pro porovnání byly dále naformulovány nátěrové hmoty s obsahem antikoroziního pigmentu suříku při OKP = 10 % doplněné o jednotlivá funkční plniva na kvocient  $Q = 35$ . Také byly naformulovány nátěrové hmoty pouze s obsahem vybraných funkčních plnivy pro lepší porovnání změny vlastností připravených povlaků po přidání jednotlivých alkalických silikátů, formulace těchto nátěrových hmot byla vždy s OKP funkčního plniva = 15 %, doplněné o Vápenec na kvocient  $Q = 35$ . Poměr pojiva CHS-EPOXY 200 v 55 ku tvrdidlu Telalit 180 byl 100:27. Formulace modelových nátěrových hmot jsou uvedeny v Tabulce 2 a v Tabulce 3.

Alkalické silikáty byly přidávány v hmotnostních % při 0,5; 1 a 1,5 hm. % v přepočtu na objemová procenta se jedná pro draselné vodní sklo o 0,414; 0,828; 1,242 vol. %, pro sodné vodní sklo 0,335; 0,669; 1,004 vol. % a pro lithné vodní sklo 0,415; 0,831; 1,246 vol. %.

**Tabulka 2** Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem funkčních bariérových plniv při OKP = 15 %, doplněných o plnivo Vápenec na OKP/KOKP = konst. = 35

Název funkčního plniva	Funkční plnivo [hm %]	Plnivo Vápenec [hm %]	Pojivo [hm %]	Tvrdidlo [hm %]
<b>Mastek</b>	18,84	5,09	59,90	16,17
<b>Plastorit</b>	18,29	5,69	59,86	16,16
<b>Wollastonit</b>	19,75	3,22	60,66	16,38

\*Tyto modelové hmoty byly připraveny také v koncentračních řadách s obsahem jednotlivých vodních skel při 0,5; 1 a 1,5 hmotnostních %

**Tabulka 3** Formulace modelových nátěrových hmot s obsahem antikorozičního pigmentu Suříku při OKP = 10 %, doplněné o vybraná funkční plniva na OKP/KOKP = konst. = 35

Název antikorozičního pigmentu	Název funkčního plniva	Antikoroziční pigment [hm %]	Funkční plnivo [hm %]	Pojivo [hm %]	Tvrdidlo [hm %]
<b>Suřík</b>	<b>Mastek</b>	28,12	11,64	47,43	12,81
	<b>Plastorit</b>	28,12	11,62	47,43	12,81
	<b>Wollastonit</b>	28,12	11,24	47,43	12,81

### 3.7.2 Dispergace nátěrových hmot

Nátěrové hmoty jsou vyráběny pomocí dispergace, sice rozmělnování pevných shluků (aglomerátů) pigmentů a plniv v prostředí. Dispergace probíhá v dispergačním zařízení pomocí výkonných míchaček. [28] V prvním kroku se odehrává předdispergace na předdispergačním zařízení. Toto zařízení má v sobě zabudované lopátkové míchadlo, které se pohybuje rychlostí 3000 otáček za minutu. Po dobu 30 minut bylo do pojiva zapracovááno funkční bariérové plnivo, inhibitor koroze, plnivo, případně antikoroziční pigment. Pigmenty i plniva byly předem řádně rozetřeny a homogenizovány tloučkem v porcelánové misce. V druhém kroku následovala dispergace. Dispergace byla provedena na zařízení Dissolver Dispermat. Zařízení se pohybovalo rychlostí 2000 otáčkách za minutu, po dobu 30 minut za přítomnosti skleněných mlecích kuliček. Skelné kuličky byly odstraněny pomocí filtrace přes tkaninu. Pro zajištění tekutosti směsi bylo dle potřeby přidáváno rozpouštědlo, v tomto případě voda.



### 3.8 Příprava testovaných organických povlaků

Nanášení nátěrů v laboratorních podmínkách se uskutečňuje pomocí nanášecích pravítek. Nanášecí pravítka jsou používány pro nanášení na tvrdé, ploché a rovné povrchy. Jejich tvar může být příklad šestihranný, čtyřhranný, válečkový, šterbinový, krabicový nebo spirálový. [51] Pro nanášení připravených nátěrových hmot bylo použito krabicové nanášecí pravítko se šterbinou 250  $\mu\text{m}$ . Po zaschnutí nátěru byla na panely nanášena druhá vrstva. Poté byly panely po zaschnutí nátěrového filmu oblepeny po stranách průhlednou lepicí páskou. Tento krok sloužil k zabránění podkorodování nátěrových filmů z míst, kde není nátěr aplikován a k zabránění koroze samotného panelu v místech, kde není aplikován ochranný film. Jeden z panelů pro každou komoru cyklických korozních zkoušek byl vždy opatřen svislým řezem o délce 8 cm prořezávající film až na podklad.

#### 3.8.1 Příprava zkušebních vzorků na ocelových panelech

Nátěrové hmoty pro zrychlené korozní zkoušky byly nanášeny na zkušební panely Q-LAB o rozměrech 100 x 150 mm a tloušťce 0,79 mm, jedná se o panely z oceli třídy 11 s označením S-46. Pro mechanické zkoušky byly použity panely o rozměrech 200 x 60 x 0,9 mm. Pro stanovení elektrochemické lineární polarizace byly použity ocelové panely QD 24 o rozměrech 101 x 51 mm a tloušťce 0,51 mm. Kovové panely byly před nanášením filmu řádně odmaštěny stabilizovaným chloroformem.

#### 3.8.2 Příprava zkušebních vzorků na skle

Testované filmy pro stanovení tvrdosti, lesku, přilnavosti a odolnosti vůči methylethylketonu byly připraveny na skleněných panelech. Bylo použito krabicové nanášecí pravítko se šterbinou 250  $\mu\text{m}$ . Skleněné panely byly před aplikací nátěrového filmu řádně odmaštěny chloroformem.

### 3.9 Metody hodnocení fyzikálně-mechanických zkoušek

#### 3.9.1 Měření relativní povrchové tvrdosti pomocí útlumu kyvadla dle Persöze

Stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěru probíhalo pomocí metody útlumu kyvadla. Naměřená tvrdost byla udávána v procentech vztažených k tvrdosti skleněného standardu (tvrdost standardu brána jako 100 %). Měření probíhalo na kyvadlovém přístroji v režimu podle Persöze, dle normy ČSN EN ISO 1522. Principem měření bylo stanovení doby útlumu kyvadla dosedajícího na nátěr dvěma kuličkami. Kyvadlo bylo vychýleno při startu o 12° a byl měřen počet kmitů až do poklesu amplitudy na 4°. Při každém měření byla

na začátku a na konci změřena hodnota skleněného standardu, počet kmitů standardu se pohyboval mezi hodnotami 420-430 kmitů.

### **3.9.2 Měření odolnosti vůči vtisku pomocí Buchholzovi vrypové zkoušky**

Buchholzova vrypová zkouška je založena na měření odolnosti organických povlaků vůči vtisku. Principem je vytvoření vtisku v nátěru pomocí ostří vtiskového Buchholzova nástroje. Přístroj, který byl zatížen přidaným normovaným závažím, byl položen na nátěr a ponechán 30 sekund k samovolnému vtlačování čepce pomocí vlastní váhy. Tímto způsobem vznikla deformace povlaku (vtisk). Po odebrání přístroje byla zjištěna délka vtisku čepce. Délku vtisku lze zjistit pomocí mikroskopu se stupnicí v samotném přístroji nebo optickým mikroskopem. Měření bylo provedeno třikrát. Zkouška byla provedena při laboratorních podmínkách dle ČSN ISO 2815.

### **3.9.3 Měření lesku nátěru**

Lesk nátěrového filmu je optická vlastnost, která se vyznačuje pravidelným odrazem světelných paprsků. Ke stanovení lesku se používá leskoměr. Ten určuje množství světla odraženého od nátěru. Lesk nátěru lze označit veličinou, která se nazývá číslo lesku. [51] Lesk nátěrového filmu byl měřen pomocí leskoměru tri-gloss. Ten po přiložení na nátěr změřil hodnoty lesku nátěru pod úhly 20°, 60° a 85°. Měření se uskutečňovalo vždy na třech místech nátěru. Výsledná hodnota byla průměrem těchto měření. Zkouška probíhala podle ČSN ISO 2813.

### **3.9.4 Stanovení chemické odolnosti (MEK test)**

MEK test neboli test chemické odolnosti testovaných povlaků vůči organickým rozpouštědlům, je pojmenován podle použité látky methylethylketonu. Test byl proveden podle normy ASTM D 4752-10. Zkouška je založena na zjištění odolnosti testovaného organického povlaku vůči přímému působení methylethylketonu, při vyvinutí lehké tlakové síly za laboratorních podmínek. Byla použita plocha přibližně 8 cm<sup>2</sup> organického povlaku, která byla otírána vatovou tyčinkou smočenou v methylethylketonu. Organický povlak byl testován pomocí tzv. dvojtahů, kdy jeden dvojtah vatovou tyčinkou smočenou v methylethylketonu, byl roven jedné sekundě. Otírání povlaku trvalo přibližně 50 sekund. Pokud nedošlo k obnažení podkladu, test pokračoval 300 sekund. Test byl ukončen dříve pokud došlo k obnažení podkladu. Vyhodnocení zkoušky probíhalo podle stupňů uvedených v Tabulce 4 na následující stránce.







**Tabulka 4** Hodnocení MEK testu podle ASTM D 4752-10

Stupeň	Slovní hodnocení MEK testu
0	Úplné obnažení podkladu
1	Značné a hlubokému narušení nátěrového filmu, ale již ne podkladu
2	Viditelné a zřetelné poškození (poškrábání) nátěrového filmu
3	Lehké poškození (poškrábání) nátěrového filmu
4	Vyleštění nátěru a uvolnění malého množství pigmentu (povrch není poškozen)
5	Na povrchu není patrné ani vyleštění, neuvolňuje se žádný pigment

### 3.9.5 Stanovení přilnavosti nátěrového filmu pomocí mřížkové metody

Tato zkouška je provedena pomocí zhotovení řezů ve tvaru mřížky do nátěru a následné vizuální zhodnocení stavu nátěrového filmu podle stupnice. Metoda určuje odolnost nátěru vůči oddělení od podkladu při proříznutí filmu až k podkladu. [51] Tato zkouška byla provedena podle normy ČSN ISO 2409 na skleněných i na ocelových panelech. Mřížková zkouška byla provedena vždy na vytvrzeném nátěrovém filmu. Pomocí řezného nástroje opatřeného šesti čepelemi byly provedeny dva vzájemně kolmé řezy až k podkladu, čímž došlo k vytvoření mřížky. Výsledky byly následně vizuálně vyhodnoceny podle normy ČSN ISO 2409 a její klasifikace uvedené v Tabulce 5.

**Tabulka 5** Klasifikace stupňů přilnavosti podle ČSN ISO 2409

	stupeň 0 – řezy jsou hladké, žádný čtverec není poškozen
	stupeň 1 – nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží, poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %
	stupeň 2 – nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení, povrch mřížky smí být poškozen o více než 5 % a méně než 15 %
	stupeň 3 – nátěr je poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky, poškození je větší než 35 %
	stupeň 4 – na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny, plocha mřížky
	stupeň 5 – změny, které jsou větší než u stupně 4

### 3.9.6 Stanovení přilnavosti nátěrového filmu pomocí odtrhové metody

Tato metoda stanovuje přilnavost nátěrového filmu k podkladu pomocí měření minimálního tažného napětí potřebného k odtržení filmu kolmo k podkladu. Zkouška byla provedena podle normy ČSN EN ISO 4624. Odtrhová metoda spočívá v přilepení terčíku dvousložkovým epoxidovým lepidlem Loctite 9466 k nátěrovému filmu, který je nanesen na testovaném ocelovém panelu pro mechanické zkoušky. Pomocí brusného papíru byl povrch filmu před přilepením terčíku lehce zdrsňen. Po vytvrzení lepidla byl terčík připevněn k odtrhovému přístroji, který jej zatěžoval tak dlouho, dokud nedošlo k odtržení. Síla potřebná k odtrhu byla zaznamenána a byl hodnocen typ lomu. Charakter lomu byl hodnocen pomocí symbolů uvedených v normě. V Tabulce 6 jsou uvedeny jednotlivé typy lomů. Naměřená odtrhová síla byla následně převedena na odtrhovou pevnost podle Rovnice 4 uvedené níže. Použité terčíky byly průměru 20 mm.

Výpočet odtrhové pevnosti:

$$\sigma = \frac{4F_m}{\pi d^2} \quad (4)$$

Kde:  $\sigma$  – odtrhová pevnost [MPa],  $F_m$  – maximální odtrhová síla [N],  $d$  – průměr lepeného terčíku [mm]

**Tabulka 6** Klasifikace typu lomu podle ČSN EN ISO 4624

Symbol	Typ lomu
A	Kohezní lom v podkladu
A/B	Adhezní lom mezi podkladem a nátěrem
B	Kohezní lom v nátěru
-/Y	Adhezní lom mezi nátěrem a lepidlem
Y	Kohezní lom v lepidle
Y/Z	Adhezní lom mezi lepidlem a zkušebním válečkem

### 3.9.7 Stanovení odolnosti organického povlaku pomocí zkoušky hloubení

Vtlačování koule o průměru 20 mm do ocelového panelu opatřeného testovaným organickým povlakem pomocí přístroje představuje princip této metody. Zkouškou hloubením byla testována odolnost organického povlaku vůči prasknutí, nebo odloupenutí. Při porušení nátěrového filmu byla zkouška přerušena a byla zaznamenána příslušná hodnota. Zkouška byla také přerušena v případě odolání filmu vůči vtlačení o 10 mm, jelikož následně dochází k poruchám ocelového panelu. Metoda byla provedena podle normy ČSN EN ISO 1520. [51]

Nátěrové filmy byly opatřeny křížem, prořezávajícím povlak až k podkladu pro lepší viditelnost rozdílů.

### **3.9.8 Stanovení odolnosti nátěrového filmu pomocí zkoušky ohybu**

Zkoušku je nutné provést na ocelovém panelu, který sám snese ohyb bez vlastního porušení. Tato zkouška je provedena ohybem ocelového panelu s naneseným testovaným povlakem přes válcový trn. Jednotlivé válcové trny se liší průměrem, čím menší je průměr trnu, tím je zkouška pro testovaný povlak náročnější. Organické povlaky byly testovány na válcových trnech o průměrech 2 a 4 mm. Odolnost nátěrového filmu pomocí ohybu představuje schopnost filmu odolávat deformaci, odlupování od podkladu a praskání. Metoda byla provedena podle normy ČSN EN ISO 1519 [51]

### **3.9.9 Stanovení odolnosti organického povlaku pomocí zkoušky deformace úderem**

Metoda spočívá ve zjištění odolnosti filmu vůči závaží padajícím volným pádem z určité výšky. Zkouškou úderem jsou hodnoceny mechanické vlastnosti organického povlaku při deformaci kovového panelu. Odolnost nátěrového filmu vůči praskání, nebo odlupování od podkladu při deformaci padajícím závažím je hodnocena touto metodou. Odolnost organického povlaku pomocí deformace úderem byla testována pro výšky 50, 75 a 100 cm. Metoda byla provedena podle normy ČSN ISO EN 6272. [51] Testované nátěrové filmy byly opatřeny křížovým řezem, prořezávajícím povlak až k podkladu pro lepší viditelnost rozdílů

## **3.10 Metody zrychlených cyklických korozních zkoušek**

Podstatou jednotlivých zrychlených cyklických korozních zkoušek je expozice testovaných organických povlaků vůči zesíleným korozním činitelům v laboratorních podmínkách. Vzorky jsou vystaveny vlivům zvýšené teploty, vlhkosti, koncentrace chloridových iontů, síranových iontů a přítomnosti vody. Předpokladem vystavení povlaků těmto prostředím je urychlení korozní reakce, avšak při stejném mechanismu koroze. [52]

### **3.10.1 Zrychlená korozní zkouška v atmosféře neutrální solné mlhy**

Korozní zkouška v komoře s atmosférou neutrální solné mlhy slouží k simulaci prostředí se zvýšenou koncentrací chloridů. Napodobeno je tak prostředí přímořských oblastí a okolí zasolených silnic. Nejen pro testovaný povlak, ale i pro samotný podkladový panel působí toto prostředí velice agresivně. Podstatou metody je působení urychlujícího vlivu NaCl, zvýšené teploty a vlhkosti vzduchu. [52] Obzvláště atomy chloru schopné pronikat organickým povlakem napadající kovový podklad a způsobující tím podkorodování ochranného filmu představují náročnost této zkoušky. Vzorky byly exponovány v cyklech trvajících dvanáct

hodin, rozdělených na tři části. Expozice v mlze 5 % roztoku NaCl při teplotě 38 °C probíhala deset hodin, sušení při teplotě 23 °C probíhalo jednu hodinu a kondenzace vlhkosti při teplotě 40 °C probíhala také jednu hodinu. Zkouška byla odvozena podle normy ISO 9227.

### **3.10.2 Zrychlená korozní zkouška v atmosféře s obsahem oxidu siřičitého**

Korozní zkouška ve vlhké atmosféře s obsahem oxidu siřičitého slouží k simulaci průmyslově znečištěné atmosféry a jejich účinků. Zvýšená teplota, 100 % relativní vlhkost vzduchu a působení SO<sub>2</sub> jako korozního činitele představuje podstatu urychlujícího vlivu této metody. [52] Při této metodě docházelo na povrchu testovaných organických povlaků ke kondenzaci vody s obsahem oxidu siřičitého. Expozice vzorků probíhala v cyklech trvajících 24 hodin rozdělených do dvou částí. Expozice organických povlaků vůči vlhkosti a SO<sub>2</sub> při teplotě 35 °C probíhala prvních osm hodin. Po zbylých šestnáct hodin byly vzorky sušeny při laboratorní teplotě a vlhkosti nižší nežli 75 %. Zkouška byla provedena podle normy ČSN ISO 3231.

### **3.10.3 Zrychlená korozní zkouška v kondenzační komoře**

Korozní zkouška v kondenzační komoře probíhala pomocí expozice testovaných organických povlaků vůči 100% relativní vlhkosti vzduchu za urychlujícího vlivu zvýšené teploty. Tato metoda slouží ke zjištění odolnosti nátěrového filmu vůči působení vody. [52] Expozice vzorků probíhala za nepřetržité kondenzace destilované vody při teplotě 38 ± 2 °C. Zkouška byla provedena podle normy ČSN 03 8131.

## **3.11 Hodnocení výsledků korozních zkoušek**

Korozní projevy po expozici v jednotlivých komorách zrychlených cyklických korozních zkoušek uvedených v předešlé kapitole 3.10 byly vyhodnoceny porovnáním výsledků v souladu se standardy norem ASTM.

### **3.11.1 Hodnocení delaminace nátěru z řezu**

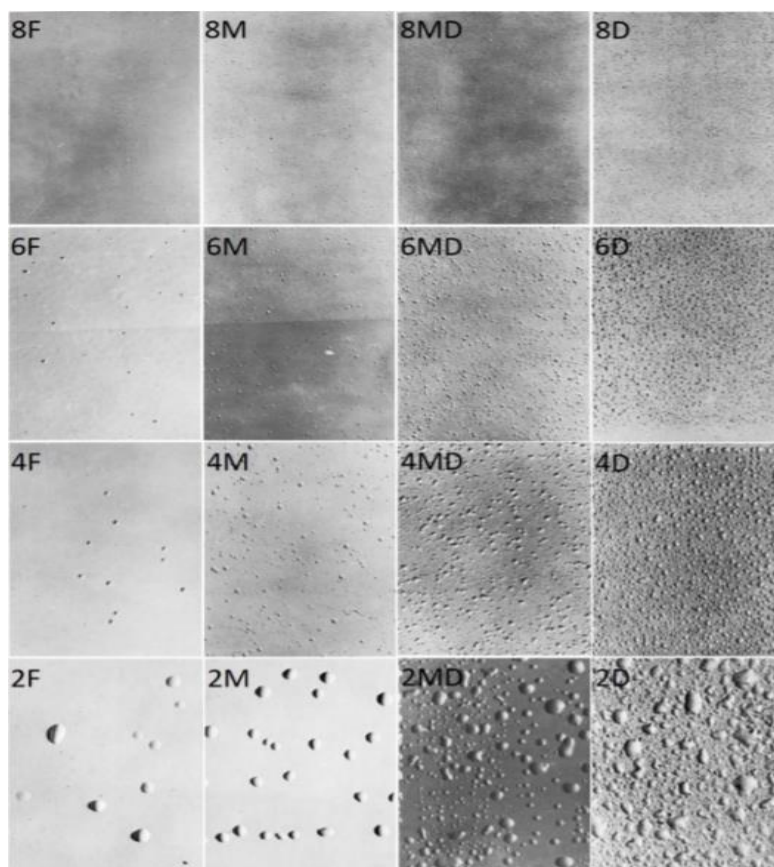
Delaminace nátěrového filmu z místa řezu byla posouzena ihned po vyjmutí testovaných vzorků ze zkušebního prostředí. Byla stanovena mez delaminace, sice hranice, na které byl nátěr pevně přilnutý k podkladu. Dále bylo provedeno měření šířky delaminace podél řezu na šesti místech pomocí pravítka s přesností ± 0,05 mm. Byla zjištěna výsledná hodnota, sice rozsah delaminace, ten byl vypočten jako průměr těchto měření podělen dvěma. Zkouška byla provedena a vyhodnocena podle odvození z normy ČSN EN ISO 4628-8.

### 3.11.2 Hodnocení ztráty přilnavosti nátěrového filmu

Ztráta přilnavosti nátěrového filmu vyvolaná důsledky expozice ve zrychlených cyklických korozních komorách byla vyhodnocena v procentech vztažených k celkové ploše nátěrového filmu.

### 3.11.3 Hodnocení stupně tvorby puchýřků v ploše nátěru a v řezu

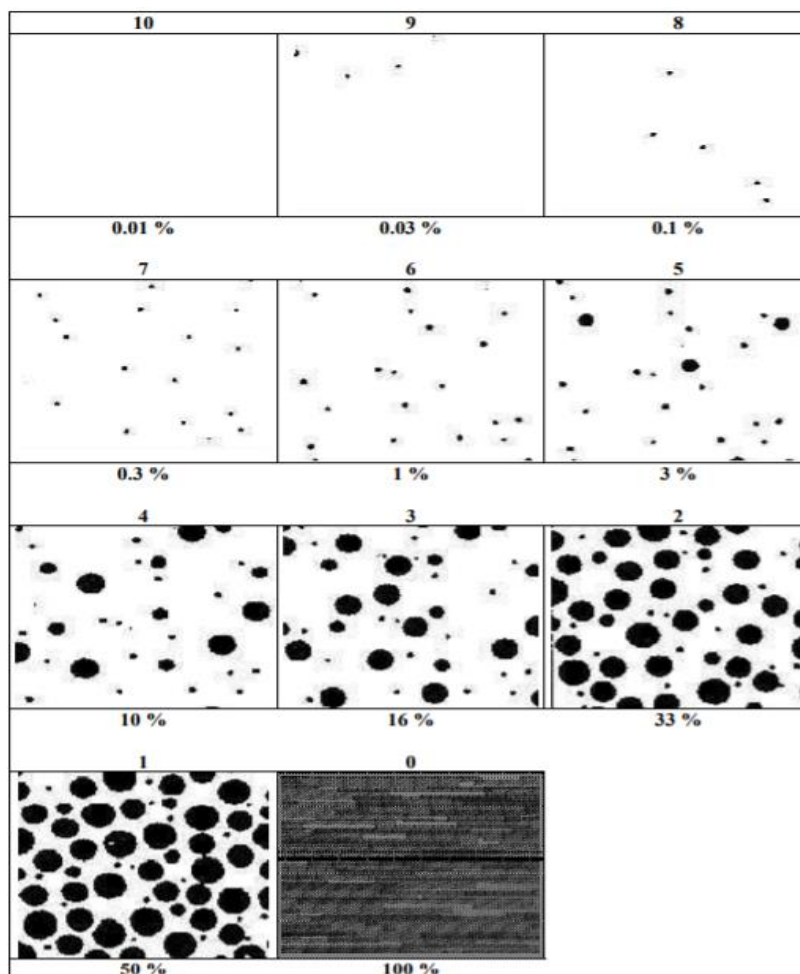
Hodnocení stupňů probíhá podle normy ASTM D 714-87, získané výsledky byly porovnávány se standardy dané normy. Podstatou metody je hodnocení vzniklých puchýřků podle velikosti a četnosti vzniku přidělením příslušného stupně, sice čísla určujícího velikost puchýřků a písmene určujícího četnost výskytu podle jednotlivého standardu. Jednotlivé fotografické standardy, které slouží k porovnání výsledků a určení příslušného stupně tvorby puchýřků jsou uvedeny na Obrázku 6.



**Obrázek 6** Fotografické standardy pro hodnocení tvorby puchýřků podle ASTM D 714-87

### 3.11.4 Hodnocení míry prokorodování plochy nátěru

Prorezavění neboli prokorodování nátěrového filmu, také koroze v ploše nátěru je způsobeno selháním ochranné funkce nátěrového filmu a vznikem korozních zplodin v ploše povrchu nátěrového filmu. Prokorodování bylo vyhodnoceno podle normy ASTM D 610-85 porovnáním výsledků se standardy normy. Míra prokorodování nátěru byla vyhodnocena jako stupeň koroze plochy nátěru v procentech. Standardy normy pro porovnání výsledků jsou uvedeny na Obrázku 7.



**Obrázek 7** Standardy pro vyhodnocení stupně prokorodování podle ASTM D 610-85

### 3.11.5 Hodnocení koroze v řezu

Míra koroze v řezu určuje schopnost nátěrového filmu odolávat korozi pod nátěrem z míst poškození nátěru, sice vzniklého řezu až k podkladu. Podstatou zkoušky je posouzení koroze podél řezu na kovovém podkladu po odstranění nátěrového filmu. Základním kritériem hodnocení koroze v řezu je šířka korozního napadení v cm. Zkouška byla provedena a vyhodnocena podle normy ASTM D 1654-92.



### 3.11.6 Hodnocení podkorodování nátěrového filmu

Koroze podkladového kovu je označována jako podkorodování neboli koroze v ploše panelu. Povlak je nutné před vyhodnocením na rozdíl od prokorodování odstranit. Zkouška byla vyhodnocena podle normy ASTM D 610-85 porovnáním výsledků se standardy normy uvedenými na Obrázku 7.

### 3.11.7 Elektrochemické stanovení lineární polarizace

Zkouška metodou lineární polarizace a následného stanovení polarizačního odporu umožňuje velmi přesné stanovení antikoročních vlastností jednotlivých organických povlaků. Zkouška byla provedena v uzavřeném prostoru, v cele s roztokem 1M NaCl. Testované organické povlaky byly nanесeny na kovový panel QD 24 s rozměry 101 x 51 mm, který byl použit jako pracovní elektroda. Kalomelová elektroda byla využita jako referenční a platinová elektroda byla použita jako pomocná elektroda. Pro jednotlivé testované filmy nanесené na panelech byl stanoven samovolný korozní potenciál  $E_{\text{corr}}$ , proudová hustota  $I_{\text{corr}}$ , tafelové směrnice  $\beta_a$  a  $\beta_c$ , polarizační odpor  $R_p$  a rychlost koroze.

### 3.11.8 Hodnocení životnosti organického povlaku

Předpokládaná životnost organického povlaku byla hodnocena a stanovena podle normy ČSN EN ISO 12944-6. Životnost byla stanovena podle korozní odolnosti organického povlaku v atmosféře neutrální solné mlhy a v atmosféře s povšechnou kondenzací. Způsob stanovení předpokládané životnosti nátěrového filmu je uveden v Tabulce 7 a jednotlivé stupně korozní agresivity jsou uvedeny v Tabulce 8.

**Tabulka 7** Stanovení životnosti nátěru podle normy ČSN EN ISO 12944-6

Stupeň korozní agresivity	Životnost	ISO 9227 Neutrální solná mlha [hod.]
C2	Nízká	–
	Střední	–
	Vysoká	–
	Velmi vysoká	480
C3	Nízká	120
	Střední	240
	Vysoká	480
	Velmi vysoká	720
C4	Nízká	240
	Střední	480
	Vysoká	720
	Velmi vysoká	1440
C5	Nízká	480
	Střední	720
	Vysoká	1440
	Velmi vysoká	–

**Tabulka 8** Stupně korozní agresivity prostředí dle normy ČSN EN ISO 12944-2

Stupeň korozní agresivity	Příklad venkovního prostředí	Příklady vnitřního prostředí
<b>C1 velmi nízká</b>	–	Vytápěné budovy s čistými atmosférami, např. školy, kanceláře, hotely, obchody
<b>C2 nízká</b>	Atmosféry s nízkou úrovní znečištění: převážně venkovské oblasti	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci vody, např. sklady, sportovní haly
<b>C3 střední</b>	Městské a průmyslové atmosféry, střední úroveň znečištění oxidem siřičitým, pobřežní oblasti s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výrobní potravin, pivovary, lékárny
<b>C4 vysoká</b>	Průmyslové a pobřežní oblasti se střední salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doteky na mořském pobřeží
<b>C5 – velmi vysoká</b>	Průmyslové oblasti s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou, pobřežní oblasti s vysokou salinitou	Budovy, nebo oblasti s téměř trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
<b>CX – extrémní</b>	Průmyslové oblasti s extrémní vlhkostí a agresivní atmosférou, přímořské oblasti s vysokou salinitou, subtropické a tropické atmosféry	Průmyslové oblasti s extrémní vlhkostí a agresivní atmosférou

### 3.11.9 Stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH

Namísto hodnot rezistivity je v této práci měřena měrná elektrická vodivost, která je vyjádřena jako převrácená hodnota rezistivity. Pro měření hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti byly smočením 10 hm. % jemně nastříhaných organických povlaků připravených nátěrových hmot v redestilované vodě připraveny suspenze o počáteční měrné elektrické vodivosti ( $\gamma$ ) = 1,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a pH = 6,50. Vzorok filmů byly připraveny jako čtverce o straně přibližně 0,2 cm. U připravených suspenzí byly následně provedeny měření měrné elektrické vodivosti a hodnot pH v závislosti na čase. Měření byla prováděna vždy 7. den až do 28. dne. Před měřením jednotlivých suspenzí byla pH sonda kalibrována na pufrů o pH = 4,01 a 10, při T = 21 °C. Metoda a postup stanovení měrné elektrické vodivosti vodných suspenzí byl odvozen z normy ČSN EN ISO 787-14, metoda měření hodnot pH vodných výluhů byla odvozena z normy ČSN EN ISO 787-9.

### 3.11.10 Stanovení hmotnostních úbytků

Stanovení hmotnostních úbytků slouží jako přímý ukazatel schopnosti kovu odolávat korozi ve vodných výluzích testovaných organických povlaků. Filtráty vodných výluhů připravených v kapitole 3.11.9 využité pro stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH, byly použity pro stanovení hmotnostních úbytků. Do jednotlivých filtrátů byly vloženy ocelové panely, které byly předem řádně odmaštěny a zváženy na analytických vahách s přesností  $\pm 0,0001$  g. Ocelové panely byly exponovány vodným výluhům po dobu sedmi dní, následně byly panely vyjmuty, očištěny mořicím roztokem, odmaštěny pomocí chloroformu. Poté byly jednotlivé panely převáženy na analytických vahách a výsledky byly zaznamenány. Z naměřených hmotností ocelových panelů byly podle níže uvedené rovnice 5 vypočítány hmotnostní úbytky.

Výpočet hmotnostních úbytků:

$$X_{KU} = \frac{m_{OP1} - m_{OP2}}{2 \cdot S_p} \cdot 10^4 \quad (5)$$

Kde:  $X_{KU}$  – hmotnostní úbytek vztažený na jednotku plochy [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ],  $m_{OP1}$  – hmotnost ocelového panelu [g],  $m_{OP2}$  – hmotnost ocelového panelu po stanovení [g],  $S_p$  – plocha ocelového panelu [ $\text{cm}^2$ ].

## 4 Výsledky

### 4.1 Výsledky měření fyzikálně-chemických vlastností

Pro vybraná funkční bariérová plniva, porovnávací antikorozi pigment a doplňkové plnivo byly provedeny zkoušky měřící hustotu a spotřebu oleje. Ze získaných hodnot byla následně vypočítána hodnota KOKP. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 9. Pro pojivo, tvrdidlo a alkalické silikáty byly ověřeny hodnoty sušiny, výsledky jsou uvedeny v Tabulce 10.

**Tabulka 9** Fyzikálně chemické vlastnosti plniv a pigmentů

Plnivo / Pigment	Hustota [g.cm <sup>-3</sup> ]	Olejové číslo [g / 100 g pigmentu]	KOKP [%]
Mastek	2,83 ± 0,2	33,0	50
Plastorit	2,75 ± 0,2	33,1	51
Wolastonit	2,93 ± 0,2	35,1	47
Vápenec	2,73 ± 0,2	18,7	65
Suřík	8,79 ± 0,2	4,6	70

**Tabulka 10** Obsah sušiny testovaných látek

Testovaná látka	Obsah sušiny [%]
CHS-EPOXY 200 v 55	55,0
Telalit 180	50,1
K <sub>2</sub> O.SiO <sub>2</sub>	24,5
Na <sub>2</sub> O.SiO <sub>2</sub>	69,3
Li <sub>2</sub> O.SiO <sub>2</sub>	26,9

### 4.2 Výsledky měření fyzikálně-mechanických vlastností nátěrových filmů na skleněných panelech

Organické povlaky byly naneseny na skleněné panely pro zkoušky fyzikálně-mechanických vlastností krabicovým pravítkem se štěrbinou 250 μm a vykazovaly hodnoty suché tloušťky filmu DFT = 75 ± 5 μm.

#### 4.2.1 Výsledky měření relativní povrchové tvrdosti nátěru měřená podle Persöze

Výsledky měření relativní povrchové tvrdosti organických povlaků pomocí útlumu kyvadla dle Persöze pro organické povlaky s obsahem vybraných funkčních plniv a samotné pryskyřice jsou uvedeny v Tabulce 12. Výsledky pro povlaky s obsahem suříku jsou uvedeny v Tabulce 13 a výsledky povlaků s obsahem alkalických silikátů jsou uvedeny v Tabulce 11.

**Tabulka 11** Výsledky měření tvrdosti s obsahem alkalických silikátů dle Persöze, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$ 

Funkční plnivo	Alkalický silikát	Relativní povrchová tvrdost [%]				
		Den 1.	Den 3.	Den 14.	Den 28.	Den 48.
Mastek	K 0,5 hm. %	21,1	22,7	29,2	32,5	32,4
	K 1 hm. %	21,3	22,2	30,4	31,4	31,8
	K 1,5 hm %	24,9	30,1	32,3	32,3	32,4
Plastorit	K 0,5 hm. %	16,2	18,4	26,3	30,4	30,4
	K 1 hm. %	16,6	19,8	26,3	29,7	30,0
	K 1,5 hm %	17,1	21,3	23,2	30,2	30,5
Wollastonit	K 0,5 hm. %	21,0	29,9	34,7	36,6	36,4
	K 1 hm. %	22,0	28,7	34,3	36,5	36,3
	K 1,5 hm %	26,5	28,4	36,2	36,3	36,5
Mastek	Na 0,5 hm. %	23,2	26,0	31,1	33,3	33,5
	Na 1 hm. %	21,3	25,1	29,9	33,0	33,1
	Na 1,5 hm %	23,2	28,7	33,5	34,5	34,2
Plastorit	Na 0,5 hm. %	14,7	18,1	26,1	29,7	29,7
	Na 1 hm. %	20,7	25,4	28,7	31,0	31,3
	Na 1,5 hm %	16,4	20,1	25,6	29,2	29,4
Wollastonit	Na 0,5 hm. %	22,9	27,3	33,8	35,6	35,4
	Na 1 hm. %	26,5	31,2	35,9	35,1	35,5
	Na 1,5 hm %	24,1	26,1	32,3	34,8	35,2
Mastek	Li 0,5 hm. %	18,4	21,0	26,3	30,4	30,3
	Li 1 hm. %	19,6	23,4	26,8	30,7	30,9
	Li 1,5 hm %	21,0	24,3	29,7	32,1	32,0
Plastorit	Li 0,5 hm. %	20,5	23,5	29,7	32,5	32,3
	Li 1 hm. %	20,5	21,0	27,5	31,8	31,8
	Li 1,5 hm %	22,2	23,2	28,3	32,3	32,4
Wollastonit	Li 0,5 hm. %	17,6	27,1	32,6	33,5	33,7
	Li 1 hm. %	16,6	24,9	31,4	34,9	34,8
	Li 1,5 hm %	17,9	26,8	26,1	34,2	34,2

**Tabulka 12** Výsledky měření tvrdosti organických povlaků s obsahem funkčních plniv dle Persöze, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$ 

Funkční plnivo	Relativní povrchová tvrdost [%]				
	Den 1.	Den 3.	Den 14.	Den 28.	Den 48.
Mastek	12,7	17,1	26,4	32,5	32,5
Plastorit	12,0	16,6	25,7	31,4	31,6
Wollastonit	13,2	18,3	30,4	35,1	35,2
–	11,5	17,1	25,1	29,4	29,2

**Tabulka 13** Výsledky měření tvrdosti organických povlaků s obsahem suříku dle Persöze, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$ 

Antikoroziční pigment	Funkční plnivo	Relativní povrchová tvrdost [%]				
		Den 1.	Den 3.	Den 14.	Den 28.	Den 48.
Suřík	Mastek	20,2	22,7	28,7	32,6	32,5
	Plastorit	20,9	22,2	27,3	31,7	31,5
	Wollastonit	26,5	30,1	34,0	36,6	36,4

#### 4.2.2 Výsledky měření relativní povrchové tvrdosti pomocí Buchholzovi vrypové zkoušky

Výsledky měření odolnosti testovaných organických povlaků vůči vtisku pro povlaky vodou ředitelné epoxidové pryskyřice doplněné o funkční plniva mastek, tříkomponentní křemičitanové plnivo (Plastorit), metakřemičitan vápenatý (Wollastonit) a také nepigmentované pryskyřice jsou uvedeny v Tabulce 14. Výsledky organických povlaků s obsahem antikorozičního pigmentu Suříku doplněné o příslušná funkční plniva jsou uvedeny v Tabulce 15. Výsledky testovaných filmů s obsahem alkalických silikátů doplněné o vybraná funkční plniva jsou uvedeny v Tabulce 16.

**Tabulka 14** Výsledky Buchholzovy vrypové zkoušky organických povlaků s obsahem funkčních plniv, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$ 

Funkční plnivo	Délka vtisku [mm]				
	Den 1.	Den 3.	Den 14.	Den 28.	Den 48.
Mastek	1,045	0,942	0,845	0,829	0,808
Plastorit	1,095	0,981	0,907	0,843	0,857
Wollastonit	0,984	0,897	0,774	0,721	0,720
–	1,439	1,250	1,139	1,051	1,066

**Tabulka 15** Výsledky Buchholzovy vrypové zkoušky organických povlaků s obsahem suříku, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$ 

Antikoroziční pigment	Funkční plnivo	Délka vtisku [mm]				
		Den 1.	Den 3.	Den 14.	Den 28.	Den 48.
Suřík	Mastek	1,147	0,978	0,797	0,781	0,789
	Plastorit	1,172	1,011	0,834	0,818	0,821
	Wollastonit	1,129	0,960	0,788	0,730	0,723

**Tabulka 16** Výsledky Buchholzovi vrypové zkoušky organických povlaků s obsahem alkalických silikátů, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$ 

Funkční plnivo	Alkalický silikát	Délka vtisku [mm]				
		Den 1.	Den 3.	Den 14.	Den 28.	Den 48.
Mastek	K 0,5 hm. %	1,030	0,926	0,858	0,829	0,818
	K 1 hm. %	1,041	0,924	0,857	0,788	0,798
	K 1,5 hm. %	0,926	0,876	0,830	0,798	0,774
Plastorit	K 0,5 hm. %	1,102	0,930	0,907	0,871	0,863
	K 1 hm. %	1,075	0,948	0,896	0,868	0,871
	K 1,5 hm. %	1,022	0,907	0,887	0,856	0,860
Wollastonit	K 0,5 hm. %	0,958	0,837	0,772	0,772	0,771
	K 1 hm. %	1,014	0,894	0,794	0,748	0,751
	K 1,5 hm. %	0,979	0,851	0,790	0,762	0,773
Mastek	Na 0,5 hm. %	0,942	0,890	0,841	0,824	0,803
	Na 1 hm. %	0,993	0,918	0,839	0,787	0,794
	Na 1,5 hm. %	0,934	0,871	0,816	0,767	0,774
Plastorit	Na 0,5 hm. %	1,153	1,058	0,934	0,890	0,882
	Na 1 hm. %	1,024	0,915	0,832	0,803	0,811
	Na 1,5 hm. %	1,083	0,855	0,893	0,833	0,835
Wollastonit	Na 0,5 hm. %	1,030	0,895	0,854	0,784	0,788
	Na 1 hm. %	0,924	0,851	0,779	0,749	0,761
	Na 1,5 hm. %	0,985	0,826	0,803	0,740	0,741
Mastek	Li 0,5 hm. %	1,104	0,974	0,903	0,847	0,848
	Li 1 hm. %	1,051	0,902	0,892	0,843	0,844
	Li 1,5 hm. %	1,040	0,914	0,838	0,788	0,808
Plastorit	Li 0,5 hm. %	1,051	0,945	0,863	0,855	0,861
	Li 1 hm. %	1,073	1,009	0,854	0,851	0,852
	Li 1,5 hm. %	1,057	0,972	0,839	0,818	0,809
Wollastonit	Li 0,5 hm. %	1,006	0,875	0,798	0,760	0,762
	Li 1 hm. %	1,039	0,881	0,848	0,788	0,778
	Li 1,5 hm. %	0,954	0,859	0,780	0,772	0,775

### 4.2.3 Výsledky měření lesku nátěrových filmů

Pro jednotlivé testované organické povlaky bylo měřeno číslo lesku při 20°, 60° a 85°. Výsledky těchto měření pro povlaky pouze s obsahem vybraných funkčních plniv a nepigmentované pryskyřice jsou uvedeny v Tabulce 17. Výsledky testovaných povlaků s obsahem antikorozičního pigmentu suříku, doplněné o vybraná funkční plniva, jsou uvedeny v Tabulce 18. Výsledky naměřené pro filmy s obsahem vybraných alkalických silikátů při různých koncentracích, doplněné o jednotlivá funkční plniva, jsou uvedeny v Tabulce 19.

**Tabulka 17** Výsledky měření čísla lesku organických povlaků s obsahem funkčních plniv, DFT = 75 ± 5 μm

Funkční plnivo	Lesk při 20°, 60°, 85°								
	Den 1.			Den 3.			Den 48.		
<b>Mastek</b>	68,5	96,2	96,0	55,4	90,5	93,3	36,1	81,0	88,4
<b>Plastorit</b>	74,5	96,6	97,7	68,5	96,2	96,0	46,9	87,0	94,1
<b>Wollastonit</b>	43,7	86,7	86,6	36,6	77,1	79,0	26,4	68,7	75,2
–	124,0	144,0	89,9	122,0	139,0	87,8	124,0	139,0	89,4

**Tabulka 18** Výsledky měření čísla lesku organických povlaků s obsahem suříku, DFT = 75 ± 5 μm

Antikoroziční pigment	Funkční plnivo	Lesk při 20°, 60°, 85°								
		Den 1.			Den 7.			Den 48.		
<b>Suřík</b>	<b>Mastek</b>	57,5	88,9	94,2	35,4	70,5	90,4	30,7	75,8	87,3
	<b>Plastorit</b>	80,8	97,4	97,0	52,4	88,7	94,1	44,8	85,6	94,0
	<b>Wollastonit</b>	45,9	85,7	86,0	25,0	67,6	76,8	21,8	63,7	73,5



**Tabulka 19** Výsledky měření čísla lesku organických povlaků s obsahem alkalických silikátů, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$

Funkční plnivo	Alkalický silikát	Lesk při 20°, 60°, 85°								
		Den 1.			Den 7.			Den 48.		
Mastek	K 0,5 hm. %	53,6	89,4	89,8	50,3	87,9	92,1	38,3	81,4	82,9
	K 1 hm. %	55,9	89,8	92,9	49,2	87,0	91,6	37,0	80,5	89,6
	K 1,5 hm. %	49,1	86,7	90,9	44,8	84,8	89,9	35,7	79,2	87,3
Plastorit	K 0,5 hm. %	85,2	100,0	98,1	76,6	99,2	97,2	49,1	90,1	94,9
	K 1 hm. %	79,7	98,7	97,0	74,3	97,5	96,2	53,3	91,1	93,5
	K 1,5 hm. %	85,5	100,0	98,3	78,8	99,3	97,4	54,0	91,6	94,7
Wollastonit	K 0,5 hm. %	41,8	84,6	83,9	33,3	74,9	78,5	25,9	67,6	74,4
	K 1 hm. %	36,0	81,5	80,9	30,7	72,8	75,2	22,9	63,5	70,8
	K 1,5 hm. %	58,0	92,3	89,8	49,6	86,6	86,2	36,4	77,4	81,4
Mastek	Na 0,5 hm. %	43,3	83,7	87,4	39,1	81,3	85,6	32,5	76,9	84,0
	Na 1 hm. %	35,9	79,7	87,2	34,3	78,7	86,1	27,2	72,4	83,2
	Na 1,5 hm. %	34,7	78,5	80,4	32,7	76,3	80,5	26,4	70,3	77,4
Plastorit	Na 0,5 hm. %	80,1	98,8	97,1	75,0	97,9	96,3	55,7	91,9	95,0
	Na 1 hm. %	71,1	96,3	97,3	66,9	95,8	96,5	49,2	89,5	94,6
	Na 1,5 hm. %	73,8	97,2	96,3	67,0	95,8	96,0	46,2	87,5	93,3
Wollastonit	Na 0,5 hm. %	33,0	80,0	81,0	27,9	69,8	74,1	20,3	60,1	68,9
	Na 1 hm. %	37,1	83,6	82,7	32,6	73,8	76,7	25,4	66,5	71,1
	Na 1,5 hm. %	14,7	57,9	55,0	11,5	42,1	41,2	10,0	39,4	39,8
Mastek	Li 0,5 hm. %	54,4	91,7	92,1	50,0	84,6	92,5	36,8	81,4	89,2
	Li 1 hm. %	56,3	90,8	93,5	52,0	89,7	93,1	39,3	82,6	90,1
	Li 1,5 hm. %	47,5	86,7	91,4	43,1	85,1	90,2	34,4	79,0	88,5
Plastorit	Li 0,5 hm. %	80,4	99,2	97,2	73,9	97,6	95,4	50,8	90,1	93,1
	Li 1 hm. %	77,2	99,3	96,1	71,6	97,6	95,4	51,3	90,7	94,4
	Li 1,5 hm. %	78,8	99,3	97,7	73,0	97,5	96,4	51,3	90,6	95,0
Wollastonit	Li 0,5 hm. %	37,3	82,1	81,5	31,1	72,9	74,9	21,5	62,1	68,9
	Li 1 hm. %	38,6	83,7	83,0	31,3	73,7	76,8	21,7	62,2	70,6
	Li 1,5 hm. %	42,0	85,0	84,0	34,3	75,7	77,4	23,0	64,3	72,0

#### 4.2.4 Výsledky MEK testu

Výsledky měření odolnosti testovaných povlaků vůči methylethylketonu jsou pro povlaky s obsahem funkčních plniv a nepigmentovaný povlak pryskyřice uvedeny v Tabulce 20. Výsledky povlaků s obsahem antikorozičního pigmentu suříku, doplněné o vybraná funkční plniva, jsou uvedeny v Tabulce 21. Výsledky testovaných filmů s obsahem různých alkalických silikátů, doplněné o testovaná funkční plniva, jsou uvedeny v Tabulce 22.

**Tabulka 20** Výsledky MEK testu pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$

Funkční plnivo	Den 1.		Den 3.		Den 14.		Den 28.		Den 48.	
	Stupeň v čase	Dosažení stupně 0	Stupeň v čase	Dosažení stupně 0	Stupeň v čase	Dosažení stupně 0	Stupeň v čase	Dosažení stupně 0	Stupeň v čase	Dosažení stupně 0
	50 s	[s]	50 s	[s]	50 s	[s]	50 s	[s]	50 s	[s]
Mastek	3	91	3	94	4	124	4	148	4	152
Plastorit	3	94	4	121	4	162	4	165	4	169
Wollastonit	3	95	4	136	4	158	4	161	4	160
–	4	190	4	224	5	300	5	300	5	300

**Tabulka 21** Výsledky MEK testu pro organické povlaky s obsahem suříku, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$

Pigment	Funkční plnivo	Den 1.		Den 3.		Den 14.		Den 28.		Den 48.	
		Stupeň v čase	Dosažení stupně 0	Stupeň v čase	Dosažení stupně 0	Stupeň v čase	Dosažení stupně 0	Stupeň v čase	Dosažení stupně 0	Stupeň v čase	Dosažení stupně 0
		50 s	[s]	50 s	[s]	50 s	[s]	50 s	[s]	50 s	[s]
Suřík	Mastek	0	-	2	63	3	89	4	107	4	109
	Plastorit	0	-	2	61	3	90	4	111	4	117
	Wollastonit	0	-	2	65	3	95	4	125	4	119

**Tabulka 22** Výsledky MEK testu pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů, DFT = 75 ± 5 μm

Funkční plnivo	Alkalický silikát	Den 1.		Den 3.		Den 14.		Den 28.		Den 48.	
		Stupeň v čase 50 s	Dosažení stupně 0 [s]	Stupeň v čase 50 s	Dosažení stupně 0 [s]	Stupeň v čase 50 s	Dosažení stupně 0 [s]	Stupeň v čase 50 s	Dosažení stupně 0 [s]	Stupeň v čase 50 s	Dosažení stupně 0 [s]
Mastek	K 0,5 hm. %	3	84	4	133	4	144	4	152	4	151
	K 1 hm. %	3	81	4	129	4	139	4	150	4	148
	K 1,5 hm %	3	83	4	139	4	151	4	155	4	157
Plastorit	K 0,5 hm. %	4	90	4	129	4	152	4	153	4	153
	K 1 hm. %	4	104	4	150	4	173	4	172	4	174
	K 1,5 hm. %	4	105	4	151	4	176	4	174	4	175
Wollastonit	K 0,5 hm. %	3	75	4	152	4	158	4	165	4	162
	K 1 hm. %	3	79	4	154	4	160	4	169	4	171
	K 1,5 hm %	3	78	4	153	4	159	4	168	4	164
Mastek	Na 0,5 hm. %	3	90	4	137	4	186	4	189	4	189
	Na 1 hm. %	3	84	4	142	4	191	4	190	4	192
	Na 1,5 hm. %	3	98	4	149	4	187	4	193	4	190
Plastorit	Na 0,5 hm. %	4	96	4	118	4	132	4	159	4	149
	Na 1 hm. %	4	101	4	150	4	173	4	175	4	175
	Na 1,5 hm %	4	100	4	151	4	176	4	171	4	172
Wollastonit	Na 0,5 hm. %	3	81	4	141	4	139	4	141	4	144
	Na 1 hm. %	3	92	4	161	4	163	4	159	4	160
	Na 1,5 hm. %	3	89	4	159	4	157	4	159	4	161
Mastek	Li 0,5 hm. %	3	92	4	145	4	153	4	155	4	153
	Li 1 hm. %	3	94	4	163	4	168	4	166	4	169
	Li 1,5 hm %	3	88	4	143	4	154	4	158	4	155
Plastorit	Li 0,5 hm. %	4	106	4	143	4	157	4	163	4	165
	Li 1 hm. %	4	102	4	150	4	169	4	173	4	173
	Li 1,5 hm. %	4	109	4	141	4	160	4	169	4	171
Wollastonit	Li 0,5 hm. %	3	73	4	130	4	139	4	138	4	142
	Li 1 hm. %	3	81	4	143	4	142	4	145	4	142
	Li 1,5 hm. %	3	95	4	144	4	148	4	147	4	153

#### 4.2.5 Výsledky mřížkové zkoušky přilnavosti na skleněných panelech

Pro jednotlivé testované povlaky byla stanovena zkouška přilnavosti pomocí mřížky i na skleněných panelech. Testované povlaky vykázaly velice dobrou přilnavost, proto byla zkouška provedena kromě standardního řezného nástroje s číslem 2 (6 nožů s rozestupem 2 mm) také řezným nástrojem s číslem 1 (6 nožů s rozestupem 1 mm) pro lépe patrné rozdíly mezi testovanými povlaky.

Všechny testované povlaky s obsahem funkčního plniva mastku, doplněné o vybrané alkalické silikáty při různých koncentracích, dosáhly stupně přilnavosti 0 (řezy byly hladké, čtverce bez poškození) jak pro mřížku 6 x 2 mm tak pro mřížku 6 x 1 mm, v následujících tabulkách proto nejsou uvedeny.

Stupně přilnavosti povlaku nepigmentované pryskyřice a povlaků s obsahem vybraných funkčních plniv jsou uvedeny v Tabulce 23, výsledky povlaků s obsahem antikoroziního pigmentu suříku, doplněné o jednotlivá funkční plniva jsou uvedeny v Tabulce 24 a výsledky testovaných povlaků s obsahem vybraných funkčních plniv doplněné o testované alkalické silikáty při různých koncentracích jsou uvedeny v Tabulce 25.

**Tabulka 23** Výsledky měření mřížkové metody pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv na skleněných panelech, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$

Funkční plnivo	Stupeň přilnavosti [st.]	
	Řez 6 x 2 mm	Řez 6 x 1 mm
Mastek	0	0
Plastorit	0	1
Wollastonit	0	1
–	0	1

**Tabulka 24** Výsledky měření mřížkové metody pro organické povlaky s obsahem suříku, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$

Antikoroziní pigment	Funkční plnivo	Stupeň přilnavosti [st.]	
		Řez 6 x 2 mm	Řez 6 x 1 mm
Suřík	Mastek	0	1
	Plastorit	0	1
	Wollastonit	0	1

**Tabulka 25** Výsledky měření mřížkové metody pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů, DFT =  $75 \pm 5 \mu\text{m}$ 

Funkční plnivo	Alkalický silikát	Stupeň přilnavosti [st.]	
		Řez 6 x 2 mm	Řez 6 x 1 mm
Plastorit	K 0,5 hm. %	0	0
	K 1 hm. %	0	0
	K 1,5 hm. %	0	0
Wollastonit	K 0,5 hm. %	0	1
	K 1 hm. %	0	0
	K 1,5 hm. %	0	0
Plastorit	Na 0,5 hm. %	0	1
	Na 1 hm. %	0	1
	Na 1,5 hm. %	0	1
Wollastonit	Na 0,5 hm. %	0	1
	Na 1 hm. %	0	0
	Na 1,5 hm. %	0	0
Plastorit	Li 0,5 hm. %	0	1
	Li 1 hm. %	0	1
	Li 1,5 hm. %	0	1
Wollastonit	Li 0,5 hm. %	0	1
	Li 1 hm. %	0	0
	Li 1,5 hm. %	0	0

### 4.3 Výsledky měření fyzikálně-mechanických vlastností nátěrových filmů na ocelových panelech

Organické povlaky byly nanášeny na ocelové panely pro mechanické zkoušky pomocí úzkého krabicového pravítka se šterbinou  $250 \mu\text{m}$ . Výsledná suchá tloušťka všech připravených nátěrových filmů byla  $DFT = 70 \pm 10 \mu\text{m}$ .

#### 4.3.1 Výsledky mřížkové zkoušky přilnavosti na ocelových panelech

Všechny testované organické povlaky vykázaly vynikající stupně přilnavosti pro mřížky provedené jak řezným nástrojem číslo 2 (rozestup nožů  $6 \times 2 \text{ mm}$ ), tak řezným nástrojem číslo 1 (rozestup nožů  $6 \times 1 \text{ mm}$ ). Stupeň přilnavosti všech nátěrových filmů byl 0, řezy byly hladké a jednotlivé čtverce byly bez poškození.

#### 4.3.2 Výsledky měření přilnavosti pomocí odtrhové zkoušky

Odtrhová zkouška byla provedena třikrát pro každý testovaný organický povlak. Výsledky pro nátěrový film nepigmentované pryskyřice a filmy s obsahem funkčních plniv mastku, plastoritu a wollastonitu jsou uvedeny v Tabulce 26. Výsledky organických povlaků s obsahem antikorozičního pigmentu suříku, doplněné o jednotlivá funkční plniva, jsou uvedeny v Tabulce 27. Výsledky testovaných povlaků s obsahem vybraných funkčních plniv doplněných o jednotlivé alkalické silikáty, při různých koncentracích, jsou uvedeny v Tabulce 28.

**Tabulka 26** Výsledky měření odtrhové zkoušky pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv, DFT =  $70 \pm 10 \mu\text{m}$

Funkční plnivo	Odtrhová síla [kN]	Odtrhová pevnost $\sigma$ [MPa]	Typ lomu
<b>Mastek</b>	0,542	1,726	95 % B; 5 % A/B
<b>Plastorit</b>	0,521	1,658	75 % A/B; 25 % –/Y
<b>Wollastonit</b>	0,650	2,070	90 % A/B; 10 % –/Y
–	0,375	1,194	A/B

**Tabulka 27** Výsledky měření odtrhové zkoušky pro organické povlaky s obsahem suříku, DFT =  $70 \pm 10 \mu\text{m}$

Antikoroziční pigment	Funkční plnivo	Odtrhová síla [kN]	Odtrhová pevnost $\sigma$ [MPa]	Typ lomu
<b>Suřík</b>	<b>Mastek</b>	0,250	0,795	85 % A/B; 15 % –/Y
	<b>Plastorit</b>	0,359	1,143	95 % A/B; 5 % –/Y
	<b>Wollastonit</b>	0,194	0,616	90 % A/B; 10 % –/Y

**Tabulka 28** Výsledky měření odtrhové zkoušky pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů, DFT = 70 ± 10 μm

Funkční plnivo	Alkalický silikát	Odtrhová síla [kN]	Odtrhová pevnost $\sigma$ [MPa]	Typ lomu
Mastek	K 0,5 hm. %	0,606	1,928	B
	K 1 hm. %	0,631	2,010	95 % B; 5 % A/B
	K 1,5 hm. %	0,741	2,358	B
Plastorit	K 0,5 hm. %	1,467	4,670	90 % A/B; 10 % B
	K 1 hm. %	1,476	4,701	85 % A/B; 15 % B
	K 1,5 hm. %	1,532	4,877	90 % A/B; 10 % B
Wollastonit	K 0,5 hm. %	1,487	4,736	70 % A/B; 30 % B
	K 1 hm. %	1,535	4,887	80 % A/B; 20 % B
	K 1,5 hm. %	1,532	4,877	90 % A/B; 10 % B
Mastek	Na 0,5 hm. %	0,659	2,099	B
	Na 1 hm. %	0,877	2,791	B
	Na 1,5 hm. %	1,079	3,435	B
Plastorit	Na 0,5 hm. %	0,859	2,734	50 % A/B; 50 % B
	Na 1 hm. %	0,995	3,167	70 % A/B; 30 % B
	Na 1,5 hm. %	1,185	3,772	85 % A/B; 15 % B
Wollastonit	Na 0,5 hm. %	1,024	3,260	60 % A/B; 40 % B
	Na 1 hm. %	1,657	5,275	85 % A/B; 15 % B
	Na 1,5 hm. %	1,618	5,153	80 % A/B; 20 % B
Mastek	Li 0,5 hm. %	0,690	2,197	90 % B; 10 % A/B
	Li 1 hm. %	0,703	2,237	90 % B; 10 % A/B
	Li 1,5 hm. %	0,699	2,225	90 % B; 10 % A/B
Plastorit	Li 0,5 hm. %	0,454	1,444	50 % B; 50 % A/B
	Li 1 hm. %	0,715	2,275	B
	Li 1,5 hm. %	0,911	2,900	60 % B; 40 % A/B
Wollastonit	Li 0,5 hm. %	0,413	1,315	80 % A/B; 20 % B
	Li 1 hm. %	0,416	1,323	90 % A/B; 10 % B
	Li 1,5 hm. %	0,454	1,446	95 % A/B; 5 % B

#### 4.3.3 Výsledky měření zkoušky odolnosti nátěrového filmu vůči hloubení

Všechny testované organické povlaky vykázaly vynikající odolnost proti vtlačování ocelové kuličky. Povlaky byly opatřeny křížovým řezem nožem, pro lepší patrnosti výsledků. Avšak u žádného testovaného filmu nedošlo k odloupení, porušení, nebo prasknutí povlaku ani po vtlačení kuličky o 10 mm.

#### 4.3.4 Výsledky měření zkoušky odolnosti nátěrového filmu vůči ohybu

Při měření odolnosti organických povlaků zkouškou ohybu byly použity válcové trny o průměru 4 a 2 mm. Všechny testované nátěrové filmy vykázaly vynikající odolnost, kdy nedošlo k žádné deformaci, prasknutí, ani odloupení organického povlaku.

#### 4.3.5 Výsledky měření zkoušky odolnosti nátěrového filmu vůči úderu

Stanovení odolnosti organického povlaku vůči nátěrovému filmu bylo provedeno pro výšky 100, 75 a 50 cm. S výjimkou povlaků uvedených v Tabulce 29 prokázaly všechny testované povlaky výbornou odolnost, kdy povlak nebyl nijak deformován, popraskán či odloupen i přes to, že filmy byly opatřeny křížovým řezem nožem, pro lepší patrnost rozdílů. V Tabulce 29 jsou uvedeny výsledky testovaných povlaků, které neudolaly pádu závaží z výšky 100 cm.

**Tabulka 29** Výsledky měření zkoušky úderem pro vybrané testované organické povlaky, DFT = 70 ± 10 µm

Funkční plnivo	Alkalický silikát	Úder z výšky		
		100 cm	75 cm	50 cm
-	-	N	N	A
Plastorit	-	N	A	A
Plastorit	Li 0,5 hm. %	N	A	A
Plastorit	Li 1 hm. %	N	A	A
Plastorit	Li 1,5 hm. %	N	A	A

\*Vysvětlení: N = neodolal, A = odolal

#### 4.4 Vyhodnocení korozních zkoušek

Fotografické záznamy jednotlivých testovaných organických povlaků jsou uvedeny v přílohách. Jednotlivé testované povlaky dosahovaly suché tloušťky filmu DFT = 100 ± 10 µm.

##### 4.4.1 Vyhodnocení zrychlené korozní zkoušky v atmosféře neutrální solné mlhy

Vyhodnocení korozních projevů testovaných organických povlaků bylo provedeno vždy po 120 h expozice a bylo ukončeno po 480 h. Po 480 h expozice byl organický povlak odstraněn a byla hodnocena koroze v řezu a míra podkorodování (koroze v ploše panelu).

**Tabulka 30** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 µm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
Mastek	-	0	0	-	-
Plastorit	-	0	0	-	-
Wollastonit	-	0	0	-	-
-	8F	0,3	0	8F	0,2



**Tabulka 31** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem suříku po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Antikorozní pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
Suřík	Mastek	-	0	0	-	-
	Plastorit	-	0	0	-	-
	Wollastonit	-	0	0	-	-

**Tabulka 32** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
K	Mastek	-	0	0	-	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0	0	-	-
K	Plastorit	-	0	0	-	-
Na		8F	0	0	8F	0,2
Li		-	0	0	-	-
K	Wollastonit	-	0	0	-	-
Na		8F	0	0	8F	0,2
Li		-	0	0	-	-

**Tabulka 33** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
K	Mastek	-	0	0	-	-
Na		8MD	0	0	8MD	-
Li		-	0	0	-	-
K	Plastorit	-	0	0	-	-
Na		8M	0	0	8M	0,1
Li		-	0	0	-	-
K	Wollastonit	-	0	0	-	0,4
Na		8F	0,3	0	8F	0,2
Li		-	0	0	-	-

**Tabulka 34** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm%	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	8F	0	0	8F	-
Na		8MD	0	0	6M	-
Li		-	0	0	-	-
K	Plastorit	-	0	0	-	0,1
Na		8M	0	0	8M	0,3
Li		8F	0	0	8M	0,2
K	Wollastonit	8M	0	0	-	0,5
Na		8M	0,1	0	8M	0,2
Li		-	0	0	-	0,15

**Tabulka 35** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Koroze v ploše NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
	[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
Mastek	8F	0,03	0	8M	-
Plastorit	8F	0,03	0	8F	-
Wollastonit	8F	0,03	0	8F	-
-	8MD	3	0	8MD	0,4

**Tabulka 36** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem suříku po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Antikorozní pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
Suřík	Mastek	-	3	0	-	-
	Plastorit	8F	0,1	0	8F	-
	Wollastonit	8F	0,03	0	8F	-

**Tabulka 37** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	-	0	0	8F	-
Na		8D	0	0	8D	-
Li		-	0	0	8M	-
K	Plastorit	0	0	0	8F	0,2
Na		6F	0	0	6F	0,35
Li		-	0	0	8M	-
K	Wollastonit	-	0	0	-	-
Na		6F	0	0	6F	0,3
Li		-	0	0	-	0,2

**Tabulka 38** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	-	0	0	-	0,3
Na		8D	0	0	6M	0,2
Li		-	0	0	8F	-
K	Plastorit	8F	0,03	0	8M	0,2
Na		8M	0	0	8F	0,3
Li		-	0	0	8F	0,1
K	Wollastonit	8M	0	0	8M	0,5
Na		8F	10	0	8M	0,3
Li		-	0	0	8M	-

**Tabulka 39** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	8MD	0	0	8MD	0,05
Na		8D	0	0	8D	-
Li		-	0	0	8M	-
K	Plastorit	8F	0	0	8M	0,3
Na		8MD	1	0	8MD	0,4
Li		8D	0	0	8D	0,3
K	Wollastonit	8MD	0,03	0	8MD	0,5
Na		8D	1	0	8D	0,3
Li		-	0	0	8M	0,3

**Tabulka 40** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
Mastek	8F	1	0	8M	-
Plastorit	8F	3	0	8F	-
Wollastonit	8F	0,1	0	8F	-
-	8MD	10	0	N	1,5

**Tabulka 41** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem suříku po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Antikorozní pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
Suřík	Mastek	8F	16	0	8F	-
	Plastorit	8F	1	0	8F	-
	Wollastonit	8F	1	0	8F	-

**Tabulka 42** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
K	Mastek	-	0	0	8F	-
Na		8D	0	0	8D	-
Li		-	0	0	8M	-
K	Plastorit	0	0	0	8F	0,2
Na		6F	0	0	6F	0,35
Li		-	0	0	8M	-
K	Wollastonit	-	0	0	-	0,05
Na		6F	0,3	0	6F	0,8
Li		-	0	0	-	0,5

**Tabulka 43** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	-	0	0	-	0,3
Na		8D	0	0	6M	0,2
Li		-	0	0	8F	-
K	Plastorit	8F	0,03	0	8M	0,2
Na		8M	0	0	8F	0,3
Li		-	0	0	8F	0,1
K	Wollastonit	8M	0,1	0	N	N
Na		8M	33	0	8M	0,3
Li		-	0	0	8M	-

**Tabulka 44** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	8MD	0	0	8MD	0,05
Na		8D	0	0	8D	-
Li		-	0	0	8M	-
K	Plastorit	8F	0	0	8M	0,3
Na		8MD	1	0	8MD	0,4
Li		8D	0	0	N	N
K	Wollastonit	8MD	0,3	0	N	2
Na		8D	3	0	8D	0,3
Li		-	0	0	8M	0,3

\*Vysvětlení: N = projev nebylo možné hodnotit z důvodu ztráty přilnavosti NF / příliš velké delaminace

**Tabulka 45** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace	Koroze v ploše panelu	Koroze v řezu
	[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]	[%]	[cm]
Mastek	6F	10	0	6MD	-	10	0,2
Plastorit	8MD	16	15	8MD	0,2	16	0,2
Wollastonit	8F	3	0	8F	0,3	3	0,3
-	8MD	16	0	N	2,3	100	1,2

**Tabulka 46** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem suříku po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnav. NF	Puchýře v řezu	Rozsah delam.	Koroze v ploše panelu	Koroze v řezu
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]	[%]	[cm]
Suřík	Mastek	N	33	75	N	0,2	33	0,2
	Plastorit	8F	16	0	8F	0,2	16	0,2
	Wollastonit	8F	33	0	8F	0,2	33	0,2

**Tabulka 47** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnav. NF	Puchýře v řezu	Rozsah delam.	Koroze v ploše panelu	Koroze v řezu
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]	[%]	[cm]
K	Mastek	8F	1	0	6F	0,05	3	0,4
Na		8D	0	0	6M	-	10	0,4
Li		8F	0,3	0	8M	0,1	1	0,4
K	Plastorit	N	N	100	N	N	10	0,3
Na		6F	1	0	N	N	33	1,2
Li		-	10	5	8M	-	10	0,2
K	Wollastonit	-	0	0	-	0,3	0	0,4
Na		6F	3	0	N	N	16	0,4
Li		-	0,3	0	8F	1,3	3	0,3

\*Vysvětlení: N = projev nebylo možné hodnotit z důvodu ztráty přilnavosti NF / příliš velké delaminace

**Tabulka 48** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnav. NF	Puchýře v řezu	Rozsah delam.	Koroze v ploše panelu	Koroze v řezu
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]	[%]	[cm]
K	Mastek	8F	3	30	N	N	3	0,4
Na		8D	0,03	0	6M	0,3	10	0,6
Li		8F	0,3	0	8M	-	3	0,2
K	Plastorit	8F	1	0	N	N	3	0,4
Na		8MD	3	15	N	N	16	0,9
Li		8F	0,3	45	N	N	3	0,6
K	Wollastonit	8MD	10	0	N	N	10	0,6
Na		N	N	N	N	N	50	0,4
Li		8F	10	0	8M	0,5	10	0,4

\*Vysvětlení: N = projev nebylo možné hodnotit z důvodu ztráty přilnavosti NF / příliš velké delaminace

**Tabulka 49** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře neutrální solné mlhy pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnav. NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delam. [cm]	Koroze v ploše panelu [%]	Koroze v řezu [cm]
<b>K</b>	<b>Mastek</b>	8MD	1	0	8MD	0,8	10	0,4
<b>Na</b>		8D	0,1	0	8D	-	16	0,4
<b>Li</b>		-	0,1	0	8MD	-	3	0,4
<b>K</b>	<b>Plastorit</b>	8F	3	35	N	N	3	0,6
<b>Na</b>		N	N	70	N	N	50	0,6
<b>Li</b>		8D	0,1	0	N	N	1	0,4
<b>K</b>	<b>Wollastonit</b>	8MD	10	0	N	N	16	0,8
<b>Na</b>		8D	16	0	N	N	100	0,6
<b>Li</b>		8F	10	0	N	2	10	0,6

\*Vysvětlení: N = projev nebylo možné hodnotit z důvodu ztráty přilnavosti NF / příliš velké delaminace

#### 4.4.2 Vyhodnocení zrychlené korozní zkoušky v atmosféře s povšechnou kondenzací

Vyhodnocení korozních projevů testovaných organických povlaků bylo provedeno vždy po 120 h expozice a bylo ukončeno po 480 h. Po 480 h expozice byl organických povlak odstraněn a byla hodnocena koroze v řezu a míra podkorodování (koroze v ploše panelu).

**Tabulka 50** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
<b>Mastek</b>	-	0	0	8F	-
<b>Plastorit</b>	-	0	0	8F	-
<b>Wollastonit</b>	-	0	0	-	-
-	8D	0	0	8D	-

**Tabulka 51** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem suříku po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Antikorozní pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
<b>Suřík</b>	<b>Mastek</b>	-	0	0	-	-
	<b>Plastorit</b>	-	0	0	-	-
	<b>Wollastonit</b>	-	0	0	-	-

**Tabulka 52** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	-	0	0	-	-
Na		-	0	0	8F	0,1
Li		-	0	0	-	-
K	Plastorit	-	0	0	8F	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0	0	8F	-
K	Wollastonit	-	0	0	-	-
Na		8F	0	0	8M	-
Li		-	0	0	-	-

**Tabulka 53** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	-	0	0	-	-
Na		8F	0	0	8F	0,2
Li		-	0	0	-	-
K	Plastorit	-	0	0	8F	0,1
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0	0	8F	-
K	Wollastonit	8MD	0	0	8MD	-
Na		8F	0	0	8M	-
Li		8F	0	0	8F	-

**Tabulka 54** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm%	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	8M	0	0	8M	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0	0	8F	-
K	Plastorit	8F	0	0	8F	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0	0	8M	0,1
K	Wollastonit	8M	0	0	8M	-
Na		8F	0	0	8M	0,1
Li		8M	0	0	8M	-



**Tabulka 55** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
Mastek	-	0	0	8F	-
Plastorit	-	0	0	8F	-
Wollastonit	-	0	0	-	-
-	8D	3	0	8D	-

**Tabulka 56** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem suříku po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Antikorozní pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
Suřík	Mastek	-	0	0	8F	-
	Plastorit	-	0	0	-	-
	Wollastonit	-	0	0	-	-

**Tabulka 57** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
K	Mastek	-	0	0	8F	-
Na		-	0	0	8MD	0,1
Li		-	0	0	8F	-
K	Plastorit	-	0	0	8F	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0	0	8F	-
K	Wollastonit	-	0	0	8F	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0	0	-	-

**Tabulka 58** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	-	0	0	8F	-
Na		8M	0	0	8M	0,2
Li		-	0	0	8M	-
K	Plastorit	-	0	0	8F	0,1
Na		6M	0	0	6M	-
Li		-	0	0	8F	-
K	Wollastonit	8MD	0	0	8MD	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		8M	0	0	8M	-

**Tabulka 59** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm%	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	8M	0	0	8M	-
Na		6M	0	0	6F	-
Li		-	0	0	8M	-
K	Plastorit	8F	0	0	8F	-
Na		6MD	0	0	6F	-
Li		8MD	0	0	8MD	0,1
K	Wollastonit	8MD	0	0	8MD	-
Na		8M	0	0	8M	0,2
Li		8MD	0	0	8MD	-

**Tabulka 60** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
	[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
Mastek	-	0	0	8F	-
Plastorit	-	0	0	8F	-
Wollastonit	-	0	0	8F	-
-	8D	10	0	8D	0,3

**Tabulka 61** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem suříku po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Antikorozní pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
Suřík	Mastek	-	0	0	8F	-
	Plastorit	-	0	0	-	-
	Wollastonit	-	0	0	-	-

**Tabulka 62** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
K	Mastek	-	0	0	8M	-
Na		8F	0	0	6MD	0,1
Li		8F	0	0	8M	-
K	Plastorit	-	0	0	8M	-
Na		6MD	0	0	6MD	-
Li		-	0	0	8F	-
K	Wollastonit	-	0	0	8M	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0	0	8F	-

**Tabulka 63** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
K	Mastek	-	0	0	8F	-
Na		6MD	0	0	6MD	0,2
Li		-	0	0	8MD	-
K	Plastorit	8M	0	0	8MD	0,1
Na		4MD	0	0	4MD	-
Li		8M	0	0	8MD	-
K	Wollastonit	8MD	0	0	8MD	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		8MD	0	0	8D	-

**Tabulka 64** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 360 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm%	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	8M	0	0	8M	-
Na		6MD	0	0	6MD	-
Li		8F	0	0	8D	-
K	Plastorit	8M	0	0	8M	-
Na		4MD	0	0	4F	-
Li		8D	0	0	8D	0,2
K	Wollastonit	8D	0	0	8D	-
Na		8MD	0	0	8MD	0,3
Li		8D	0	0	8D	-

**Tabulka 65** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace	Koroze v ploše panelu	Koroze v řezu
	[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]	[%]	[cm]
Mastek	-	0	0	8M	-	0,03	0,2
Plastorit	-	0	0	8M	-	0,03	0,2
Wollastonit	-	0	0	8F	-	0,03	0,1
-	8D	50	0	-	3	100	0,4

**Tabulka 66** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem suříku po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnav. NF	Puchýře v řezu	Rozsah delam.	Koroze v ploše panelu	Koroze v řezu
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]	[%]	[cm]
Suřík	Mastek	-	0	0	8F	-	0	0
	Plastorit	-	0	0	-	-	0	0,1
	Wollastonit	-	0	0	-	-	0	0,2

**Tabulka 67** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přílnav. NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delam. [cm]	Koroze v ploše panelu [%]	Koroze v řezu [cm]
K	Mastek	-	0	0	8M	-	0	0,2
Na		8M	0	0	6MD	0,1	0,1	0,3
Li		8F	0	0	8M	-	0,1	0,2
K	Plastorit	-	0	0	8MD	-	0	0,2
Na		4MD	0	0	4M	-	1	0,3
Li		-	0	0	8F	-	0	0,1
K	Wollastonit	8F	0	0	8M	-	0	0,1
Na		6MD	0	0	6MD	-	0	0,1
Li		-	0	0	8F	-	0	0,1

**Tabulka 68** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přílnav. NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delam. [cm]	Koroze v ploše panelu [%]	Koroze v řezu [cm]
K	Mastek	-	0	0	8F	-	0	0,1
Na		6MD	0	0	6MD	0,2	0,03	0,3
Li		-	0	0	8D	-	0,03	0,1
K	Plastorit	8M	0	0	8MD	0,1	0	0,2
Na		4MD	0	0	4MD	-	0	0,3
Li		8M	0	0	8MD	-	0,03	0,2
K	Wollastonit	8D	0	0	8D	-	0,03	0,1
Na		6M	0	0	8M	-	0	0,2
Li		8D	0	0	8D	-	0	0,1

**Tabulka 69** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s povšechnou kondenzací pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přílnav. NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delam. [cm]	Koroze v ploše panelu [%]	Koroze v řezu [cm]
K	Mastek	8MD	0	0	8MD	-	0	0,2
Na		6MD	0	0	6MD	-	0	0,3
Li		8M	0	0	8D	-	0,03	0,2
K	Plastorit	8M	0	0	8M	-	0	0,2
Na		4MD	0	0	4M	-	0	0,3
Li		8D	0	0	8D	0,3	0	0,3
K	Wollastonit	8D	0	0	8D	-	0	0,3
Na		6M	0	0	-	1,4	10	0,1
Li		8D	0	0	8D	0,2	0	0,2

#### 4.4.3 Vyhodnocení zrychlené korozní zkoušky v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>

Vyhodnocení korozních projevů testovaných organických povlaků bylo provedeno po 120 h a 240 h expozice. Pro náročnost tohoto prostředí nebyly vzorky dále exponovány. Po 240 h byl organických povlak odstraněn a byla hodnocena koroze v řezu a míra podkorodování neboli koroze v ploše panelu.

**Tabulka 70** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
Mastek	8F	3	0	8F	-
Plastorit	8MD	0,3	0	8MD	-
Wollastonit	8F	0,03	0	8F	-
-	8D	3	0	8D	0,2

**Tabulka 71** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem suříku po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Antikorozní pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
Suřík	Mastek	-	3	0	-	-
	Plastorit	-	3	0	-	-
	Wollastonit	-	0,03	0	-	-

**Tabulka 72** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnavosti NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delaminace [cm]
K	Mastek	-	0,3	0	-	-
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0,03	0	8M	-
K	Plastorit	-	10	0	N	2,4
Na		8F	0,1	0	8F	0,1
Li		-	0,03	0	-	-
K	Wollastonit	-	0	0	-	-
Na		8M	0,1	0	8M	0,3
Li		-	0	0	-	-

**Tabulka 73** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	-	3	5	-	0,2
Na		8M	0	0	8M	0,3
Li		-	0,1	0	-	-
K	Plastorit	-	0,1	0	-	0,1
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	1	0	-	0,1
K	Wollastonit	-	0	0	8M	0,4
Na		8M	1	0	8M	-
Li		-	0	0	-	-

**Tabulka 74** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 120 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm%	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace
		[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]
K	Mastek	-	0,3	0	-	0,2
Na		8M	0	0	8M	-
Li		-	0	0	-	-
K	Plastorit	-	0,3	0	-	0,1
Na		8M	0,03	0	8M	0,2
Li		-	0	0	-	0,4
K	Wollastonit	8MD	0,3	0	8MD	0,2
Na		8MD	0	0	8MD	0,4
Li		-	0	0	-	0,05

**Tabulka 75** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem plniv a filmu nepigmentované pryskyřice po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF	Koroze v ploše NF	Ztráta přilnavosti NF	Puchýře v řezu	Rozsah delaminace	Koroze v ploše panelu	Koroze v řezu
	[st.]	[%]	[%]	[st.]	[cm]	[%]	[cm]
Mastek	8D	10	8	8D	-	50	0,1
Plastorit	8D	16	10	8D	0,4	16	0,1
Wollastonit	8MD	1	7	8MD	0,5	16	0,1
-	8D	16	0	N	2	100	0,4

**Tabulka 76** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem suříku po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Pigment	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnav. NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delam. [cm]	Koroze v ploše panelu [%]	Koroze v řezu [cm]
Suřík	Mastek	N	50	80	N	N	50	0,1
	Plastorit	-	50	15	N	N	50	0,1
	Wollastonit	-	50	50	-	-	50	0,1

\*Vysvětlení: N = projev nebylo možné hodnotit z důvodu ztráty přilnavosti NF / příliš velké delaminace

**Tabulka 77** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnav. NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delam. [cm]	Koroze v ploše panelu [%]	Koroze v řezu [cm]
K	Mastek	8D	0,3	0	8D	-	33	0,3
Na		8D	0,1	0	8D	-	33	0,3
Li		8D	0,3	0	6MD	0,5	10	0,4
K	Plastorit	N	N	100	N	N	33	0,5
Na		6M	3	0	6MD	0,2	50	0,3
Li		8D	0,3	15	N	N	33	0,1
K	Wollastonit	8MD	0,3	0	8MD	0,3	3	0,1
Na		6MD	0,3	0	6F	0,4	33	0,6
Li		8D	3	45	N	N	16	0,1

\*Vysvětlení: N = projev nebylo možné hodnotit z důvodu ztráty přilnavosti NF / příliš velké delaminace

**Tabulka 78** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. % po 480 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnav. NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delam. [cm]	Koroze v ploše panelu [%]	Koroze v řezu [cm]
K	Mastek	N	N	95	N	N	33	0,4
Na		6D	0	0	N	1,8	33	1,1
Li		8D	1	0	8D	0,05	33	0,1
K	Plastorit	8D	0,3	30	N	N	10	0,1
Na		6D	0,1	0	6D	0,4	33	0,4
Li		8D	1	40	N	1,6	50	0,3
K	Wollastonit	N	N	85	N	N	33	0,8
Na		8D	3	6	8D	-	50	0,1
Li		8D	0,3	0	8D	0,4	10	0,2

\*Vysvětlení: N = projev nebylo možné hodnotit z důvodu ztráty přilnavosti NF / příliš velké delaminace



**Tabulka 79** Vyhodnocení korozních projevů v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub> pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. % po 240 h expozice, DFT = 100 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm. %	Funkční plnivo	Puchýře v ploše NF [st.]	Koroze v ploše NF [%]	Ztráta přilnav. NF [%]	Puchýře v řezu [st.]	Rozsah delam. [cm]	Koroze v ploše panelu [%]	Koroze v řezu [cm]
K	Mastek	8D	3	0	8D	0,3	16	0,2
Na		6MD	0,3	0	8D	-	33	0,3
Li		8D	1	0	8D	0,4	16	0,2
K	Plastorit	N	N	95	N	N	16	0,3
Na		6MD	0,1	10	N	2	50	0,4
Li		8MD	0,1	0	N	2,2	16	0,6
K	Wollastonit	8D	10	10	8D	0,4	50	0,4
Na		8MD	0,3	0	8MD	0,4	50	0,6
Li		8D	0,03	0	8D	0,5	33	0,2

\*Vysvětlení: N = projev nebylo možné hodnotit z důvodu ztráty přilnavosti NF / příliš velké delaminace

#### 4.4.4 Výsledky elektrochemického stanovení lineární polarizace

Elektrochemické stanovení lineární polarizace proběhlo na organických povlacích nanesených na speciálně určené panely, kdy suché tloušťky filmů byly DFT = 70 ± 10 μm.

**Tabulka 80** Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv a povlaku nepigmentované pryskyřice, DFT = 70 ± 10 μm

Funkční plnivo	E <sub>kor</sub> [mV]	I <sub>kor</sub> [μA]	β <sub>a</sub> [mV]	β <sub>c</sub> [mV]	R <sub>p</sub> [Ω]	CR [mm/rok]
Mastek	-416	0,545	26,5	27,6	1,08x10 <sup>4</sup>	0,81x10 <sup>-2</sup>
Plastorit	-415	0,468	26,4	27,4	1,25x10 <sup>4</sup>	0,69x10 <sup>-2</sup>
Wollastonit	-412	0,412	27,1	28,6	1,47x10 <sup>4</sup>	0,61x10 <sup>-2</sup>
-	-187	0,998	28,1	28,9	6,20x10 <sup>3</sup>	0,14x10 <sup>-1</sup>

**Tabulka 81** Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem suříku, DFT = 70 ± 10 μm

Antikorozní pigment	Funkční plnivo	E <sub>kor</sub> [mV]	I <sub>kor</sub> [μA]	β <sub>a</sub> [mV]	β <sub>c</sub> [mV]	R <sub>p</sub> [Ω]	CR [mm/rok]
Suřík	Mastek	-436	0,547	28,5	29,6	1,15x10 <sup>4</sup>	0,81x10 <sup>-2</sup>
	Plastorit	-428	0,578	28,6	29,1	1,08x10 <sup>4</sup>	0,85x10 <sup>-2</sup>
	Wollastonit	-424	0,598	28,4	29,7	1,05x10 <sup>4</sup>	0,88x10 <sup>-2</sup>

**Tabulka 82** Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm %, DFT = 70 ± 10 μm

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	E <sub>kor</sub> [mV]	I <sub>kor</sub> [μA]	β <sub>a</sub> [mV]	β <sub>c</sub> [mV]	R <sub>p</sub> [Ω]	CR [mm/rok]
K	Mastek	-411	0,373	27,3	28,2	1,61x10 <sup>4</sup>	0,55x10 <sup>-2</sup>
Na		-415	0,382	27,5	28,4	1,59 x10 <sup>4</sup>	0,57x10 <sup>-2</sup>
Li		-418	0,378	27,1	27,9	1,58x10 <sup>4</sup>	0,56x10 <sup>-2</sup>
K	Plastorit	-423	0,341	26,9	27,6	1,73x10 <sup>4</sup>	0,50x10 <sup>-2</sup>
Na		-431	0,411	28,0	28,4	1,49x10 <sup>4</sup>	0,61x10 <sup>-2</sup>
Li		-428	0,418	26,4	27,1	1,39x10 <sup>4</sup>	0,62x10 <sup>-2</sup>
K	Wollastonit	-422	0,396	27,3	28,3	1,52x10 <sup>4</sup>	0,59x10 <sup>-2</sup>
Na		-426	0,382	27,6	28,4	1,59x10 <sup>4</sup>	0,56x10 <sup>-2</sup>
Li		-430	0,384	27,3	27,9	1,56x10 <sup>4</sup>	0,57x10 <sup>-2</sup>

**Tabulka 83** Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm %, DFT = 70 ± 10 μm

Alkalický silikát 1 hm. %	Funkční plnivo	E <sub>kor</sub> [mV]	I <sub>kor</sub> [μA]	β <sub>a</sub> [mV]	β <sub>c</sub> [mV]	R <sub>p</sub> [Ω]	CR [mm/rok]
K	Mastek	-412	0,517	27,5	28,6	1,18x10 <sup>4</sup>	0,76x10 <sup>-2</sup>
Na		-418	0,536	27,6	28,7	1,14x10 <sup>4</sup>	0,79x10 <sup>-2</sup>
Li		-421	0,524	27,9	28,1	1,16x10 <sup>4</sup>	0,77x10 <sup>-2</sup>
K	Plastorit	-424	0,647	26,5	26,9	8,96x10 <sup>3</sup>	0,96x10 <sup>-2</sup>
Na		-428	0,650	26,4	27,2	8,95x10 <sup>3</sup>	0,96x10 <sup>-2</sup>
Li		-429	0,652	25,9	27,1	8,83x10 <sup>3</sup>	0,97x10 <sup>-2</sup>
K	Wollastonit	-424	0,589	24,5	25,6	9,23x10 <sup>3</sup>	0,87x10 <sup>-2</sup>
Na		-425	0,574	24,5	25,8	9,51x10 <sup>3</sup>	0,85x10 <sup>-2</sup>
Li		-426	0,571	24,6	25,7	9,56x10 <sup>3</sup>	0,84x10 <sup>-2</sup>

**Tabulka 84** Výsledky měření lineární polarizace pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm %, DFT = 70 ± 10 μm

Alkalický silikát 1,5 hm. %	Funkční plnivo	E <sub>kor</sub> [mV]	I <sub>kor</sub> [μA]	β <sub>a</sub> [mV]	β <sub>c</sub> [mV]	R <sub>p</sub> [Ω]	CR [mm/rok]
K	Mastek	-410	0,711	26,7	27,2	8,23x10 <sup>3</sup>	0,11x10 <sup>-1</sup>
Na		-416	0,718	25,9	26,9	7,98x10 <sup>3</sup>	0,11x10 <sup>-1</sup>
Li		-417	0,732	27,4	28,1	8,23x10 <sup>3</sup>	0,10x10 <sup>-1</sup>
K	Plastorit	-425	0,851	26,7	27,2	6,83x10 <sup>3</sup>	0,13x10 <sup>-1</sup>
Na		-433	0,869	26,5	27,4	6,73x10 <sup>3</sup>	0,14x10 <sup>-1</sup>
Li		-432	0,891	26,9	27,9	6,75x10 <sup>3</sup>	0,13x10 <sup>-1</sup>
K	Wollastonit	-431	0,993	27,2	28,1	6,30x10 <sup>3</sup>	0,15x10 <sup>-1</sup>
Na		-432	0,995	27,8	28,2	6,11x10 <sup>3</sup>	0,15x10 <sup>-1</sup>
Li		-431	0,949	27,4	28,0	6,40x10 <sup>3</sup>	0,14x10 <sup>-1</sup>

#### 4.4.5 Výsledky měření měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH

**Tabulka 85** Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv

Funkční plnivo	7. den		14. den		28. den	
	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]
Mastek	8,53	672	8,91	930	9,47	985
Plastorit	8,86	749	9,08	1060	9,67	1114
Wollastonit	8,61	603	9,01	816	9,52	867

**Tabulka 86** Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem suříku

Antikorozní pigment	Funkční plnivo	7. den		14. den		28. den	
		pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]
Suřík	Mastek	9,19	645	9,29	824	9,85	958
	Plastorit	8,97	453	9,21	788	9,84	849
	Wollastonit	8,89	455	9,35	717	9,83	794

**Tabulka 87** Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm %

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	7. den		14. den		28. den	
		pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]
K	Mastek	8,42	797	8,80	995	9,37	1084
Na		8,94	1135	9,27	1440	9,39	1823
Li		8,62	665	8,80	918	9,68	1874
K	Plastorit	8,45	752	8,82	1077	9,32	1193
Na		8,54	828	8,79	1183	9,24	1272
Li		8,46	590	8,72	828	9,35	856
K	Wollastonit	8,04	693	8,45	1025	9,05	1091
Na		8,64	1175	8,74	1698	9,56	1590
Li		8,54	498	8,35	721	9,13	810

**Tabulka 88** Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1 hm %

Alkalický silikát 1 hm. %	Funkční plnivo	7. den		14. den		28. den	
		pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]
K	Mastek	8,70	935	8,80	1032	9,40	1245
Na		9,16	1297	9,51	1455	9,66	1836
Li		8,64	655	8,92	951	9,92	1859
K	Plastorit	8,69	971	8,96	1320	9,47	1416
Na		8,78	1292	9,14	1677	9,45	1732
Li		8,69	625	8,84	893	9,45	1001
K	Wollastonit	8,23	704	8,59	1058	9,12	1171
Na		8,74	1258	9,07	1607	9,56	1646
Li		8,33	528	8,62	783	9,25	872

**Tabulka 89** Výsledky stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH pro organické povlaky s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm %

Alkalický silikát 1,5 hm. %	Funkční plnivo	7. den		14. den		28. den	
		pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]	pH	$\chi$ [ $\mu$ S]
K	Mastek	8,78	1046	9,15	1180	9,47	1438
Na		9,17	1498	9,53	1719	9,69	2250
Li		8,79	674	9,06	1151	9,99	2250
K	Plastorit	8,78	1044	9,11	1568	9,60	1678
Na		9,06	1548	9,41	2020	9,83	2100
Li		8,62	742	8,99	1112	9,46	1225
K	Wollastonit	8,44	1018	8,68	1425	9,33	1517
Na		8,83	1336	9,22	1698	9,61	1752
Li		8,43	657	8,88	939	9,26	1022

#### 4.4.6 Výsledky měření hmotnostních úbytků

**Tabulka 90** Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem funkčních plniv

Funkční plnivo	Hmotnost panelu [g]		Rozdíl [mg]
	Před expozicí	Po 7 dnech	
Mastek	6,132	6,128	4,3
Plastorit	5,945	5,938	6,1
Wollastonit	6,260	6,255	5,0

**Tabulka 91** Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem suříku

Antikoroziční pigment	Funkční plnivo	Hmotnost panelu [g]		Rozdíl [mg]
		Před expozicí	Po 7 dnech	
Suřík	Mastek	6,069	6,066	3,1
	Plastorit	5,988	5,983	5,3
	Wollastonit	6,088	6,083	4,4

**Tabulka 92** Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem alkalických silikátů při 0,5 hm. %

Alkalický silikát 0,5 hm. %	Funkční plnivo	Hmotnost panelu [g]		Rozdíl [mg]
		Před expozicí	Po 7 dnech	
K	Mastek	6,070	6,061	9,1
Na		5,985	5,978	6,7
Li		6,133	6,131	1,8
K	Plastorit	6,099	6,090	9,2
Na		6,170	6,156	14,1
Li		6,080	6,071	9,0
K	Wollastonit	6,071	6,064	7,0
Na		6,075	6,068	6,9
Li		6,125	6,117	8,0

**Tabulka 93** Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem alkalických silikátů při 1 hm. %

Alkalický silikát 1 hm. %	Funkční plnivo	Hmotnost panelu [g]		Rozdíl [mg]
		Před expozicí	Po 7 dnech	
K	Mastek	6,164	6,156	7,7
Na		6,011	6,004	7,2
Li		6,109	6,107	1,9
K	Plastorit	6,171	6,162	9,0
Na		6,108	6,100	8,5
Li		6,036	6,028	8,3
K	Wollastonit	6,283	6,274	9,1
Na		6,016	6,011	5,0
Li		6,080	6,073	7,5

**Tabulka 94** Výsledky měření hmotnostních úbytků pro výluhy povlaků s obsahem alkalických silikátů při 1,5 hm. %

Alkalický silikát 1,5 hm. %	Funkční plnivo	Hmotnost panelu [g]		Rozdíl [mg]
		Před expozicí	Po 7 dnech	
K	Mastek	6,223	6,214	9,3
Na		6,041	6,040	0,5
Li		6,119	6,116	2,4
K	Plastorit	6,088	6,080	7,8
Na		6,142	6,136	6,1
Li		6,082	6,074	8,2
K	Wollastonit	6,124	6,113	11,4
Na		6,038	6,029	8,8
Li		6,125	6,117	8,0

## 5 Diskuse k výsledkům

Kapitola diskuse je strukturována podle pořadí jednotlivých metod vypsanych v experimentální části této práce. Použité metody a provedené zkoušky byly zahrnuty do skupin pro lepší přehlednost. V kapitole 5.1 jsou uvedeny fyzikálně–chemické vlastnosti, v kapitole 5.2 jsou uvedeny fyzikálně–mechanické vlastnosti nátěrových filmů na skleněných panelech, v kapitole 5.3 jsou uvedeny fyzikálně–mechanické vlastnosti nátěrových filmů na ocelových panelech a v kapitole 5.4 jsou uvedeny korozní vlastnosti testovaných organických povlaků.

Funkční plnivo na bázi mastku (obchodní název Talc ST 30) je dále označováno jako *mastek*, tříkomponentní plnivo na bázi směsi křemičitanů slídy, chloritu a křemene (obchodní název Plastorit – Micro) je dále označováno jako *tříkomponentní plnivo* a plnivo na bázi metakřemičitanu vápenatého (obchodním názvem Wollastonit KS-3) je dále označováno jako *metakřemičitan vápenatý*.

### 5.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti

Pro použitou vodou ředitelnou epoxidovou pryskyřici CHS-EPOXY 200 V 55 a vodou ředitelné aduktivní aminové tvrdidlo Telalit 180 byly stanoveny hodnoty sušiny, které se shodovaly s hodnotami uváděnými výrobcem s odchylkou  $\pm 0,1$  %. Pro testované alkalické silikáty byly rovněž stanoveny hodnoty sušiny, kde draselné vodní sklo vykazovalo hodnotu sušiny 24,48 %, sodné vodní sklo dosáhlo hodnot sušiny 69,30 % a lithné vodní sklo mělo hodnotu sušiny 26,93 %.

Pro všechny prášková funkční plniva mastek, tříkomponentní plnivo a metakřemičitan vápenatý antikorozi pigment suřík i doplňkové plnivo vápenec byla stanovena hustota s odchylkou  $\pm 0,2$  g.cm<sup>-3</sup>, olejové číslo a byla vypočtena hodnota kritické objemové koncentrace pigmentu. Hodnota hustoty všech plniv se pohybovala v rozmezí 2,73 až 2,93 g.cm<sup>-3</sup>. Hustota funkčního plniva mastek byla 2,83 g.cm<sup>-3</sup>, tříkomponentního plniva pak 2,75 g.cm<sup>-3</sup> a metakřemičitanu vápenatého 2,93 g.cm<sup>-3</sup>. Suřík vykázal nejvyšší hodnotu hustoty a sice 8,79 g.cm<sup>-3</sup>. Stanovená olejová čísla funkčních plniv dosahovala blízkých hodnot g / 100 g pigmentu sice 32,99 pro mastek, 33,05 pro tříkomponentní plnivo a 35,10 pro wollastonit. Doplňkové plnivo vápenec vykazovalo nižší hodnotu olejového čísla, sice 18,73 g / 100 g pigmentu. Nejnižší hodnoty dosáhl suřík sice 4,60 g / 100 g pigmentu. Nejvyšší kritická objemová koncentrace pigmentu byla vypočtena pro suřík, kdy KOKP = 70 vysoká hodnota byla vypočtena také pro vápenec, kdy KOKP = 65 Nejnižší hodnota pak byla stanovena pro metakřemičitan vápenatý, sice KOKP = 47.

## 5.2 Fyzikálně-mechanické vlastnosti nátěrových filmů na skleněných panelech

Zkoušky fyzikálně mechanických vlastností testovaných organických povlaků na skleněných panelech byly provedeny vždy 1., 3. a každý 7. den až do 48. dne. Mezi provedené zkoušky patřily měření povrchové tvrdosti podle Persöze, Buchholzova zkouška, stanovení chemické odolnosti (MEK test) a měření přilnavosti pomocí mřížky. Všechny filmy byly nanесeny na skleněné, předem odmaštěné panely, pomocí krabicového pravítka se šířkou štěrbinu 250  $\mu\text{m}$ . Připravené povlaky dosahovaly suché tloušťky filmu  $\text{DFT} = 75 \pm 5 \mu\text{m}$ .

### 5.2.1 Relativní povrchová tvrdost nátěru měřená podle Persöze

Relativní povrchová tvrdost testovaných organických povlaků měřená pomocí útlumu kyvadla dle Persöze byla měřena v závislosti na čase po dobu 48 dnů. Měření bylo možné zahájit po 24 hodinách, kdy povrch připravených organických filmů nebyl lepivý. Měření bylo ukončeno 48. den. U testovaných filmů zpravidla již od 28. dne nedocházelo ke zvyšování hodnot relativní povrchové tvrdosti. Hodnota tvrdosti povlaku se ustálila a zůstala stejná s odchylkou do jednoho procenta. Zkouška byla při každém měření provedena třikrát. Všechny měřené povlaky vykazovaly obdobný vývoj relativní povrchové tvrdosti s výjimkou povlaků s obsahem antikorozičního pigmentu suříku, které měly nárůst tvrdosti pozvolnější.

Nepigmentovaný povlak vodou ředitelné epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 dosáhl dle očekávání nejnižší hodnoty relativní povrchové tvrdosti, sice 29,2 % ku skleněnému standardu při měření 48. den. Již při prvním měření (1. den) dosahoval tento povlak nejnižší hodnoty 11,5 % a i při dalších měřeních zůstával nejměkčím povlakem. Z organických povlaků s obsahem vybraných funkčních plniv při OKP = 15 % vykázal nejvyšší hodnotu relativní povrchové tvrdosti povlak s obsahem plniva metakřemičitanu vápenatého, sice 13,2 % během prvního měření a 35,2 % 48. den. Nejmenších hodnot tvrdosti dosahoval povlak s obsahem tříkomponentního plniva, 12,0 % 1. den a 31,6 při posledním měření. Film s obsahem plniva mastku vykázal hodnoty 12,7 % při prvním měření a 32,5 % při posledním měření 48. den. Jednotlivé tvrdosti těchto povlaků lze odvodit od tvaru částic a hustot funkčních plniv.

Testované povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 15 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na hodnotu OKP/KOKP = 35 vykázaly nejvyšší hodnoty relativní povrchové tvrdosti během prvního měření (1. den). Pvlaky doplněné o funkční plniva mastek, tříkomponentní plnivo a metakřemičitan vápenatý vykázaly 1. den hodnoty tvrdosti 20,2; 20,9 a 26,5 %. Následný vývoj relativní povrchové tvrdosti byl oproti ostatním

testovaným povlakům velice pozvolný. Naměřené tvrdosti těchto povlaků při posledním měření 48. den byly 32,5; 31,5 a 36,4. Výsledné tvrdosti byly tedy ovlivněny použitým typem funkčního plniva a jeho vhodným tvarem částic vyztužujícím matici pojiva, vyšší hodnoty počáteční tvrdosti lze odůvodnit přítomností suříku, který má násobně vyšší hodnoty hustoty a jeho alkalický charakter poskytuje tvrdší a křehčí filmy.

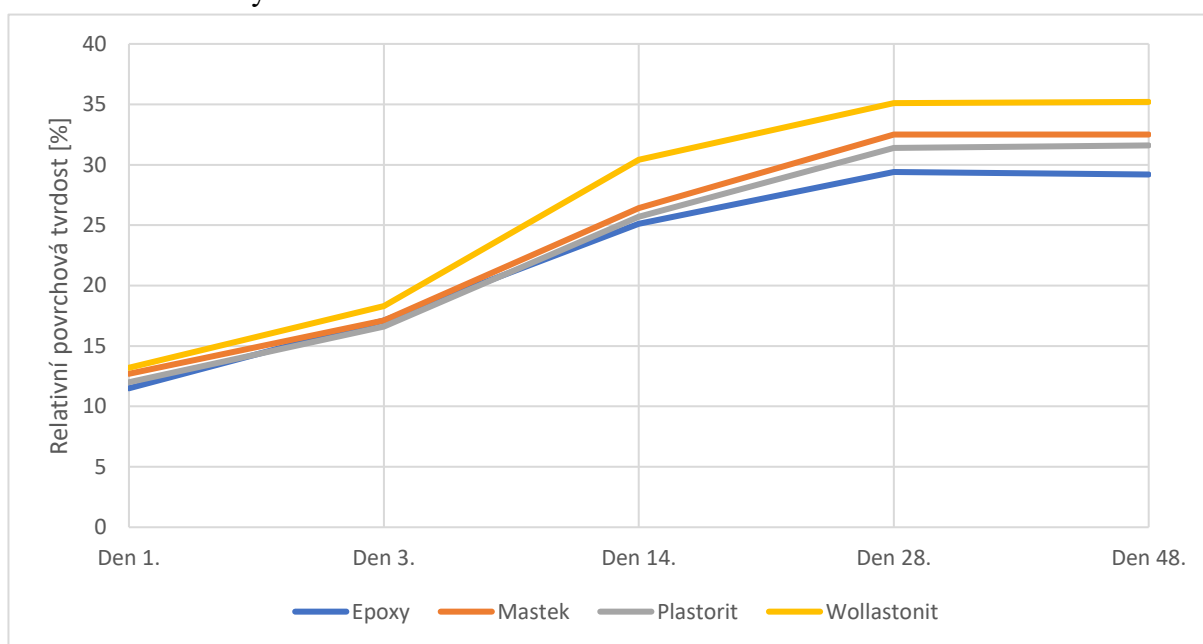
Z výsledků připravených organických povlaků s obsahem vybraných funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 %, doplněných o vybrané alkalické křemičitany, sice draselné, sodné a lithné vodní sklo při 0,5; 1 a 1,5 hm. %, lze konstatovat, že přidavek alkalických silikátů zvýšil hodnotu počáteční relativní povrchové tvrdosti těchto povlaků, kdy tyto povlaky vykazaly vyšší hodnotu tvrdosti během měření 1. a 3. den oproti povlakům s obsahem plniv bez alkalických silikátů. Vyšší počáteční hodnoty relativní tvrdosti lze odůvodnit tvorbou gelu vodních skel. Během měření 14. den již povlaky vykazovaly srovnatelné hodnoty relativní povrchové tvrdosti s filmy bez obsahu vodních skel. Při posledním měření (48. den) byly již naměřené hodnoty takřka stejné s odchylkou  $\pm 1$  % vůči povlakům bez obsahu silikátů. Rozdíl v hodnotách tvrdosti mezi povlaky s rozdílnou koncentrací alkalických silikátů pozorován nebyl, v důsledku malého množství silikátů.

#### **Shrnutí:**

- U organických povlaků pouze s obsahem vybraných funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % docházelo k nejvyšším nárůstům tvrdosti mezi 1. a 14. dnem. Nejvyšší tvrdost vykázal povlak s obsahem funkčního plniva metakřemičitanu vápenatého, sice 35,2 % (48. den). Povlak s obsahem plniva mastek pak dosáhl tvrdosti 32,5 % (48. den) a povlak s obsahem tříkomponentního plniva 31,6 % (48. den).
- Povlaky s obsahem antikoročního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o vybraná funkční plniva na OKP/KOKP = 35, vykazaly vyšší hodnoty tvrdosti během prvního měření (1. den) díky přítomnosti suříku, avšak následný vývoj povrchové tvrdosti byl velice pozvolný a při posledním měření (48. den) již byly hodnoty relativní povrchové tvrdosti ovlivněné zejména přítomným funkčním plnivem a schopností jeho částic vyztužovat matici pojiva, naměřené hodnoty byly 32,5; 31,5 a 36,4 % (48. den).
- Testované filmy s obsahem alkalických silikátů draselného, sodného a lithného vodního skla při 0,5; 1 a 1,5 hm. %, doplněné o vybraná funkční plniva



při OKP = 15 %, vykazaly vyšší hodnoty relativní povrchové tvrdosti oproti povlakům bez obsahu vodních skel během prvního měření (1. den), díky tvorbě gelu vodních skel, avšak již 14. den byly hodnoty tvrdostí ovlivněné pouze použitým typem funkčního plniva. Zásadní vliv koncentrace jednotlivých rozpustných silikátů na hodnoty relativní povrchové tvrdosti pozorován nebyl, v důsledku malého množství silikátů. Nejvyšší naměřená hodnota tvrdosti byla 36,5 %, nejnižší pak 29,4 % (48. den). Hodnoty byly obdobné s odchylkou  $\pm 1$  % povlakům bez obsahu alkalických silikátů.



**Obrázek 8** Vývoj relativní povrchové tvrdosti povlaků s obsahem funkčních plniv v porovnání s povlakem nepigmentované pryskyřice

### 5.2.2 Buchholzova vrypová zkouška

Při měření odolnosti povlaku vůči vtisku pomocí Buchholzovi vrypové metody v závislosti na čase lze z výsledků pozorovat obdobný vývoj tvrdosti měřených filmů. Metoda spočívala v měření odolnosti organických povlaků vůči vtisku za pomoci Buchholzova nástroje. U všech měřených organických povlaků byl pozorován pozvolný pokles délky vtisku, tedy nárůst tvrdosti. Od měření 28. dne již nedocházelo k nárůstu tvrdosti testovaných povlaků.

Nejnižší odolnost vůči vtisku ze všech měřených organických povlaků vykazoval testovaný film nepigmentované epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55, jehož délka vtisku 1. den byla 1,439 mm a 48. den jako jediná zůstala délka větší než 1 mm, sice 1,066 mm. Nejlepší odolnost vůči vtisku vykázal povlak s obsahem funkčního plniva metakřemičitanu vápenatého s délkou vtisku 0,984 mm během prvního měření (1. den) a 0,720 mm během měření 48. den. Povlak s obsahem funkčního plniva mastek vykázal délku vtisku 1,147 mm

během prvního měření (1. den) a 48. den pak 0,789 mm. Povlak s obsahem tříkomponentního plniva dosáhl délky vtisku 1,172 mm (1. den) a 0,821 mm (48. den). Rozdílné hodnoty těchto povlaků korespondují s výsledky měření relativní povrchové tvrdosti dle Persöze, jsou ovlivněny zejména tvarem částic a hustotou plniva.

U testovaných organických povlaků s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněných o vybraná funkční plniva na OKP/KOKP = 35, byla 1. den během prvního měření naměřena vyšší délka vtisku oproti povlakům pouze s obsahem funkčních plniv, z výsledků lze konstatovat, že tyto povlaky měli počáteční odolnost vůči vtisku nižší oproti povlakům doplněným pouze o funkční plniva také 3. den. Od měření 14. dne byly již délky vtisku obdobné s odchylkou do  $\pm 0,05$  mm stejně jako finální hodnoty naměřené 48. den. Nižší počáteční odolnost těchto povlaků je způsobena sférickým tvarem částic suříku, které hůře vyztužují matici pojiva. Výsledné hodnoty jsou pak opět dány tvarem částic a hustotou použitého funkčního plniva vyztužujícího finální matici pojiva.

Měření odolnosti vůči vtisku organických povlaků s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % doplněných o jednotlivé testované alkalické silikáty při 0,5; 1 a 1,5 hmotnostních % neukázalo žádný prokazatelný vliv vodních skel na odolnost povlaku vůči vtisku, nehledě na koncentraci silikátu. Počáteční hodnoty naměřené 1. den i finální délky naměřené 48. den byly obdobné délkám vtisků u povlaků bez obsahu vodních skel, pouze s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého. Odchytky od těchto povlaků byly menší než  $\pm 0,05$  mm. Odolnost těchto povlaků byla tedy ovlivněna pouze použitým funkčním plnivem.

### **Shrnutí:**

- Nejnižší odolnost vůči vtisku vykázal povlak nepigmentované pryskyřice, sice 1,439 mm (1. den) a 1,066 mm (48. den), nejvyšší odolnost byla zaznamenána u povlaků s obsahem funkčního plniva na bázi metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 %, sice 0,984 mm (1. den) a 0,720 mm (48. den). U povlaku s obsahem plniva mastek při OKP = 15 % byla naměřena délka vtisku 0,808 mm (48. den) a u povlaku s obsahem tříkomponentního plniva při OKP = 15 pak 0,720 mm (48. den). Odolnost vůči vtisku byla dána především tvarem částic, jejich schopností vyztužit matici pojiva použitého funkčního plniva.
- Testované povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 15 %, doplněné o vybraná funkční plniva na OKP/KOKP = 35, vykázaly nižší odolnosti

vůči vtisku během 1. a 3. měření (1. a 3. den). Od 14. dne pak vykazovaly obdobné hodnoty jako povlaky pouze s obsahem funkčních plniv. 48. den byly naměřeny délky vtisku 0,789; 0,821 a 0,723 mm (48. den). Větší délky vtisku těchto povlaků při počátečních měřeních jsou způsobeny sférickým tvarem částic suříku, který hůře vyztužuje matrici pojiva, finální pevnosti jsou již odvíjeny od použitých typů funkčních plniv a jejich schopnosti vytvrzovat matrici pojiva.

- Alkalické silikáty, bez ohledu na koncentraci, neovlivňovaly odolnost organických povlaků vůči vtisku, tato vlastnost povlaku byla u těchto povlaků ovlivněna pouze použitým funkčním plnivem.

### 5.2.3 Stanovení čísla lesku organických povlaků

Hodnoty čísla lesku byly měřeny při úhlech 20°, 60° a 85° pro všechny povlaky třikrát při každém měření 1.; 3. a každý 7. den až do 48. dne. Z výsledků je možné pozorovat znatelný pokles čísla lesku u všech testovaných povlaků s výjimkou nepigmentované pryskyřice. Pokles byl nejrapidnější mezi 1. a 7. měřením (1. a 7. den).

Povlak nepigmentované epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 vykazoval nejvyšší hodnotu čísla lesku. U tohoto povlaku docházelo k nejmenšímu poklesu čísla lesku v závislosti na čase, naměřené hodnoty pro všechny úhly byly téměř beze změny i po 48 dnech. Nejvyšších čísel lesku u organických povlaků s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % dosáhl film s obsahem tříkomponentního plniva, sice 74,5; 96,6 a 97,7 při úhlech 20°, 60° a 85° 1. den a 46,9; 87,0 a 94,1 při posledním měření 48. den. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u povlaku s obsahem plniva metakřemičitanu vápenatého, a to 43,7; 86,7 a 86,6 7 při úhlech 20°, 60° a 85° během prvního měření a 26,4; 68,7 a 75,2 u posledního měření 48. den.

Testované filmy s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, dosahovaly mnohem nižších hodnot čísla lesku. Avšak pokles hodnot čísla lesku v závislosti na čase nebyl u těchto povlaků tak rapidní jako u povlaků pouze s obsahem funkčních plniv.

Přídavek jednotlivých alkalických silikátů, nehledě na koncentraci, v kombinaci s vybranými funkčními plnivy při OKP = 15 % způsobil znatelný pokles hodnot lesku u povlaků s obsahem funkčních plniv mastku a metakřemičitanu vápenatého. Podobně jako u povlaků s obsahem suříku však pokles čísla lesku v závislosti na čase nebyl natolik strmý. Z výsledků nelze určit vliv koncentrace silikátu na pokles čísla lesku,

v důsledku malého množství silikátů. Číslo lesku nejvíce snižoval přídavek sodného vodního skla, které obsahovalo 27,27 %  $\text{SiO}_2$ , sice nejvíce ze všech použitých vodních skel. Z výsledků se zdá, že obsah  $\text{SiO}_2$  v použitém alkalickém křemičitanu byl zásadním činitelem. Čím více obsahovalo použité vodné sklo složky  $\text{SiO}_2$ , tím více snižovalo číslo lesku povlaku.

### Shrnutí

- Testovaný povlak nepigmentované pryskyřice vykázal nejvyšší hodnoty čísla lesku, sice 124, 139 a 89 pro  $20^\circ$ ,  $60^\circ$  a  $85^\circ$ . Čísla lesku tohoto povlaku se v závislosti na čase téměř neměnila.
- U všech testovaných organických povlaků s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % byl pozorovatelný strmý pokles hodnot čísla lesku v závislosti na čase.
- Povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá vybraná funkční plniva mastek, tříkomponentní plnivo a metakřemičitan vápenatý na OKP/KOKP = 35, vykázaly nižší hodnoty čísla lesku oproti povlakům pouze s obsahem funkčních plniv, avšak pokles čísel lesku nebyl natolik strmý.
- Přídavek jednotlivých typů alkalických silikátů do formulací vybraných funkčních plniv způsobil počáteční pokles hodnot čísel lesku u povlaků s obsahem funkčního plniva mastku a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 %, avšak bez znatelného ohledu na koncentraci jednotlivých alkalických silikátů v důsledku malého množství vodních skel. Pokles čísel lesku v závislosti na čase nebyl natolik strmý v porovnání s povlaky bez obsahu vodních skel.

#### 5.2.4 Stanovené chemické odolnosti (MEK test)

Měření odolnosti testovaných organických povlaků vůči působení methylethylketonu prokázaly relativně nízkou odolnost všech připravených povlaků vůči tomuto rozpouštědлу. Výjimku představuje nátěrový film nepigmentované epoxidové pryskyřice, který poměrně odolával.

Testovaný povlak nepigmentované vodou ředitelné pryskyřice dosáhl hodnoty času potřebného k protření nátěrového filmu při prvním měření (1. den) 190 s a již od 14. dne odolal tento povlak po dobu 300 s i bez patrného vyleštění. Organické povlaky s obsahem funkčních

plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % dosahovaly znatelně nižších hodnot, přičemž během prvního měření (1. den) byly hodnoceny stupněm 3 v čase 50 s, značící lehké poškrábání nátěru. Tyto testované povlaky dosahovaly blízkých hodnot času potřebného k protření, sice 91, 80 a 95 s první den a 152, 169 a 160 s při posledním měření (48. den.). Do měření 14. dne vykazovaly tyto povlaky pozvolný nárůst odolnosti, stejně jako povlak nepigmentované pryskyřice, od 14. dne však docházelo k ustálení hodnot času a stupňů v čase 50 s, od 28. dne se již tyto hodnoty znatelně neměnily. Přídavek funkčních plniv do formulací této epoxidové pryskyřice ukázal jasné snížení odolnosti tohoto pojiva vůči methylethylketonu.

Připravené organické povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, vykazovaly nejnižší odolnost vůči působení methylethylketonu, kdy tyto nátěry zaznamenaly stupeň 0 v čase 50 s, a sice došlo k protření nátěrového filmu a úplnému obnažení podkladu. I při posledním měření (48. den) byla u těchto povlaků zaznamenána nejnižší odolnost, sice v rozmezí 109 až 119 s potřebných k dosažení stupně 0 a úplnému obnažení podkladu. Nízkou odolnost těchto povlaků si lze odůvodnit sférickým tvarem částic suříku, které lze snadněji uvolnit z matrice pojiva.

U nátěrových filmů s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % s obsahem vybraných alkalických silikátů při 0,5; 1 a 1,5 hmotnostních procent nebylo prokázáno zásadní ovlivnění odolnosti těchto povlaků vůči methylethylketonu přidáním vodních skel, nehledě na koncentraci.

#### **Shrnutí:**

- Nejvyšší odolnost vůči methylethylketonu vykázal povlak nepigmentované vodou ředitelné epoxidové pryskyřice, u kterého nedošlo k poškození filmu ani po 300 s (48. den)
- Formulace povlaků tohoto pojiva s obsahem vybraných funkčních plniv snížila odolnost těchto filmů, kdy nátěry s obsahem mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % vykazovaly dosažení stupně 0 za 152, 169 a 160 s (48. den).
- Testované povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o vybraná funkční plniva na OKP/KOKP = 35 vykazovaly nejnižší odolnost, v důsledku sférického tvaru částic suříku, které lze snadněji uvolnit z matrice pojiva.

Při prvním měření žádný povlak neodolal ani po dobu 50 s a vykazaly tak stupeň odolnosti 0 v čase 50 s, při posledním měření 48. den byl u těchto povlaků dosažen stupeň 0 v rozmezí 109 až 119 s.

- Přídavek alkalických silikátů do organických povlaků s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % nevykázal žádné zásadní ovlivnění odolnosti těchto povlaků, bez ohledu na koncentraci jednotlivých vodních skel.

### 5.2.5 Stanovení přilnavosti na skleněných panelech pomocí mřížkové metody

Z výsledků je patrné, že všechny testované povlaky dosáhly vynikajících stupňů přilnavosti na skleněných panelech. Pro lepší viditelnost rozdílů mezi jednotlivými testovanými filmy byla metoda provedena také s pomocí řezného nástroje číslo 1 (vznik mřížky 6 x 1 mm), jelikož všechny povlaky vykazaly stupeň přilnavosti 0 pro mřížku 6 x 2 mm. Následující kapitola diskutuje stanovení stupně přilnavosti pro mřížku 6 x 1 mm.

Připravený povlak nepigmentované pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 vykazal stupeň přilnavosti 1. Testované povlaky s obsahem tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % rovněž vykazaly stupeň přilnavosti 1. Nátěrový film s obsahem funkčního plniva mastku při OKP = 15 % vykazal stupeň přilnavosti 0. Lze tedy konstatovat, že přídavek funkčního plniva mastku přispívá k lepší přilnavosti nátěrového filmu k podkladu. Dobrou přilnavost si lze odůvodnit lamelárním tvarem částic mastku.

Testované povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, dosáhly stupně přilnavosti 1. Je tedy patrné, že přítomnost suříku v nátěrovém filmu nezlepšila přilnavost povlaku oproti filmu nepigmentované pryskyřice.

Organické povlaky s obsahem jednotlivých funkčních plniv při OKP = 15 %, doplněné o testované alkalické silikáty při 0,5; 1 a 1,5 hm. %, dosahovaly rozdílných výsledků oproti povlakům bez přídavku vodních skel. Z výsledků lze konstatovat, že přídavek draselného vodního skla při 1 a 1,5 hm. % zlepšuje přilnavost nátěrových filmů. Lithné a sodné vodní sklo při koncentracích 1 hm. % a 1,5 hm. % zlepšily přilnavost povlaků s obsahem funkčního plniva Wollastonit. Přídavek vodních skel tedy může pomoci zlepšit přilnavost povlaku k podkladu, avšak kritikou vlastnost stále představuje struktura funkčního plniva.

**Shrnutí:**

- Všechny testované povlaky dosáhly vynikajících výsledků pro mřížkovou metodu provedenou řezným nástrojem s číslem 2 (6 x 2 mm)
- Povlaky s obsahem funkčního plniva mastku při OKP = 15 % dosahovaly nejlepších výsledků pro stupně přilnavosti, sice stupně 0.
- Testované povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 15 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, nezlepšily přilnavost povlaku oproti filmu nepigmentované pryskyřice a vykazaly stupeň 1 stejně jako povlak nepigmentované pryskyřice.
- Přídavek 1 hm. % a 1,5 hm. % draselného vodního skla zlepšil přilnavost testovaných povlaků s obsahem tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % oproti povlakům bez obsahu alkalických silikátů.

### **5.3 Fyzikálně-mechanické vlastnosti nátěrových filmů na ocelových panelech**

Testované povlaky byly nanášeny na ocelové panely pro mechanické zkoušky, suché tloušťky filmů dosahovaly  $DFT = 70 \pm 10 \mu\text{m}$ . Jednotlivé zkoušky byly na organických povlácích provedeny po 30 dnech kondicionování. Metody zahrnovaly zkoušky přilnavosti pomocí mřížkové metody, odtrhovou zkoušku, a také zkoušky odolnosti povlaku vůči hloubení, úderu a ohybu.

#### **5.3.1 Stanovení přilnavosti na ocelových panelech pomocí mřížkové metody**

Zkouška přilnavosti pomocí mřížkové metody na ocelových panelech nezaznamenala žádné rozdíly mezi testovanými organickými povlaky. Všechny nátěrové filmy vykazaly vynikající stupně přilnavosti jak pro mřížky provedené řezným nástrojem číslo 2 (6 x 2 mm), tak i pro mřížky provedené řezným nástrojem číslo 1 (6 x 1 mm) provedené za účelem lepšího rozlišení stupňů přilnavosti nátěrů. Pro všechny organické povlaky byl přes to stanoven stupeň přilnavosti 0, kdy řezy byly hladké a jednotlivé čtverce byly bez poškození u obou testovaných mřížek. Nelze tedy diskutovat vliv jednotlivých použitých funkčních plniv, ani vliv vybraných alkalických silikátů na tuto zkoušku.

### 5.3.2 Stanovení přilnavosti nátěrových filmů pomocí odtrhové metody

Naměřené výsledky odtrhových sil a následně vypočtené odtrhové pevnosti  $\sigma$  pro jednotlivé testované organické povlaky jasně ukazují, že přidavkem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva i metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % dochází ke zvýšení odtrhové pevnosti  $\sigma$  oproti povlaku nepigmentované epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55. Měření přilnavosti bylo provedeno třikrát pro každý testovaný povlak, naměřené hodnoty byly následně zprůměrovány. Povlak nepigmentované pryskyřice vykázal odtrhové pevnosti  $\sigma$  1,194 MPa. Nátěrový film s obsahem funkčního plniva mastku dosáhl odtrhové pevnosti  $\sigma$  1,726 MPa s převažujícím kohezním typem lomu v nátěru sice 95 % B. Povlak s obsahem tříkomponentního plniva vykázal odtrhové pevnosti  $\sigma$  1,658 MPa s převažujícím typem lomu 75 % A/B (adhezní lom mezi podkladem a nátěrem). Testovaný nátěr s obsahem plniva metakřemičitanu vápenatého pak vykázal odtrhovou pevnost  $\sigma$  2,070 MPa s převažujícím adhezním typem lomu 90 % A/B. Sekundárním typem lomu byl vždy adhezní lom mezi nátěrem a lepidlem -/Y. Kohezní typ lomu u povlaku s obsahem mastku lze odůvodnit ryze lamelárním tvarem částic, u kterého je snazší oddělení jednotlivých vrstev nátěru. Vysokou hodnotu u povlaku s obsahem plniva metakřemičitanu vápenatého pak lze odvodit od jehlicovitého tvaru částic zajišťujícího výborný ztužující efekt tohoto plniva v matrici pojiva.

Výsledky organických povlaků s obsahem antikoročního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, jasně ukazují pokles odtrhové pevnosti  $\sigma$  těchto povlaků. Naměřené hodnoty byly nižší i oproti filmu nepigmentované pryskyřice a to až o 50 %. Povlak nepigmentované pryskyřice vykázal odtrhovou pevnost 1,194 MPa s adhezním typem lomu 100 % A/B, filmy s obsahem suříku dosáhly pevností v rozmezí 0,616 až 1,143 MPa s převažujícím adhezním typem lomu 90 % A/B. Nízké hodnoty jsou způsobeny zejména vyšší křehkostí těchto filmů v důsledku alkalického charakteru suříku.

Přídavek draselného a sodného vodního skla do formulací organických povlaků s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % dle výsledků ukazuje nárůst odtrhové pevnosti  $\sigma$  již při koncentraci 0,5 hm. % u všech povlaků. Trend odtrhové pevnosti  $\sigma$  byl nárůst pevnosti se zvyšující se koncentrací alkalických silikátů. Přídavek alkalických silikátů také ovlivňuje typ lomu těchto povlaků, kdy filmy s obsahem tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého, bez obsahu vodních skel, vykazují převažující adhezní typ lomu mezi nátěrem a podkladem A/B a sekundární typ lomu adhezní mezi nátěrem a lepidlem -/Y. S přidavkem



alkalických silikátů vykazaly tyto povlaky jako sekundární typ kohezní lom v nátěru B, tento lom se vyskytoval v rozmezí 10 až 50 %. Přítomnost kohezního typu lomu při přidavku alkalických křemičitanů může být způsobena tvorbou vrstvy těchto silikátů na kovovém podkladu a na povrchu první vrstvy nátěrového filmu. Přídavek lithného vodního skla v organickém povlaku s obsahem funkčního plniva mastku při OKP = 15 % vykázal zvýšení odtrhové pevnosti  $\sigma$  již při koncentraci 0,5 hm %. Povlak s obsahem tříkomponentního funkčního plniva při OKP = 15 % vykázal zvýšení odtrhové pevnosti  $\sigma$  při koncentracích 1 a 1,5 hm % lithného vodního skla. Přídavek lithného vodního skla do formulací organických povlaků s obsahem funkčního plniva metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % měl negativní vliv na výsledné odtrhové pevnosti  $\sigma$  těchto povlaků, kdy došlo ke snížení odtrhové pevnosti  $\sigma$  až o 37 %. Z výsledků nelze jednoznačně odvodnit vliv jednotlivých alkalických silikátů na zvýšení odtrhových pevností  $\sigma$ . Draselné a sodné vodní sklo zvyšují odtrhové pevnosti  $\sigma$  neúměrně u jednotlivých povlaků, záleží zejména na typu použitého plniva. Anomálie vyskytující se u lithného vodního skla dále poukazuje na rozdílné chování alkalických křemičitanů s jednotlivými plnivy. Lithné vodní sklo v organickém povlaku s obsahem plniva mastku zvyšuje přilnavost tohoto povlaku již při 0,5 hm. %, v povlaku s obsahem tříkomponentního plniva dochází ke zvýšení odtrhové pevnosti  $\sigma$  až při 1 hm. % a u povlaku s obsahem plniva metakřemičitanu vápenatého dochází dokonce ke snížení přilnavosti povlaku i při 1,5 hm. %. Příčinou může být silikátový modul lithného vodního skla 5,87, který je z použitých vodních skel nejvyšší.



*Adhezní typ lomu mezi nátěrem a podkladem A/B*



*Kohezní typ lomu v nátěru B*

**Obrázek 9** Ukázka typů lomu A/B a B

**Shrnutí:**

- Organické povlaky s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého vykazují zvýšení odtrhové pevnosti  $\sigma$  oproti povlaku nepigmentované pryskyřice až na 2,070 MPa u povlaku s obsahem metakřemičitanu vápenatého. Vysokou hodnotu u tohoto povlaku lze odůvodnit jehlicovitým tvarem tohoto křemičitanového plniva zajišťující dobrý ztužující účinek plniva v matrici pojiva. U povlaku s obsahem mastku převažuje kohezní lom v nátěru B v důsledku lamelárního tvaru částic. U povlaků s obsahem tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého pak převažuje adhezní lom mezi podkladem a nátěrem A/B.
- Obsah antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 % v povlacích s obsahem jednotlivých funkčních plniv při OKP/KOKP = 35 dle výsledků ukazuje citelné snížení odtrhové pevnosti  $\sigma$  i oproti povlaku nepigmentované pryskyřice s převažujícím typem lomu A/B, nejnižší naměřená odtrhová pevnost  $\sigma$  byla 0,616 MPa, což je znatelně nižší hodnota  $\sigma$  oproti povlaku nepigmentované pryskyřice, který vykázal  $\sigma$  1,194 MPa. Nízké hodnoty lze odvodit od vyšší křehkosti filmu v důsledku alkalického charakteru suříku.
- Přídavek draselného a sodného vodního skla zvyšuje odtrhové pevnosti povlaků s obsahem jednotlivých funkčních plniv při OKP = 15 %. Již při přídavku 0,5 hm. % těchto alkalických silikátů dochází ke značnému zvýšení výsledných odtrhových pevností. Přítomnost těchto vodních skel také zvyšuje výskyt kohezního typu lomu v nátěru B až na 50 %. Největší rozdíl byl patrný u povlaku s obsahem tříkomponentního plniva doplněného o 1,5 hm. % draselného vodního skla, který dosáhl odtrhové pevnosti  $\sigma$  4,877 MPa.
- S rostoucí koncentrací vodních skel roste také naměřená hodnota odtrhové pevnosti.
- Draselné a sodné vodní sklo zvyšují pevnosti odlišně pro jednotlivé povlaky v závislosti na použitém funkčním plnivu.
- Přídavek lithného vodního skla vykazuje odlišné výsledky pro jednotlivé povlaky v závislosti na použitém funkčním plnivu.

### 5.3.3 Stanovení odolnosti organického povlaku zkouškou ohybem

Zkouška ohybem byla provedena pro válcové trny o průměru 4 a 2 mm, i přes náročnost této zkoušky vykazaly všechny testované organické povlaky, včetně povlaku nepigmentované epoxidové pryskyřice vynikající odolnost vůči ohybu. U žádného z testovaných filmů nedošlo k deformaci, odloupení, nebo prasknutí povlaku ani při ohybu přes trn o průměru 2 mm.

### 5.3.4 Stanovení odolnosti organického povlaku zkouškou hloubením

Při stanovení odolnosti nátěrových filmů pomocí zkoušky hloubením není možné diskutovat vliv jednotlivých funkčních plniv ani alkalických silikátů. Všechny testované organické povlaky, včetně filmu nepigmentované epoxidové pryskyřice, vykazaly vynikající odolnost. U testovaných povlaků nedošlo k porušení, odloupení, nebo prasknutí nátěrového filmu ani po vtlačení ocelové kuličky o 10 mm, přestože byly nátěry opatřeny křížovým řezem nožem, pro lepší patrnost poškození a rozlišení výsledků. Všechny povlaky vykazaly odolnost > 10 mm.



**Obrázek 10** Příklady stanovení odolnosti povlaku vůči hloubení

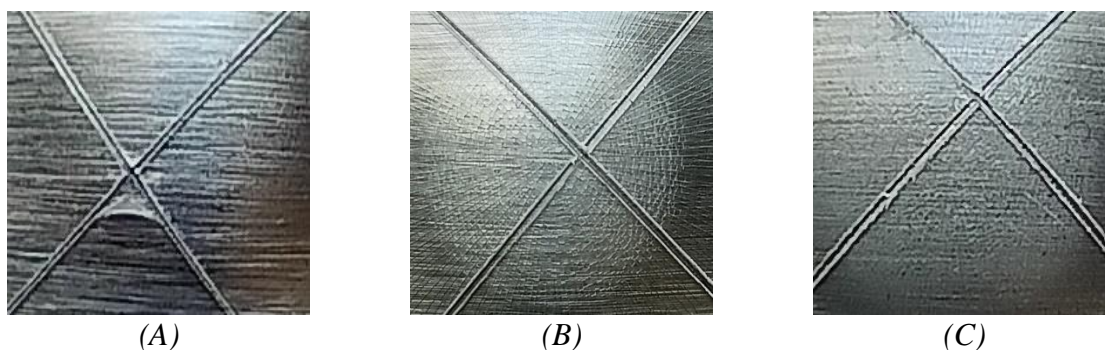
### 5.3.5 Stanovení odolnosti organického povlaku zkouškou úderem

Zkouška odolnosti testovaných organických povlaků vůči úderu byla stanovena pro výšky 100, 75 a 50 cm. Převážná většina nátěrových filmů prokázala vynikající odolnost. Všechny filmy byly opatřeny křížovým řezem nožem, pro vyšší náročnost zkoušky a lepší patrnost rozdílů mezi povlaky.

Povlak nepigmentované vodou ředitelné pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 odolal úderu pouze z výšky 50 cm, při výšce 75 cm již neodolal a došlo k odloupení nátěrového filmu v místě řezu. Formulace nátěrových filmů s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % zajistila lepší mechanické vlastnosti povlaků, kdy filmy s obsahem plniv mastku a metakřemičitanu vápenatého odolaly i úderům z výšky 100 cm. Povlak s obsahem tříkomponentního plniva pak odolal úderu z výšky 75 cm. Horší odolnost tohoto plniva je dána uspořádáním jednotlivých morfologicky odlišných frakcí plniva, jelikož se jedná o směsné křemičitanové plnivo na bázi slídy, chloritu a křemene.

Připravené filmy s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, vykazaly vynikající odolnost vůči úderu, kdy odolaly i úderu z výšky 100 cm bez známek poškození, odloupenutí, či praskání filmu. Toto zjištění je velice zajímavé v porovnání s horší přilnavostí těchto povlaků oproti povlakům s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 %. Zvýšená odolnost vůči úderu může být způsobena vyšší hustotou suříku.

Testované povlaky s obsahem funkčních plniv mastku a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 %, s obsahem jednotlivých vodních skel při 0,5; 1 a 1,5 hm. % také všechny odolaly úderům i z výšky 100 cm. Přídavek draselného a sodného vodního skla k formulacím nátěrových hmot s obsahem tříkomponentního funkčního plniva zvýšil odolnost těchto povlaků vůči úderu již při 0,5 hm. % těchto alkalických silikátů. Tyto povlaky pak odolaly i úderu z výšky 100 cm. Nátěrové filmy s obsahem tříkomponentního plniva, doplněné o lithné vodní sklo, však nevykázaly zlepšení odolnosti těchto povlaků vůči úderu, tyto filmy odolaly pouze úderu z výšky 75 cm, stejně jako povlak s obsahem tohoto plniva bez alkalických silikátů. Je možné hledat paralelu chování alkalických křemičitanů u odtrhových pevností  $\sigma$ , kdy přídavek lithného vodního skla zvyšoval přilnavost povlaků nejméně z použitých alkalických silikátů. Možnou příčinou může být silikátový modul tohoto skla 5,87, který je z použitých vodních skel nejvyšší.



**Obrázek 11** Ukázky odolnosti povlaku vůči úderu z výšky 100 cm pro povlak nepigmentované pryskyřice (A) a povlak s obsahem Plastoritu – Micro (B), které neodolaly a povlak s obsahem Mastku – Talc ST 30 (C) který odolal

#### Shrnutí:

- Testované filmy s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % vykazaly zlepšení odolnosti organického povlaku vůči deformaci úderem oproti filmu nepigmentované pryskyřice, který odolal pouze úderu z výšky 50 cm.

- Povlaky doplněné o funkční plniva mastek a metakřemičitan vápenatý odolaly i úderům z výšky 100 cm. Povlak s obsahem tříkomponentního plniva pak odolal úderu z výšky 75 cm. Film nepigmentované pryskyřice přitom odolal pouze úderu z výšky 50 cm.
- Testované organické povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, odolaly úderům i z výšky 100 cm. Zvýšená odolnost může být způsobena vysokou hustotou částic suříku.
- Přídavek draselného a sodného vodního skla zlepšuje odolnost organických povlaků s obsahem tříkomponentního plniva při OKP = 15 % vůči úderu, kdy povlaky doplněné o tyto alkalické silikáty již při 0,5 hm. % odolaly úderům z výšky 100 cm bez poškození filmu.
- Přídavek lithného vodního skla neovlivnil odolnost testovaných povlaků vůči úderu, bez ohledu na koncentraci alkalického silikátu. Rozdílné chování tohoto vodního skla může být způsobeno vysokým silikátovým modulem 5,87.

#### 5.4 Korozní vlastnosti testovaných organických povlaků

Pro zrychlené cyklické korozní zkoušky byly testované organické povlaky nanášeny vždy ve dvou vrstvách na určené ocelové panely. Průměrná suchá tloušťka všech těchto nátěrových filmů byla  $DFT = 100 \pm 10 \mu\text{m}$ . Byly připraveny dva panely pro každou korozní zkoušku, přičemž jeden panel byl opatřen řezem dlouhým 8 cm pro hodnocení koroze v řezu a delaminace. Řez byl proveden svisle ve středu panelu. Předmětem hodnocení korozní odolnosti jednotlivých povlaků byla tvorba puchýřků v ploše a v řezu, koroze v ploše nátěrového filmu neboli míra prokorodování nátěrového filmu, ztráta přilnavosti nátěrového filmu a delaminace z řezu. Po ukončení jednotlivých korozních zkoušek byly organické povlaky odstraněny z ocelových panelů a byla hodnocena koroze v ploše panelu neboli podkorodování a koroze v řezu. Jednotlivé doby expozice byly určeny podle změn a korozních projevů, všechny výsledky byly fotograficky zdokumentovány a jsou uvedeny v přílohách.

U povlaků s obsahem alkalických křemičitanů bylo možné pozorovat několik trendů. Povlaky s obsahem sodných vodních skel byly náchylné tvorbě puchýřků v ploše. Sodné vodní sklo má nejnižší silikátový modul, nízká odolnost těchto povlaků může být zapříčiněna tímto faktorem. U všech vodních skel se stoupající koncentrací klesá korozní odolnost povlaků, pravděpodobná kritická koncentrace těchto inhibitorů bude mezi 0,5 a 1 hm. %.

#### 5.4.1 Expozice testovaných organických povlaků v atmosféře neutrální solné mlhy

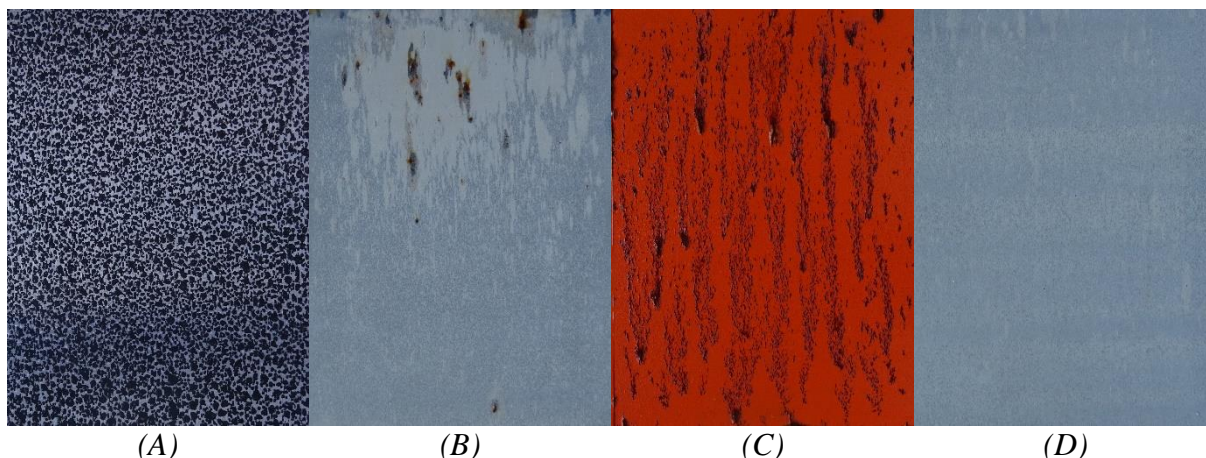
Změny a projevy koroze byly u vzorků vystavených atmosféře neutrální solné mlhy pozorovatelné již po 120 h expozice. Testovaný povlak nepigmentované vodou ředitelné epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 vykázal již po této době korozi v ploše nátěrového filmu 0,3 % a tvorbu puchýřků stupně 8F v okolí řezu i v ploše filmu. Organické povlaky s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % byly po 120 h beze změny. Dle očekávání testované nátěrové filmy s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na Q = 35, byly po expozici 120 h také bez jakýkoliv projevů koroze. U filmů s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 %, doplněných o draselné, sodné a lithné vodní sklo při 0,5; 1 a 1,5 hmotnostních % je možné pozorovat jistý trend již po expozici 120 h. U všech povlaků s obsahem sodného vodního skla byla pozorována tvorba puchýřků nejméně stupně 8F. Se stoupající koncentrací alkalických silikátů také klesala korozní účinnost povlaků, nejlepších výsledků dosáhly povlaky při 0,5 hmotnostních % jednotlivých vodních skel.

Po 240 h expozice byla u povlaku nepigmentované pryskyřice, díky jeho transparentnosti, pozorována značná míra prokorodování neboli koroze v ploše panelu až v míře 50 %, přičemž míra prokorodování filmu neboli koroze v ploše nátěrového filmu byla 3 %. Nátěrové filmy s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % vykázaly také po 240 h expozice projevy koroze. U těchto filmů došlo k prokorodování nátěrového filmu v míře 0,03 % a k tvorbě puchýřků stupně 8F jak v okolí řezu, tak v ploše nátěru. U povlaků s obsahem suříku při OKP = 10 %, doplněných o funkční tříkomponentní plnivo a metakřemičitan vápenatý na OKP/KOKP = 35, překvapivě také došlo ke vzniku korozních projevů tvorbou puchýřků stupně 8F jak v okolí řezu, tak v ploše nátěru po 240 h expozice. I u těchto povlaků došlo k prokorodování nátěrového filmu. U povlaku doplněného o funkční plnivo mastek v míře 3 %, tříkomponentní plnivo 0,1 % a metakřemičitan vápenatý 0,03 %. U povlaků s obsahem lithného vodního skla, nedošlo k žádným projevům koroze v ploše filmu ani při vyšších koncentracích, lepší výsledky tohoto vodního skla mohou být kromě složení způsobeny také nejvyšším silikátovým modulem tohoto vodního skla 5,87. Povlaky doplněné o 0,5 hm. % draselného vodního skla (a povlak s obsahem mastku a 1 hm. % draselného vodního skla) také nevykázaly žádné projevy koroze v ploše filmu. U řady povlaků s obsahem vodních skel, zvláště u těch doplněných o 1 a 1,5 hm. % těchto alkalických silikátů, docházelo k výskytu delaminace z řezu, a to až v rozsahu 0,5 cm. Delaminace z řezu se vyskytovala u povlaku nepigmentované pryskyřice, a filmů s obsahem alkalických silikátů při vyšších

koncentracích. Z výsledků je patrné, že zejména obsah sodného vodního skla přispíval k delaminaci filmu. Sodné vodní sklo má nejnižší silikátový modul sice 1,91 a vysoký obsah složky  $\text{Na}_2\text{O}$  právě vysoký obsah složky  $\text{M}_2\text{O}$  se jeví jako zásadní kritérium ovlivňující delaminaci s odkazem na výsledky pro draselné a lithné vodní sklo.

Po 360 h expozice došlo u povlaku nepigmentované pryskyřice a tří filmů s obsahem alkalických silikátů k tak velkému rozsahu delaminace a popraskání filmu, že již nebylo možné hodnotit puchýře v okolí řezu. Míra prokorodování filmu byla u povlaků s obsahem plniva mastek 1 %, tříkomponentního plniva 3 % a metakřemičitanu vápenatého 0,1 %. U filmů s obsahem suříku již byla patrná značná míra koroze v ploše nátěrového filmu minimálně 1 %. Povlaky s obsahem alkalických silikátů dle výsledků jasně vyčlenily favority, kdy u povlaků doplněných o draselné a lithné vodní sklo při 0,5 a 1 hm. % nebyly patrné žádné projevy koroze v ploše filmu. Povlaky s obsahem 1,5 hm. % lithného vodního skla doplněné o funkční plniva mastek a metakřemičitan vápenatý byly také bez korozních projevů v ploše filmu.

Po 480 h expozice již byla většina vzorků postižena projevy koroze, u několika povlaků došlo ke značné ztrátě přilnavosti. Jednalo se zejména o povlaky s obsahem funkčního tříkomponentního plniva. Povlak nepigmentované pryskyřice a povlaky doplněné o jednotlivé alkalické silikáty, vykazaly nárůst rozsahu delaminace. Pouze povlak s obsahem plniva metakřemičitanu vápenatého, s obsahem 0,5 hm. % draselného vodního skla nezaznamenal žádné projevy koroze v ploše nátěrového filmu, ani v řezu s výjimkou delaminace v rozsahu 0,3 cm. Dobrou odolnost vykazal také povlak s obsahem metakřemičitanu vápenatého a mastku, s obsahem o 0,5 hm. % lithného vodního skla.



**Obrázek 12** Ukázka panelů po 480 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy, (A) povlak nepigmentované pryskyřice, (B) povlak s obsahem metakřemičitanu vápenatého, (C) povlak s obsahem suříku a metakřemičitanu vápenatého, (D) povlak s obsahem metakřemičitanu vápenatého a 0,5 hm. % draselného vodního skla

**Shrnutí:**

- Povlak nepigmentované pryskyřice vykázal korozní projevy již po 120 h expozice, při další expozici byla díky transparentnosti tohoto povlaku patrná vysoká míra podkorodování.
- Organické povlaky s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % odolaly bez korozních projevů expozici 120 h. Po 240 h došlo u všech těchto panelů výskytu korozních projevů, sice ke vzniku puchýřů v ploše stupně 8F a korozi v ploše nátěru 0,03 %. Funkční plniva tedy zlepšila bariérovou odolnost tohoto pojiva.
- Organické povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o vybraná funkční plniva na OKP/KOKP = 35, odolaly expozici 120 h beze změny. Po expozici 240 h však již došlo i u těchto povlaků ke korozním projevům. Antikoroziční pigment suřík zvýšil korozní odolnost těchto povlaků.
- Z povlaků s obsahem funkčního plniva mastku při OKP = 15 %, filmy s obsahem 0,5 a 1 hm. % draselného vodního skla a 0,5; 1 a 1,5 hm. % lithného vodního skla odolaly expozici 240 a 360 h bez korozních projevů v ploše nátěrového filmu. Lze je tedy doporučit do korozního prostředí stupně C3 (předpokládaná životnost střední).
- Z povlaků s obsahem funkčního tříkomponentního plniva při OKP = 15 %, odolaly filmy s obsahem 0,5 hm. % draselného vodního skla a 0,5 a 1 hm. % lithného vodního skla expozici 240 i 360 h bez korozních projevů v ploše nátěrového filmu. Lze je tedy také doporučit do korozního prostředí stupně C3 (předpokládaná životnost střední).
- Z povlaků s obsahem funkčního plniva metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 %, filmy s obsahem 0,5 hm. % draselného vodního skla a 0,5; 1 a 1,5 hm. % lithného vodního skla odolaly expozici 240 h bez korozních projevů, s výjimkou povlaku doplněného o 1,5 hm. % lithného vodního skla odolaly tyto povlaky také expozici 360 h, lze je tedy doporučit do korozního prostředí stupně C3 (předpokládaná životnost střední). Film doplněný o 0,5 hm. % draselného vodního skla pak odolal také expozici 480 h bez korozních projevů v ploše filmu, tento povlak dosáhl nejlepších výsledků korozní odolnosti a lze jej doporučit do korozního prostředí stupně C4 (předpokládaná životnost střední).



- Vliv alkalických silikátů jakožto inhibitorů koroze se zdá být ovlivněn kromě složení jednotlivých křemičitanů také silikátovým modulem, kdy draselné a lithné vodní sklo s vyšším modulem vykazuje zlepšení korozních vlastností organických povlaků oproti sodnému vodnímu sklu s nízkým modulem, které vykazuje zhoršení odolnosti nátěrových filmů.
- Při porovnání korozní účinnosti povlaků s obsahem antikorozičního pigmentu suříku a povlaků s obsahem alkalických silikátů je z výsledků patrné, že vhodně zvolené vodní sklo při vhodné koncentraci (např. draselné a lithné vodní sklo při 0,5 hm. %) poskytuje daleko lepší korozně inhibiční vlastnosti nežli suřík při OKP = 10 %.

#### 5.4.2 Expozice testovaných organických povlaků v atmosféře s povšechnou kondenzací

Prostředí kondenzační komory s povšechnou kondenzací představovalo pro film nepigmentované epoxidové pryskyřice překvapivě náročnější prostředí nežli prostředí neutrální solné mlhy. U tohoto filmu došlo již po 120 h expozice ke značným korozním projevům, díky transparentnosti povlaku pryskyřice bylo možné pozorovat veliké podkorodování nátěrového filmu neboli korozi v ploše panelu v míře 50 %, tento povlak po expozici 120 h je uveden na následujícím Obrázku 9.



**Obrázek 13** Povlak epoxidové pryskyřice po 120 h expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací

Formulace organických povlaků s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % odolaly expozici až 480 h bez korozních projevů s výjimkou vzniku puchýřků v okolí řezu. Přídavek těchto funkčních plniv významně zvyšuje bariérovou odolnost v tomto prostředí. Po stažení povlaků byla u těchto vzorků odhalena koroze v ploše panelu 0,03 %.

Organické povlaky s obsahem suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35 zaznamenaly vynikající odolnost expozici tomuto prostředí,

kdy u těchto povlaků nedošlo ke vzniku korozních projevů ani po 480 h expozice. Také po odstranění těchto filmů nebyla zaznamenána žádná koroze v ploše panelu.

Z výsledků je patrné, že organické povlaky s obsahem jednotlivých funkčních plniv při OKP = 15 % doplněné o alkalické silikáty při 0,5; 1 a 1,5 hm. % byly v tomto prostředí náchylné k tvorbě puchýřků. Opět se projevil jasný trend, kdy povlaky doplněné o sodné vodní sklo odolávaly tvorbě korozních projevů nejméně a s rostoucím obsahem vodních skel v systému klesala jeho korozní odolnost. Pouze povlaky s obsahem mastku a s obsahem 0,5 a 1 hm. % draselného vodního skla, 0,5 hm. % sodného vodního skla a 0,5; 1 a 1,5 hm % lithného skla odolaly expozici 120 h bez vzniku korozních projevů. Povlaky s obsahem 0,5 a 1 hm. % draselného vodního skla pak odolaly také expozici 480 h bez korozních projevů v ploše filmu. Z povlaků s obsahem tříkomponentního plniva odolaly expozici 120 h beze změn pouze povlaky doplněné o 0,5 a 1 hm. % draselného, 0,5 a 1 hm. % lithného vodního skla. Povlaky s obsahem 0,5 hm. % draselného a lithného vodního skla pak odolaly také expozici 480 h. U povlaků s obsahem metakřemičitanu vápenatého doplněných o 0,5 hm. % draselného a lithného vodního skla také nedošlo k žádným korozním projevům a pouze povlak s obsahem 0,5 hm. % lithného vodního skla odolal expozici 480 h bez korozních projevů.

Přestože povlaky s obsahem alkalických silikátů byly náchylnější k tvorbě osmotických puchýřků v ploše filmu, z výsledků je patrné, že povětšinou ochránily kovový podklad lépe než povlaky s obsahem funkčních plniv bez obsahu vodních skel u kterých došlo k prokorodování v míře 0,03 %. Tvorba puchýřků může být způsobena zejména hydrofobním charakterem vodních skel, které tvoří vrstvu na kovovém podkladu a zapříčiňují tak tvorbu puchýřků v ploše nátěrového filmu.

#### **Shrnutí:**

- Povlak nepigmentované pryskyřice byl v tomto prostředí velice náchylný ke tvorbě korozních projevů, kdy po 480 h expozice byla míra koroze v ploše nátěrového filmu 50 % a míra koroze v ploše panelu 100 %. Tento povlak nijak nezabraňoval difuzi vody systémem až ke kovovému podkladu.
- Povlaky doplněné o funkční plniva mastek, tříkomponentní plnivo a metakřemičitan vápenatý při OKP = 15 % odolaly expozici 480 h bez korozních projevů v ploše filmu. Významně tedy zlepšily bariérovou odolnost, avšak po stažení filmu vykazaly tyto vzorky míru podkorodování filmu neboli korozi v ploše panelu 0,03 %.

- Povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, odolaly expozici 480 h bez korozních projevů. Po stažení filmu nebyla patrná koruze v ploše panelu. Dle očekávání projevily dobré ochranné vlastnosti.
- Povlaky s obsahem alkalických silikátů byly náchylné k tvorbě puchýřků v ploše nátěrového filmu, což může být způsobeno hydrofobním charakterem vrstvy vodních skel. Přesto vzorky s obsahem vodních skel po stažení povlaku většinou prokazatelně ochránily kovový podklad na rozdíl od povlaků bez obsahu alkalických křemičitanů.
- Dobrou odolnost vykazaly povlaky s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 %, s obsahem 0,5 hm. % draselného a lithného vodního skla. S výjimkou povlaku s obsahem mastku a 0,5 hm. % lithného vodního skla a povlaku s obsahem metakřemičitanu vápenatého a 0,5 hm. % draselného vodního skla odolaly tyto povlaky expozici 480 h bez korozních projevů i po stažení nátěrového filmu.
- Z výsledků je patrné, že při porovnání korozní účinnosti povlaků s obsahem antikorozičního pigmentu suříku a povlaků s obsahem alkalických silikátů v atmosféře s povšechnou jsou alkalické silikáty schopny vyrovnat se inhibiční účinnosti suříku při vhodně zvolené koncentraci a typu vodního skla.

#### 5.4.3 Expozice testovaných organických povlaků atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>

Prostředí atmosféry s obsahem oxidu siřičitého představovalo pro všechny testované povlaky nejnáročnější zkoušku. U řady povlaků se podobně jako v atmosféře neutrální solné mlhy vyskytla znatelná delaminace z řezu. Po 240 h expozice se u mnoha vzorků vyskytla ztráta také přilnavosti povlaku.



**Obrázek 14** Ukázka delaminace z řezu (vlevo) a ztráty přilnavosti povlaku (vpravo)

Povlak nepigmentované pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 odolával expozici velice špatně, když již po 120 h došlo u tohoto filmu k výskytu puchýřků v ploše stupně 8D a korozi v ploše nátěrového filmu 3 %. Díky transparentnosti tohoto povlaku byla dobře patrná také koroze v ploše panelu, a to v míře mezi 50 až 100 % již po 120 h expozice. Nátěrové filmy s obsahem funkčních plniv mastek, tříkomponentní plnivo a metakřemičitan vápenatý při OKP = 15 %, neodolaly ani expozici 120 h bez korozních projevů. U všech těchto vzorků došlo k výskytu puchýřků v ploše filmu i korozi v ploše filmu.

Organické povlaky s obsahem antikorozního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, také neodolávaly tomuto prostředí, u všech vzorků došlo k výskytu koroze v ploše filmu až v míře 3 %. Po expozici 240 h se u všech vzorků vyskytla ztráta přilnavosti povlaku až v míře 80 % plochy korespondující s nízkou přilnavostí těchto povlaků.

Testované filmy s obsahem vybraných funkčních plniv při OKP = 15 %, doplněné o alkalické silikáty při 0,5; 1 a 1,5 hm. %, odolávaly tomuto prostředí nejlépe. Z těchto povlaků, filmy s obsahem metakřemičitanu vápenatého s 0,5 a 1 hm. % draselného vodního skla a 0,5; 1 a 1,5 hm % lithného vodního skla odolaly expozici 120 h bez korozních projevů v ploše nátěrového filmu. Povlaky s obsahem mastku s obsahem 1,5 hm. % lithného vodního skla také odolaly expozici 120 h bez korozních projevů v ploše nátěrového filmu. Povlaky s obsahem tříkomponentního plniva často trpěly po 240 h expozice značnou ztrátou přilnavosti, což koresponduje s výsledky přilnavosti pro povlaky s obsahem tohoto plniva. Opět se projevil trend, kdy povlaky s obsahem sodného vodního skla odolávaly korozním projevům nejméně a s rostoucí koncentrací vodních skel klesala korozní odolnost, jedinou výjimkou tohoto trendu je povlak s obsahem mastku a 1,5 hm. % lithného vodního skla, který odolal bez korozních projevů v ploše filmu expozici 120 h..

#### **Shrnutí:**

- Prostředí s atmosférou SO<sub>2</sub> představovalo nejnáročnější zkoušku. U filmu nepigmentované epoxidové pryskyřice došlo již po 120 h expozice k výskytu puchýřků v ploše stupně 8D, korozi v ploše filmu 3 % a podkorodování (korozi v ploše panelu) 100 %.
- Povlaky doplněné o funkční plniva mastek, tříkomponentní plnivo a metakřemičitan vápenatý při OKP = 15 % také neodolaly ani expozici 120 h bez korozních projevů.

- Povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, neodolávaly tomuto prostředí. Již po 120 h expozice došlo u těchto vzorků k výskytu koroze v ploše nátěrového filmu až v míře 3 %.
- Povlaky s obsahem funkčního plniva metakřemičitanu vápenatého, doplněné o 0,5 a 1 hm. % draselného vodního skla a 0,5; 1 a 1,5 hm. % lithného vodního skla odolaly expozici 120 h bez korozních projevů.
- Povlak s obsahem funkčního plniva mastku, doplněný o 1,5 hm. % lithného vodního skla odolal expozici 120 h bez korozních projevů.
- Některé povlaky trpěly ztrátou přilnavosti nátěrového filmu, což korespondovalo s nízkými hodnotami přilnavostí u těchto povlaků. Jednalo se o povlaky s obsahem suříku a o povlaky s obsahem tříkomponentního plniva.

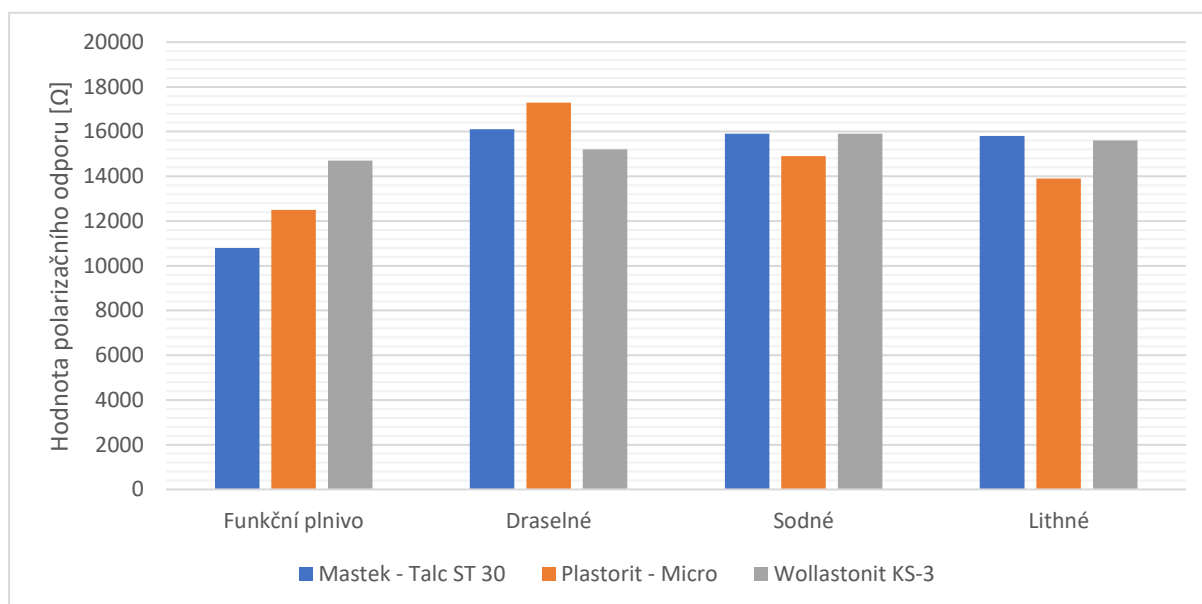
#### 5.4.4 Elektrochemické stanovení lineární polarizace

Výsledky elektrochemického stanovení lineární polarizace v zásadě korespondují s výsledky zrychlených korozních zkoušek, kdy film nepigmentované pryskyřice dosáhl prakticky nejnižší hodnoty polarizačního odporu, sice  $6,20 \times 10^3 \Omega$  a rychlostí koroze  $0,14 \times 10^{-1}$  mm/rok. Organické povlaky s obsahem funkčních plniv mastku (Talc ST 30), tříkomponentního plniva (Plastorit – Micro) a metakřemičitanu vápenatého (Wollastonit KS-3) při OKP = 15 % vykázaly solidní zlepšení s vyššími hodnotami polarizačního odporu  $1,08 \times 10^4$ ;  $1,25 \times 10^4$  a  $1,47 \times 10^4 \Omega$  a nižšími rychlostmi koroze  $0,81 \times 10^{-2}$ ;  $0,69 \times 10^{-2}$  a  $0,61 \times 10^{-2}$  mm/rok.

Organické povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, překvapivě nevykázaly veliké zlepšení odolnosti povlaku v porovnání s povlaky s obsahem funkčních plniv. Naměřené hodnoty polarizačního odporu byly  $1,15 \times 10^4$ ;  $1,08 \times 10^4$  a  $1,05 \times 10^4 \Omega$  a rychlostí koroze  $0,81 \times 10^{-2}$ ;  $0,85 \times 10^{-2}$  a  $0,88 \times 10^{-2}$  mm/rok.

Z organických povlaků s obsahem jednotlivých funkčních plniv při OKP = 15 % a s obsahem testovaných alkalických silikátů při 0,5; 1 a 1,5 hm. % se projevil stejný trend jako při zrychlených korozních zkouškách. Se stoupající koncentrací vodních skel klesala korozní odolnost povlaků. V porovnání s povlaky s obsahem plniv, bez obsahu alkalických silikátů dosáhly filmy doplněné o 0,5 hm. % znatelného zlepšení, zejména pak povlaky s obsahem plniva mastku.

Porovnání hodnot polarizačního odporu pro organické povlaky s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % a povlaky těchto plniv s obsahem 0,5 hm. % draselného, sodného a lithného vodního skla je zobrazeno na následujícím Obrázku 15.



**Obrázek 15** Hodnoty polarizačního odporu povlaků s obsahem 0,5 hm % jednotlivých vodních skel

#### Shrnutí:

- Výsledky získané z elektrochemického stanovení lineární polarizace korespondují s výsledky zrychlených korozních zkoušek.
- Film nepigmentované epoxidové pryskyřice dosáhl nejnižší hodnoty polarizačního odporu  $6,20 \times 10^3 \Omega$  a nejvyšší rychlosti koroze  $0,14 \times 10^{-1}$  mm/rok.
- Z povlaků s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % vykázal nejlepší hodnoty povlak s obsahem metakřemičitanu vápenatého (Wollastonit KS 3) s hodnotou polarizačního odporu  $1,47 \times 10^4 \Omega$  a rychlosti koroze  $0,61 \times 10^{-2}$  mm/rok.
- Naměřené hodnoty povlaků s obsahem antikorozního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35 byly  $1,15 \times 10^4$ ;  $1,08 \times 10^4$  a  $1,05 \times 10^4 \Omega$  pro polarizační odpor a  $0,81 \times 10^{-2}$ ;  $0,69 \times 10^{-2}$  a  $0,61 \times 10^{-2}$  mm/rok pro rychlosti koroze.
- Povlaky s obsahem alkalických silikátů při 0,5; 1 a 1,5 hm. % doplněné o jednotlivá funkční plniva při OKP = 15 % vykázali zlepšení hodnot oproti povlakům bez obsahu vodních skel. V porovnání s povlaky s obsahem antikorozního pigmentu suříku byly u povlaků s obsahem alkalických silikátů také naměřeny výrazně lepší hodnoty.

#### 5.4.5 Stanovení měrné elektrické vodivosti a hodnoty pH výluhů organických povlaků

Z výsledků je patrné, že všechny testované organické povlaky dosahovaly zásaditých hodnot pH. Hodnota pH měla u všech testovaných vzorků rostoucí tendenci v závislosti na čase. Hodnoty měrné elektrické vodivosti  $\chi$  také vykazaly rostoucí trend v závislosti na čase. Hodnoty měrné elektrické vodivosti  $\chi$  nijak nekorespondovaly s hodnotami pH, vysoká hodnota pH neznamenal nutně vysokou hodnotu měrné elektrické vodivosti.

U organických povlaků s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % byly 7. den naměřeny hodnoty pH 8,53; 8,86 a 8,61; hodnoty měrné elektrické vodivosti  $\chi$  pak 672; 749 a 603  $\mu\text{S}$ , při 28. dni byly naměřeny hodnoty pH 9,47; 9,67 a 9,52; měrná vodivost  $\chi$  pak 985; 1114 a 867  $\mu\text{S}$ . Testované povlaky s obsahem suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na hodnotu OKP/KOKP = 35, vykazaly vyšší hodnoty pH a nižší hodnoty  $\chi$  oproti povlakům s obsahem plniv.

U povlaků s obsahem jednotlivých funkčních plniv při OKP = 15 % a s obsahem testovaných alkalických silikátů při 0,5; 1 a 1,5 hm. % byl patrný trend rostoucí hodnoty pH i měrné elektrické vodivosti  $\chi$  s rostoucím obsahem alkalických silikátů ve vzorku. Draselné vodní sklo lehce zvyšovalo obě měřené hodnoty oproti povlakům bez obsahu alkalických silikátů, přičemž s rostoucím obsahem hm. % silikátu ve vzorku byly rozdíly patrnější. Sodné vodní sklo zvyšovalo hodnoty pH a velice navyšovalo hodnoty měrné elektrické vodivosti  $\chi$ , rozdíl oproti vzorkům bez obsahu silikátů byl i více než dvojnásobný během všech měření. U vzorků s lithným vodním sklem je patrné lehké snížení hodnot pH (i u vzorků s obsahem 1,5 hm % tohoto silikátu) oproti povlakům bez obsahu vodních skel a pouze lehký nárůst hodnot měrné elektrické vodivosti  $\chi$  oproti těmto povlakům (výjimku představují vzorky s obsahem plniva mastku, u kterých přídavek lithného vodního skla vyvolal dvojnásobný nárůst hodnot měrné elektrické vodivosti  $\chi$  a lehký nárůst hodnot pH).

Chování jednotlivých vzorků s obsahem alkalických silikátů, které se patrně uvolňují z povlaku, koresponduje se složením těchto vodních skel, kdy sodné vodní sklo s vysokým obsahem složky  $\text{Na}_2\text{O}$  14,75 % velice zvyšuje vodivost roztoku a obecně kyselější lithné vodní sklo s nízkým obsahem složky  $\text{Li}_2\text{O}$  2,31 % zvyšuje elektrickou vodivost pouze nepatrně, a lehce snižuje hodnoty pH.

#### 5.4.6 Stanovení hmotnostních úbytků

Hmotnostní úbytky ocelových panelů vlivem koroze ve vodných výluzích organických povlaků byly váženy po 7 dnech expozice. Panely ve výluzích organických povlaků s obsahem funkčních plniv mastku, tříkomponentního plniva a metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % dosáhly úbytků hmotnosti 4,3; 6,1 a 5,0 mg. Výluhy organických povlaků s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, vykazaly menší hmotnostní úbytky oproti výluhům povlaků samotných plniv, sice pro povlaky s obsahem mastku 3,1 mg, tříkomponentního plniva 5,3 mg a metakřemičitanu vápenatého 4,4 mg. Hmotnostní úbytky pro panely exponované výluhům povlaků s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % a s obsahem testovaných alkalických silikátů při 0,5; 1 a 1,5 hm. %, byly z pravidla vyšší oproti výsledkům výluhů povlaků bez obsahu alkalických silikátů. Výjimku představují výsledky pro povlak s obsahem mastku doplněné o lithné vodné sklo při 0,5; 1 a 1,5 hm. % a sodné vodné sklo při 1,5 hm. %. Lithné vodné sklo v kombinaci s mastkem znatelně snížilo hmotnostní úbytek, kdy byl zvážen úbytek 1,8 mg při 0,5 hm. %, 1,9 mg při 1 a 1,5 hm. % a 2,4 mg při 1,5 hm. %.



## 6 Přínosy diplomové práce

### 6.1 Mechanické vlastnosti testovaných organických povlaků

#### 6.1.1 Vliv funkčních plniv a pigmentů

Z výsledků je patrné, že i povlak nepigmentované vodou ředitelné epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 vykázal dobré fyzikálně–mechanické vlastnosti. Hlavním nedostatkem tohoto povlaku byly malé odtrhové pevnosti  $\sigma = 1,194$  MPa a špatná odolnost vůči deformaci úderem, kdy tento povlak neodolal úderům z větší výšky, nežli 50 cm. Nátěrové filmy s obsahem funkčních plniv mastku (Talc ST 30), tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů (Plastorit – Micro) a metakřemičitanu vápenatého (Wollastonit KS-3) při OKP = 15 %, doplněné na hodnotu OKP/KOKP = 35 plnivem vápenec (Omyacarb 5VA), zlepšily mechanické vlastnosti povlaků. Povlak s obsahem plniva mastku vykázal odtrhovou pevnost  $\sigma$  1,726 MPa a odolal i úderu z výšky 100 cm. Povlak s obsahem tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů dosáhl odtrhových pevností  $\sigma = 1,658$  MPa a odolal úderu z výšky 75 cm. Povlak s obsahem plniva metakřemičitanu vápenatého dosáhl odtrhové pevnosti  $\sigma$  2,070 MPa a odolal i úderu z výšky 100 cm. Zlepšení mechanických vlastností testovaných povlaků bylo dáno tvarem částic použitého plniva. Ryze lamelární částice mastku a jehlicovité částice metakřemičitanu vápenatého poskytovaly vynikající vyztužovací efekt matici pojiva a tím znatelně zlepšení mechanických vlastností. Obsah tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů zlepšuje mechanické vlastnosti nejméně v porovnání s ostatními funkčními plnivy. To může být zapříčiněno lamelárním tvarem a heterodisperzním uspořádáním jednotlivých morfologicky odlišných frakcí plniva, jelikož se jedná o směsné křemičitanové plnivo na bázi mastku, chloritu a křemene.

Testované organické povlaky nátěrových hmot s obsahem antikorozního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, dosáhly oproti povlaku nepigmentované pryskyřice lepší odolnosti vůči úderu, kdy odolaly i úderu z výšky 100 cm, avšak byly u nich naměřeny znatelně nižší hodnoty odtrhových pevností  $\sigma$  oproti filmu nepigmentované pryskyřice, sice 0,795; 1,143 a 0,616 MPa. Vlastnosti těchto povlaků byly ovlivněny zejména vysokou hustotou a alkalickým charakterem suříku poskytujícím křehčí filmy.

### 6.1.2 Vliv alkalických silikátů

Obsah testovaných alkalických silikátů draselného, sodného a lithného vodního skla při 0,5; 1 a 1,5 hm. % zlepšoval mechanické vlastnosti povlaků, avšak zásadní vliv stále představoval typ použitého funkčního plniva. Povlaky s obsahem draselného vodního skla a tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů a plniva na bázi metakřemičitanu vápenatého výrazně zvýšily odtrhové pevnosti  $\sigma$ . Zvýšení  $\sigma$  nastávalo již při 0,5 hm. % a bylo až dvojnásobné oproti hodnotám povlaků bez obsahu silikátů. Se zvyšujícím se obsahem alkalických křemičitanů v povlaku dále stoupaly odtrhové pevnosti  $\sigma$ . U povlaků s obsahem vodních skel se jako sekundární typ lomu začal vyskytovat kohezní typ lomu v nátěru, a to v rozmezí 10 až 50 % plochy u povlaků, u kterých se bez obsahu silikátů tento typ lomu nevyskytoval vůbec. Kohezní typ lomu může být způsoben tvorbou vrstvy alkalických křemičitanů na kovovém podkladu a na první vrstvě nátěrového filmu po nanesení druhé vrstvy. Jednotlivá vodní skla působila různě v povlacích s jednotlivými typy plniv. Jako příklad lze uvést lithné vodní sklo, které u povlaku s obsahem mastku zvyšovalo odtrhové pevnosti  $\sigma$ . U povlaku s obsahem tříkomponentního plniva zvyšovalo odtrhové pevnosti až při 1 hm. %. A u povlaku s obsahem metakřemičitanu vápenatého snížilo odtrhové pevnosti  $\sigma$  oproti povlakům bez obsahu silikátů. Rozdílné chování vodních skel si lze odůvodnit jejich složením a rozdílnými silikátovými moduly. Obsah draselných a vodních skel také zvýšil odolnost povlaků vůči deformaci úderem. Kdy povlaky s obsahem tříkomponentního plniva doplněné o tyto silikáty odolaly i úderu z výšky 100 cm, povlak s obsahem lithného skla nezaznamenal zlepšení odolnosti ve spojení s tímto plnivem.

## 6.2 Korozní vlastnosti testovaných organických povlaků

### 6.2.1 Vliv funkčních plniv a pigmentů

Povlak nepigmentované vodou ředitelné epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 nevykázal dobrou korozní odolnost, tento povlak byl ochotný k tvorbě puchýřků v ploše a podkorodování nátěrového filmu. Tento povlak neodolával ani nejméně agresivnímu prostředí, sice atmosféře s povšechnou kondenzací, kdy již po 120 h expozice došlo k tvorbě puchýřků v ploše stupně 8D a patrné korozi v ploše ocelového panelu v míře 50 %. Film nepigmentované pryskyřice tedy nijak nebránil difuzi vody systémem. Přídavkem funkčních plniv na bázi mastku (Talc ST 30), tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů (Plastorit – Micro) a plniva na bázi metakřemičitanu vápenatého (Wollastonit KS-3) OKP = 15 %, doplněných na OKP/KOKP = 35 pomocí plniva vápence (Omyacarb 5VA), došlo k výraznému navýšení bariérové odolnosti testovaných povlaků. Tyto povlaky odolaly expozici v atmosféře

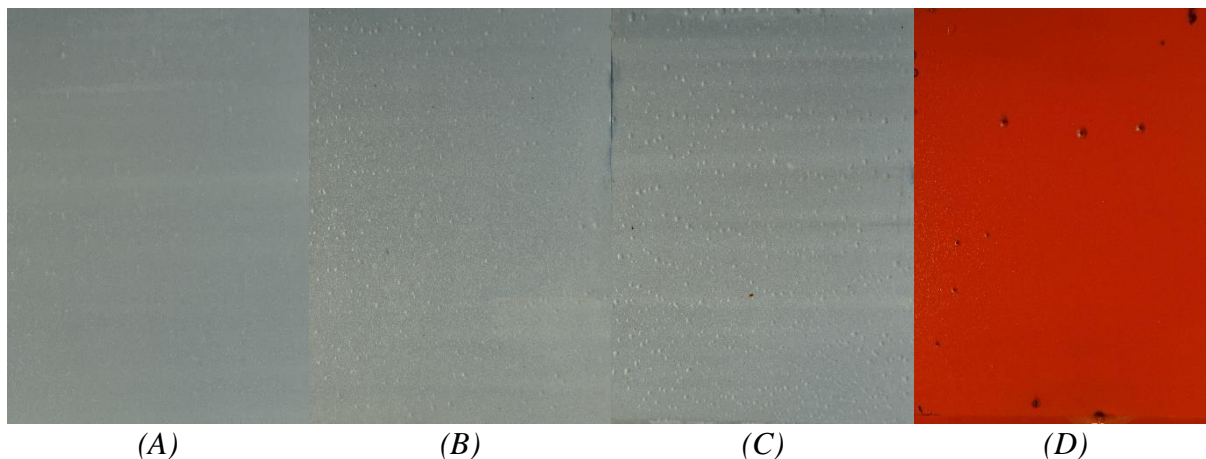
s povšechnou kondenzací expozici 480 h bez korozních projevů v ploše filmu, avšak po stažení povlaků byla odhalena koroze v ploše panelu 0,03 %. Již po 240 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy došlo u těchto povlaků k tvorbě korozních projevů. Povlaky s obsahem tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů, které vykazaly nižší hodnoty přilnavosti, vykazaly v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub> projevení ztráty přilnavosti filmu. Obsah funkčních plniv také zabraňoval delaminaci povlaku z řezu, která byla u filmu nepigmentované pryskyřice přítomna.

Organické povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na OKP/KOKP = 35, připravené především pro porovnání korozní odolnosti jednotlivých povlaků, také po vystavení 480 h atmosféře s povšechnou kondenzací odolaly bez korozních projevů v ploše nátěrového filmu i v ploše panelu po stažení povlaku. V atmosféře neutrální solné mlhy již tyto povlaky nevykazaly natolik dobré odolnosti, kdy u těchto povlaků došlo již po 240 h expozice k tvorbě korozních projevů. V atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub> pak u těchto povlaků došlo k zdatelné ztrátě přilnavosti filmu. Toto přímo koresponduje s nízkými hodnotami přilnavosti těchto povlaků.

### 6.2.2 Vliv alkalických silikátů

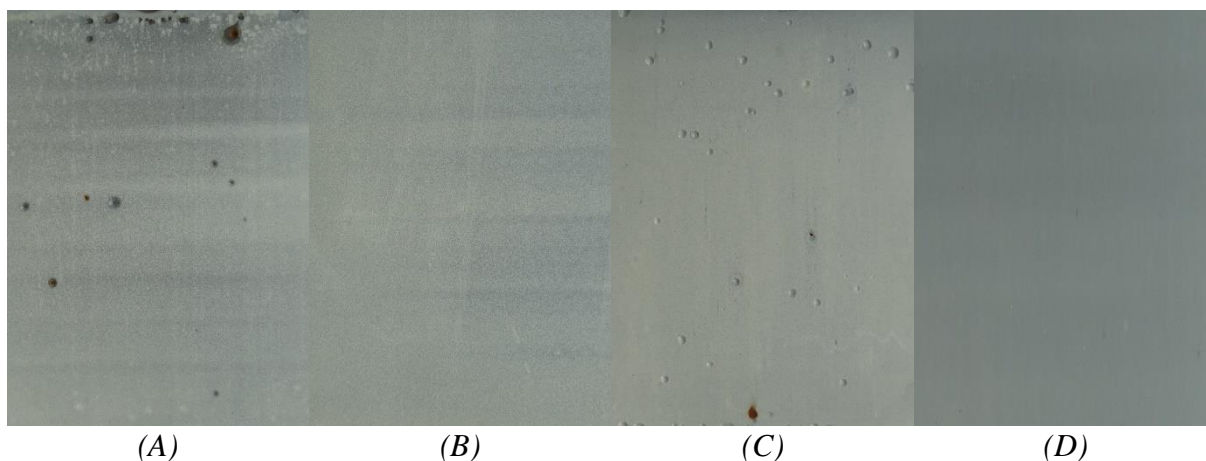
Testované alkalické silikáty jakožto inhibitory koroze. Draselné, sodné a lithné vodní sklo při 0,5; 1 a 1,5 hm. % v povlacích s obsahem funkčních plniv na bázi mastku (Talc ST 30), tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů (Plastorit – Micro) a plniva na bázi metakřemičitanu vápenatého (Wollastonit KS-3) při OKP = 15 % zdatelně změnily korozní vlastnosti těchto povlaků. Všechny alkalické silikáty vykazaly jasný trend zhoršujících se korozních vlastností s rostoucím obsahem vodních skel v povlaku.

Soudě dle výsledků se kritická koncentrace těchto inhibitorů pravděpodobně pohybuje mezi 0,5 a 1 hm. %. Zajímavý byl výskyt delaminace zvláště u povlaků s obsahem 1 a 1,5 hm. %. Důvodem opětovného výskytu delaminace u těchto povlaků může být tvorba hydrofobní vrstvy silikátů na kovovém podkladu způsobující delaminaci při poškození nátěru (provedení řezu) při větším obsahu silikátu v povlaku. Z výsledků je patrné, že zejména obsah sodného vodního skla přispíval k delaminaci filmu. Sodné vodní sklo má nejnižší silikátový modul sice 1,91 a vysoký obsah složky Na<sub>2</sub>O. Právě vysoký obsah složky M<sub>2</sub>O ve vodním skle se jeví jako zásadní kritérium ovlivňující delaminaci s odkazem na výsledky pro draselné a lithné vodní sklo.



**Obrázek 16** Ukázka organických povlaků s obsahem plniva metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % s obsahem 0,5 hm. % draselného vodního skla (A), 1 hm. % draselného vodního skla (B), 1,5 hm. % draselného vodního skla (C) a povlaku s obsahem antikorozičního pigmentu suříku doplněného o funkční plnivo metakřemičitan vápenatý pro porovnání korozní účinnosti po 480 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy

V atmosféře s povšechnou kondenzací byly povlaky s obsahem alkalických křemičitanů náchylnější k tvorbě osmotických puchýřků při vyšším obsahu vodních skel (1 a 1,5 hm. %). Přesto je z výsledků patrné, že tyto povlaky ochránily povětšinou kovový podklad lépe nežli povlaky pouze s obsahem funkčních plniv, u kterých se po 480 h expozice vyskytla koroze v ploše 0,03 %. Tvorba puchýřků a ochránění kovového podkladu může být způsobena zejména hydrofobním charakterem vodních skel, které tvoří vrstvu silikátu na kovovém podkladu.



**Obrázek 17** Ukázka organických povlaků s obsahem tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů při OKP = 15 % (A) s obsahem 0,5 hm. % draselného vodního skla (B), sodného vodního skla (C) a lithného vodního skla (D) po 240 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy

Vliv alkalických silikátů jakožto inhibitorů koroze se zdá být ovlivněn kromě koncentrace silikátu a složení jednotlivých křemičitanů také silikátovým modulem. Draselné ( $M = 4,75$ ) a lithné vodní sklo ( $M = 5,87$ ) s vyšším modulem vykazuje zlepšení korozních

vlastností organických povlaků. Sodné vodní sklo s výrazně nižším modulem  $M = 1,91$  vykazuje zhoršení odolnosti povlaků.

Vhodný silikátový modul a koncentrace alkalických silikátů mohou být dalším předmětem výzkumu, jelikož vybrané vzorky ukazují zlepšení korozních i mechanických vlastností povlaků s vhodným obsahem vodních skel oproti povlakům bez obsahu vodních skel i oproti povlakům s obsahem antikorozičního pigmentu suříku. Obecně lze konstatovat, že povlaky s obsahem 0,5 hm. % draselného a lithného vodního skla výrazně zlepšily korozní vlastnosti testovaných povlaků.

Testované povlaky s obsahem 0,5 a 1 hm. % lithného vodního skla a 0,5; 1 a 1,5 hm. % draselného vodního skla s obsahem plniva na bázi mastku při OKP = 15 % odolaly i expozici 360 h v atmosféře neutrální solné mlhy bez korozních projevů. Lze je doporučit do korozního prostředí stupně C3 s předpokládanou životností – střední.

Povlaky s obsahem 0,5 hm. % draselného a 0,5 a 1 hm. % lithného vodního skla s obsahem tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů při OKP = 15 % také odolaly i 360 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy bez korozních projevů v ploše filmu. Lze je také doporučit do korozního prostředí stupně C3 s předpokládanou životností – střední.

Nátěrové filmy s obsahem 0,5 hm. % draselného a 0,5; 1 a 1,5 hm. % lithného vodního skla s obsahem funkčního plniva na bázi metakřemičitanu vápenatého při OKP = 15 % odolaly 360 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy. Vykázaly také odolnost vhodnou pro korozní prostředí stupně C3, předpokládaná životnost – střední. Povlak s obsahem 0,5 hm. % draselného vodního skla pak odolal i 480 h expozice, vykázal tak jednoznačně nejlepší odolnost a lze jej doporučit i do korozního prostředí stupně C4, předpokládaná životnost – střední.

Z výsledků je patrné nepopiratelné zlepšení korozní odolnosti povlaků s obsahem alkalických silikátů oproti povlakům bez obsahu vodních skel i povlakům s obsahem suříku, které odolaly pouze 120 h expozice v atmosféře neutrální solné mlhy. Pro další studium je vhodné doporučit zaměření na nalezení optimální koncentrace vodních skel a výběr alkalických silikátů s vhodným silikátovým modulem.

## 7 Závěr

V této diplomové práci byla studována emulgovaná dvousložková vodou ředitelná epoxidová pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 a její chemické, fyzikální, mechanické a korozní vlastnosti. Dále byl studován vliv vybraných funkčních plniv na bázi mastku (Talc ST 30), tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů (Plastorit – Micro) a plniva na bázi metakřemičitanu vápenatého (Wollastonit KS-3) při OKP = 15 % na změnu fyzikálně–mechanických a bariérových vlastností povlaků tohoto pojiva. Pro porovnání zejména korozních vlastností byly také připraveny modelové nátěrové hmoty s obsahem antikoročního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o testovaná funkční plniva na hodnotu OKP/KOKP = 35 a dále byly studovány také vlastnosti povlaků těchto nátěrových hmot. Hlavním předmětem studia této diplomové práce bylo studium změny mechanických a především korozních vlastností povlaků testovaných funkčních plniv při OKP = 15 % s obsahem vybraných alkalických silikátů při různých koncentracích (0,5; 1 a 1,5 hm. %). Byly vybrány tři alkalické silikáty, sice draselné, sodné a lithné vodní sklo.

Z výsledků je patrné, že formulace s obsahem funkčních plniv při OKP = 15 % zlepšily mechanické vlastnosti pojiva, zejména pak přilnavosti nátěru, odtrhové pevnosti  $\sigma$  a odolnosti vůči deformaci úderem, zlepšení těchto vlastností můžeme připsat zejména tvaru částic těchto plniv, kdy mastek disponuje čistě lamelární strukturou částic, tříkomponentní plnivo na bázi křemičitanů je směsné plnivo také s převážně lamelární strukturou částic a plnivo na bázi metakřemičitanu vápenatého obsahuje částice jehlicovitého tvaru. Povlaky s obsahem antikoročního pigmentu při OKP = 10 % mechanické vlastnosti filmů výrazně nezlepšují, v porovnání s povlakem nepigmentované pryskyřice. Odtrhové pevnosti  $\sigma$  dokonce snižují. Horší mechanické vlastnosti těchto povlaků mnohou být zapříčiněny vyšší křehkostí filmů v důsledku alkalického charakteru suříku. Přídavek vodních skel, zejména draselného a sodného, ve formulacích s obsahem funkčních plniv zlepšuje mechanické vlastnosti těchto povlaků již při obsahu 0,5 hm. % těchto silikátů. S nárůstem obsahu vodních skel v povlaku se mechanické vlastnosti zlepšují. Nejpatrnější je až dvojnásobný nárůst odtrhových pevností  $\sigma$  oproti povlakům bez obsahu alkalických silikátů. Co se závislosti relativní povrchové tvrdosti těchto povlaků týče, přídavek vodních skel způsobil nárůst počáteční tvrdosti v důsledku tvorby gelu vodních skel, avšak obdobné výsledky konečných povrchových tvrdostí jak při měření metodou útlumu kyvadla dle Persöze, tak pomocí Buchholzovi vrypové zkoušky. Výsledné tvrdosti tedy obsah alkalických silikátů nijak neovlivňoval.

Po vyhodnocení jednotlivých zrychlených cyklických korozních zkoušek bylo patrné, že přídavky všech vybraných funkčních plniv na bázi mastku (Talc ST 30), tříkomponentního plniva na bázi křemičitanů (Plastorit – Micro) a plniva na bázi metakřemičitanu vápenatého (Wollastonit KS-3) při OKP = 15 % výrazně zlepšily bariérovou a korozní odolnost povlaků oproti filmu nepigmentované pryskyřice, tyto povlaky však obecně dosáhly horších výsledků oproti povlakům s obsahem antikorozičního pigmentu suříku. Zlepšení bariérové odolnosti je opět možné hledat především za tvarem částic jednotlivých plniv. Nejlepší odolnost z těchto filmů vykázal povlak s obsahem plniva na bázi metakřemičitanu vápenatého, jehož jehlicovité částice výborně vyplňují prostor.

Povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu suříku při OKP = 10 %, doplněné o jednotlivá funkční plniva na hodnotu OKP/KOKP = 35, vykazaly vynikající odolnost v atmosféře s povšechnou kondenzací a obecné zlepšení korozní odolnosti oproti povlaku nepigmentované pryskyřice i filmů s obsahem funkčních plniv.

Testované organické povlaky s obsahem testovaných alkalických silikátů při různých koncentracích, s obsahem jednotlivých funkčních plniv při OKP = 15 %, prokázaly několik z výsledků patrných trendů. Filmy s obsahem sodných vodních skel obecně odolávaly korozi hůře oproti ostatním povlakům. A povlaky s obsahem alkalických silikátů byly obecně v atmosféře s povšechnou kondenzací náchylné k tvorbě puchýřků v ploše nátěrového filmu. Avšak vybrané alkalické křemičitany při vhodné koncentraci výrazně zlepšily korozní odolnost testovaných povlaků. Z výsledků je patrné, že zejména povlaky s obsahem 0,5 hm. % draselného a lithného vodního skla zlepšily korozní odolnost v porovnání s povlaky bez obsahu alkalických silikátů i s porovnáním s povlaky s obsahem antikorozičního pigmentu. Nejvyšší korozní odolnosti dosáhly povlaky s obsahem plniva na bázi mastku při OKP = 15 % s obsahem 0,5 a 1 hm. % draselného a 0,5; 1 a 1,5 hm. % lithného vodního skla, které odolaly i expozici 360 h v atmosféře neutrální solné mlhy. Dále pak povlaky s obsahem 0,5 hm. % draselného, 0,5 a 1 hm. % lithného vodního s obsahem tříkomponentního plniva nabázi křemičitanů. A povlaky s obsahem 0,5 hm. % draselného, 0,5 a 1 hm. % lithného vodního skla s obsahem plniva na bázi metakřemičitanu vápenatého. Tyto povlaky odolaly expozici 360 h v atmosféře neutrální solné mlhy a lze je doporučit do korozního prostředí C3 (předpokládaná živostnost – střední). Zcela nejlepší odolnost vykázal povlak s obsahem 0,5 hm. % draselného vodního skla s obsahem metakřemičitanu vápenatého, který odolal i expozici 480 h. Tento povlak lze doporučit i do korozního prostředí stupně C4 (předpokládaná životnost – střední).

**Citovaná literatura**

- [1] D. Pohl, „Nátěry kovů,“ *Koroze a ochrana materiálů*, sv. 50, č. 1, p. 14, 2006.
- [2] X. Zhou, H. Huang, R. Zhu, X. Sheng, D. Xie a Y. Mei, „Facile modification of graphene oxide with Lysine for improving anti-corrosion performances of water-borne epoxy coatings,“ *Progress in Organic Coatings*, č. 136, November 2019.
- [3] M. Ulbrich a A. Kalendová, „Studium antikoročních vlastností pigmentů v nátěrech na bázi vodou ředitelné epoxidové emulze,“ v *42nd International Conference of Coatings Technology*, Pardubice, 2011.
- [4] S. N. Roselli, R. Romagnoli a C. Deyá, „The anti-corrosion performance of water-borne paints in long term tests,“ *Progress in Organic Coatings*, č. 109, pp. 172-178, 2017.
- [5] N. S. Roselli, G. Lendvay-Görík, G. Mészáros a C. Deyá, „Anticorrosive water borne paints free from zinc and with reduced phosphate content,“ *Progress in Organic Coatings*, č. 112, pp. 27-36, 2017.
- [6] H. Kalousková, „Obecné zásady úpravy povrchu před nátěrem,“ *Koroze a ochrana materiálů*, č. 45, pp. 13-15, 2001.
- [7] J. Mleziva a J. Šňupárek, *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*, Praha: Sobotáles, 2000, pp. 134, 136-139, 486, 487, 491. ISBN 80-85920-72-7
- [8] D. Song, Z. Yin, F. Liu, H. Wan, J. Gao, D. Zhang a X. Li, „Effect of carbon nanotubes on the corrosion resistance of water-borne acrylic coatings,“ *Progress in Organic Coatings*, č. 110, pp. 182-186, September 2017.
- [9] J. Křivánek a M. Šenkeřík, „Vodou ředitelné epoxidové nátěry,“ v *40th International Conference on Coatings Technology*, Pardubice, 2009.
- [10] M. Liu, X. Mao, H. Zhu, A. Lin a D. Wang, „Water and corrosion resistance of epoxy–acrylic–amine waterborne coatings: Effects of resin molecular weight, polar group and hydrophobic segment,“ *Corrosion Science*, č. 75, pp. 106-113, 2013.
- [11] M. Šulc, „Nátěry z nátěrových hmot ředitelných vodou,“ *Koroze a ochrana materiálů*, sv. 3, č. 43, pp. 55-58, 291-305, 1999.



- [12] J. Jarušek a J. Mleziva, „Vodouředitelné povlakové systémy,“ v *Sborník vědeckých prací z XXVII. konference o nátěrových hmotách v Seči*, Pardubice, 1996.
- [13] E. Petrie, *Epoxy Adhesive Formulations*, McGraw-Hill Chemical Engineering, 2006. ISBN 0-07-158908-2
- [14] C. Selwitz, „Epoxy Resins in Stone Conservation,“ *Research in Conservation*, č. 7, pp. 13-17, 1992.
- [15] J. Bieleman, *Additives for Coatings*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH, 2000, pp. 9, 67, 100, 112, 128, 139, 146, 164, 180, 291, 306. ISBN D-69469
- [16] R. Ebewele, *Polymer Science and Technology*, New York: CRC Press, 2000, p. 68. ISBN 0-0849-8939-9
- [17] O. Hara, „Curing Agents for Epoxy Resin,“ *Three Bond Technical News*, č. 32, pp. 1-10, Prosinec 1990.
- [18] L. Matějka, J. Lövy, S. Pokorný, K. Bouchal a K. Dušek, „Curing Epoxy Resins with Anhydrides - Model reactions and reaction mechanism,“ *Journal of Polymer Science - Polymer Chemistry Edition*, č. 21, Říjen 1983.
- [19] H. Graham, „The use of water-based epoxies for anti-corrosive primers,“ *Pigment Resin & Technology*, sv. 6, č. 24, pp. 3-6, 1995.
- [20] A. Ovenbeek, „Polymer heterogeneity in waterborne coatings,“ *Journal of Coatings Technology and Research*, č. 7, pp. 1-21, Leden 2009.
- [21] A. Thomas, „The versatility of ambient curing waterborne epoxy resin systems,“ *Surface Coatings International*, č. 3, pp. 181-186, 2016.
- [22] S. Kojima a Y. Watanabe, „Development of High Performance, Waterborne Coatings I: Emulsification of Epoxy Resin,“ *Polymer Engineering and Science*, sv. 5, č. 33, p. 253, Březen 1993.
- [23] S. Verkholtantsev, „Colloidal Aspects of Waterborne Epoxy Paints,“ *Journal of Coatings Technology*, č. 68, pp. 49-50, Únor 1996.

- [24] D. J. Elmore, S. D. Kincard, C. P. Komar a E. J. Nielsen, „Waterborne Epoxy Protective Coatings for Metal,“ *Technology Forum*, č. 74, pp. 63-72, Srpen 2002.
- [25] J. M. Watkins, J. D. Weinmann a D. J. Elmore, „Formulating High-Performance Waterborne Epoxy Coatings,“ v *Thermoset Resin Formulators Assotiation*, Montréal, 2006.
- [26] A. Goldschmidt a H.-J. Streitberger, BASF HANDBOOK ON Basics of Coating Technology, 2 editor, Münster: Bonifatius GmbH, 2007, pp. 145-192. ISBN 3-86630-903-1
- [27] F. Galliano a D. Landolt, „Evaluation of corrosion protection properties of additives for waterborne epoxy coatings on steel,“ *Progress in Organic Coatings*, č. 44, pp. 217-225, 2002.
- [28] A. Kalendová, Technologie nátěrových hmot I.: Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004, pp. 43-149. ISBN 80-7194-691-5
- [29] I. Mussard, „Practical Aspects of Formulating with Associative Thickeners,“ v *Additives in Water-borne Coatings*, Runcorn, 2002. ISBN 0-85404-613-5
- [30] W. S. Tait, "CORROSION PREVENTION AND CONTROL," in *Handbook of Environmental Degradation of Materials (Second Edition)*, Norwich, William Andrew Publishing, 2012, pp. 565-581. ISBN 0-8155-1500-6
- [31] L. Hamadi, S. Mansouri, K. Oulmi a A. Kareche, „The use of amino acids as corrosion inhibitors for metals: A review,“ *Egyptian Journal of Petroleum*, sv. 27, č. 4, pp. 1157-1165, 2018.
- [32] R. Bartoníček a N. J., „Ochrana proti korozi úpravou prostředí a inhibitory,“ v *Koroze a protikorozi ochrana kovů*, Praha, Academia, 1966, pp. 658-677.
- [33] P. Roberge, „Corrosion Inhibitors,“ v *Handbook of Corrosion Engineering*, Martinsburg, McGraw-Hill, 2000, pp. 833-861. ISBN 0-07-076516-2

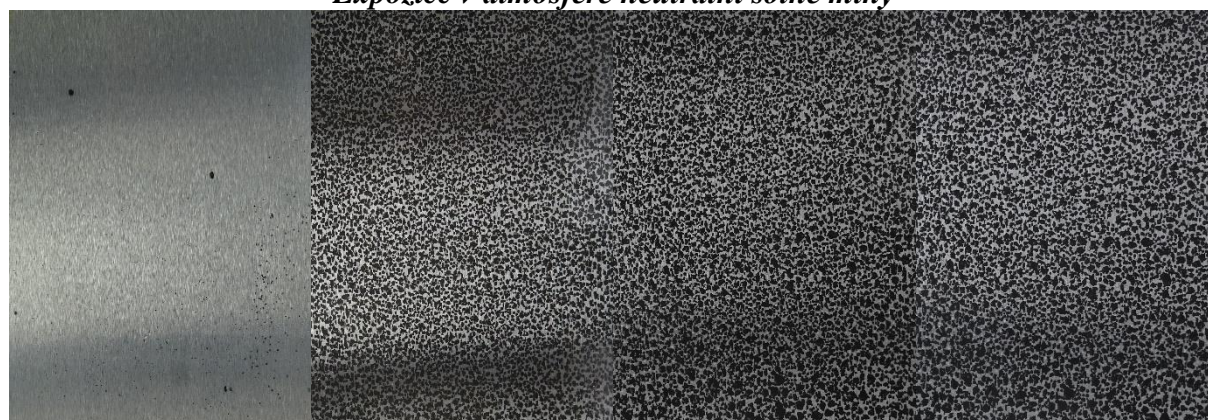
- [34] G. Palanisamy, „Corrosion Inhibitors,“ 23 July 2019. [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/books/corrosion-inhibitors/corrosion-inhibitors>.
- [35] P. Novák, *Koroze kovů*, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství - Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, pp. 56-58.
- [36] S. Vepřeková, *Inhibitory koroze pro vodou ředitelná pojiva*, Diplomová práce, Pardubice: Univerzita Pardubice Fakulta chemicko-technologická, 2014.
- [37] S. V. Sastry, „Corrosion Inhibition: Theory and Practice,“ v *Green Corrosion Inhibitors*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2011, pp. 139-167. ISBN 978-0-470-45210-3
- [38] *PQ Soluble Silicates: For Protection of Water Systems From Corrosion*, The PQ Corporation - Industrial Chemicals Division.
- [39] P. Kudryavtsev a O. Figovsky, *Nanomaterials based on soluble silicates*, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, pp. 11 - 14. ISBN 978-3-659-63556-4
- [40] P. Antoš a A. Burian, *Vodní sklo - výroba, struktura, vlastnosti a použití*, 1 editor, Ústí nad Labem: SILCHEM spol. s.r.o., 2002, pp. 24-54, 69-70, 88. ISBN 80-238-9515-X
- [41] „Vodní sklo - Green chemistry for sustainable future,“ [Online]. Available: <http://www.vodnisklo.cz/cz/clanky/zakladni-informace-o-vodnim-skle>.
- [42] A. Kalendová, *Technologie nátěrových hmot I.: Pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-576-5
- [43] P. Šulcová, *Vlastnosti anorganických pigmentů a metody jejich hodnocení*, 2 editor, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 9788073950576
- [44] M. Trojan, P. Kalenda a Z. Šolc, *Technologie anorganických pigmentů*, Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1991. ISBN 80-85113-39-2
- [45] E. Bardal, „Corrosion Prevention,“ v *Corrosion and Protection*, London, Springer-Verlag, 2004, pp. 237-309. ISBN 978-1-85233-758-2

- [46] H. Kukackova, A. Vrastilova a A. Kalendova, „Non-toxic Anticorrosive Pigments Intended for Applications in High-solids and Waterborne Paints,“ *Physics Procedia*, č. 44, pp. 238-246, 2013.
- [47] P. de Lima-Neto a d. Araújo, „Study of the anticorrosive behaviour of epoxy binders containing non-toxic inorganic corrosion inhibitor pigments,“ *Progres in Organic Coatings*, pp. 344-350, 2008.
- [48] G. Wypych, *Handbook of Fillers*, sv. 2, Toronto - New York: ChemTech Publishing, 2000, pp. 1-12, 150-154, 167-170. ISBN 1-895198-19-4
- [49] Imerys, „Plastorit,“ [Online]. Available: <https://www.imerys.com/product-ranges/plastorit>.
- [50] Imerys, „Performance Minerals: Paints and Coatings - Plastorit,“ [Online]. Available: <https://www.imerys-performance-minerals.com/your-market/paints-and-coatings/plastorit>.
- [51] *Hodnocení vlastností nátěrových hmot*, Univerzita Pardubice, 2001-2002.
- [52] A. Kalendová, *Metody testování vlastností organických povlaků díl 1.: KOROZNĚ-INHIBIČNÍ ÚČINNOST ORGANICKÝCH*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001.

## 8 Přílohy

### Příloha 1 Organické povlaky nepigmentované pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55

#### *Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



120 h



240 h



480 h



Po stažení



#### *Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



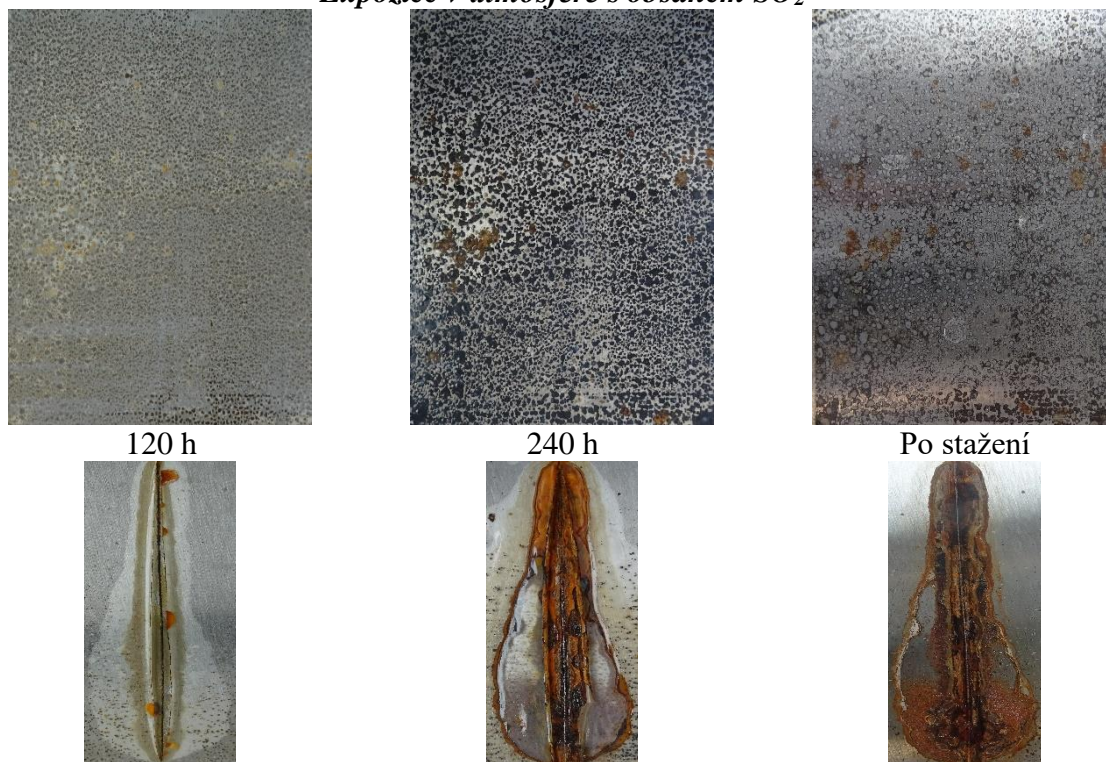
480 h



Po stažení

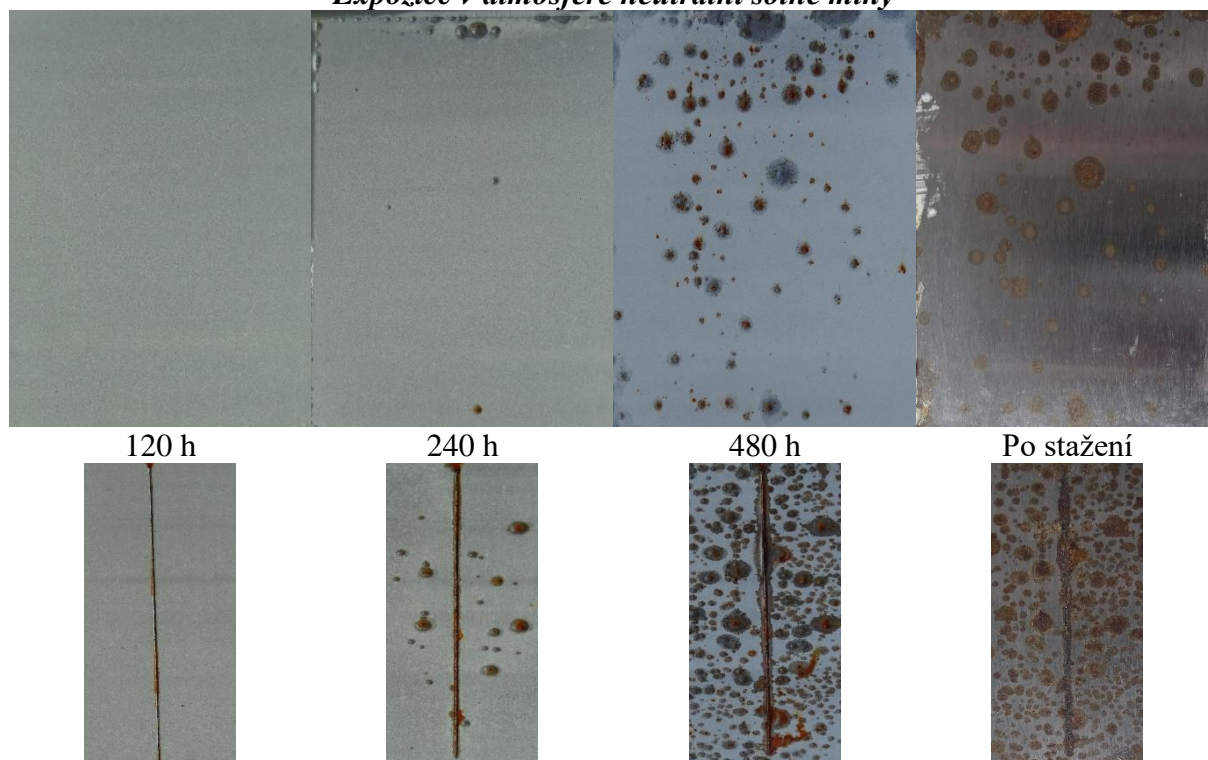


*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



**Příloha 2** Organické povlaky s obsahem plniva Mastek – Talc ST 30

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h

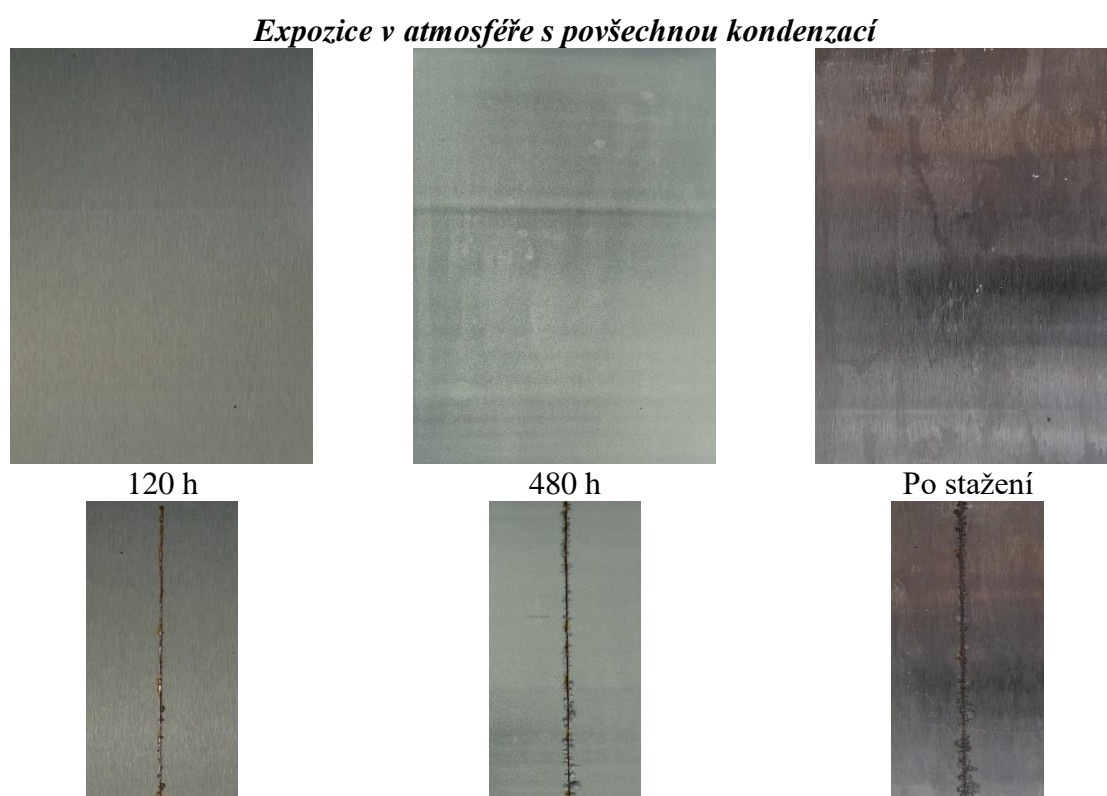
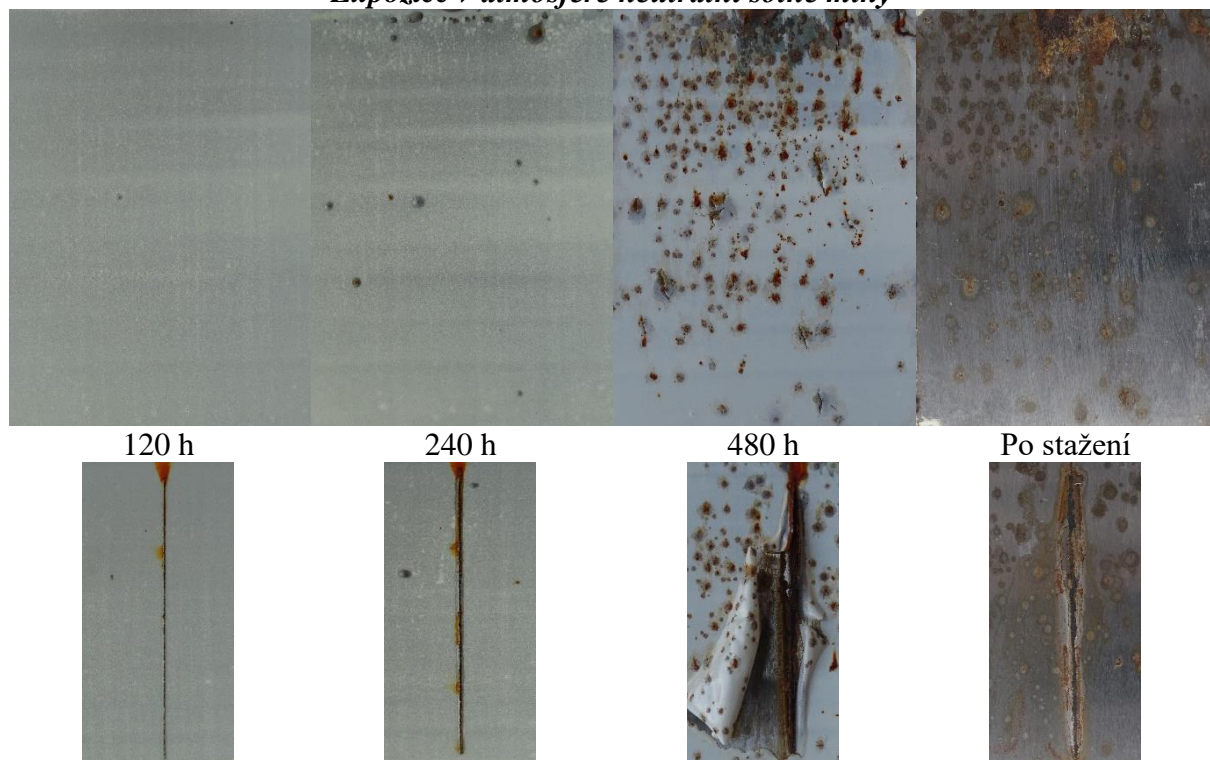


240 h



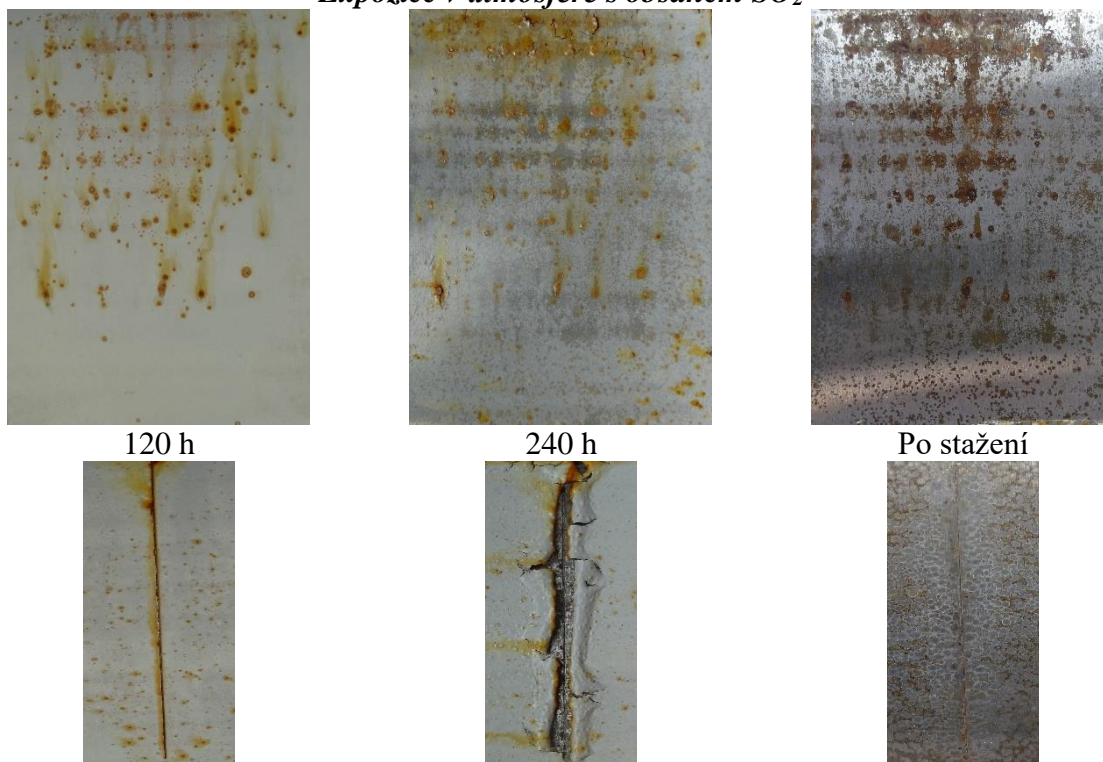
Po stažení



**Příloha 3** Organické povlaky s obsahem plniva Plastorit – Micro*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

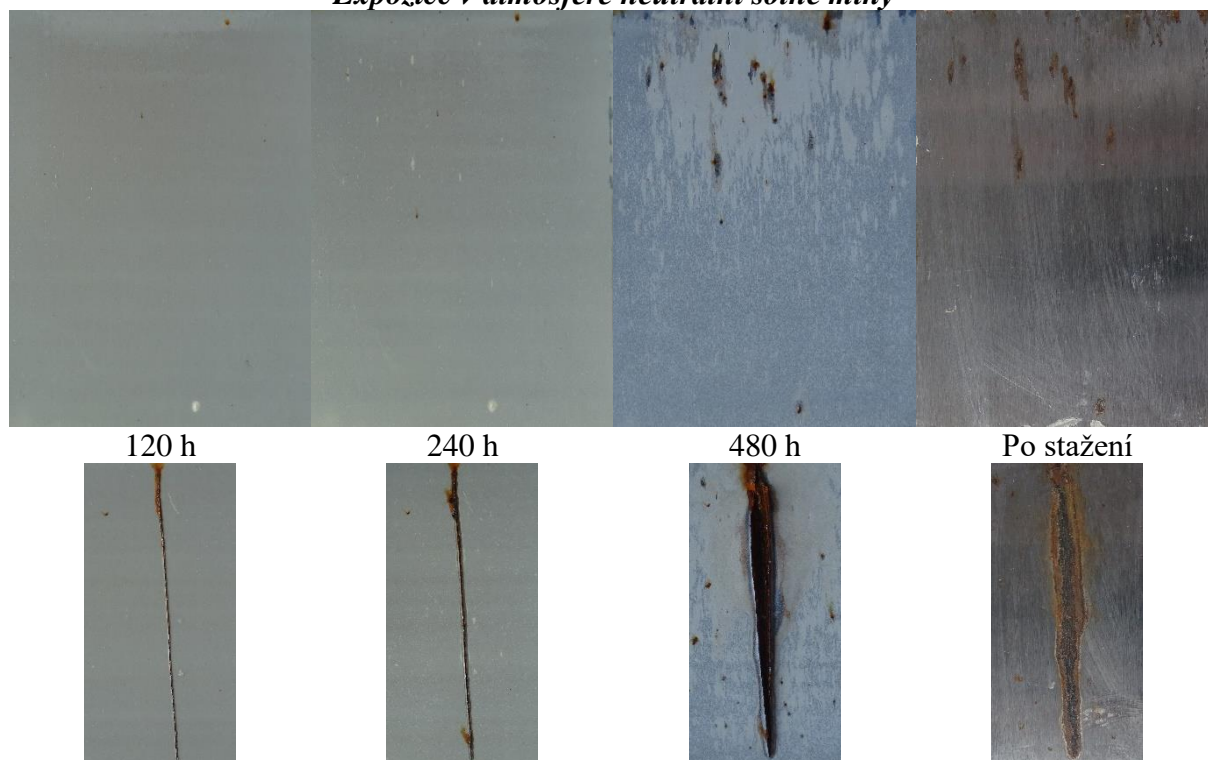


*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



**Příloha 4** Organické povlaky s obsahem plniva Wollastonit KS-3

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



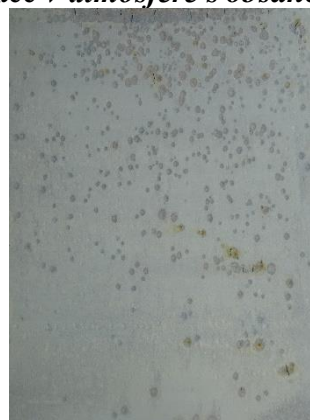
Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



240 h

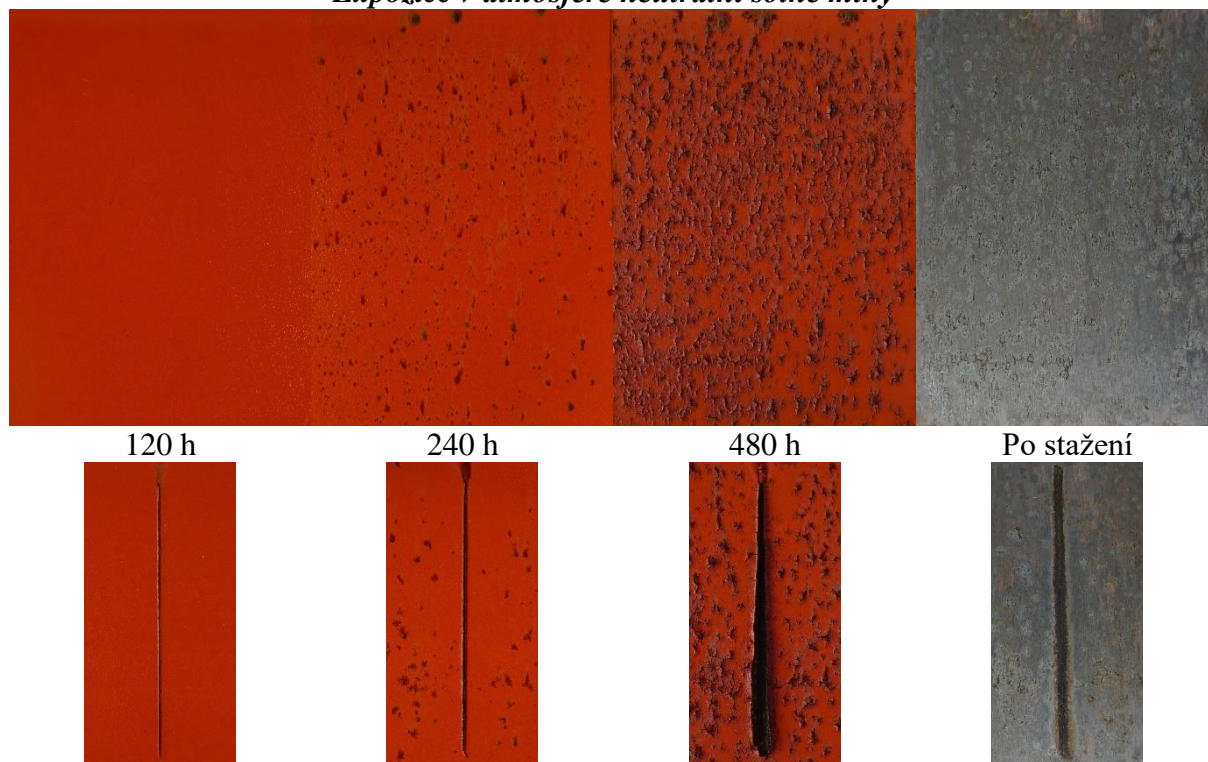


Po stažení

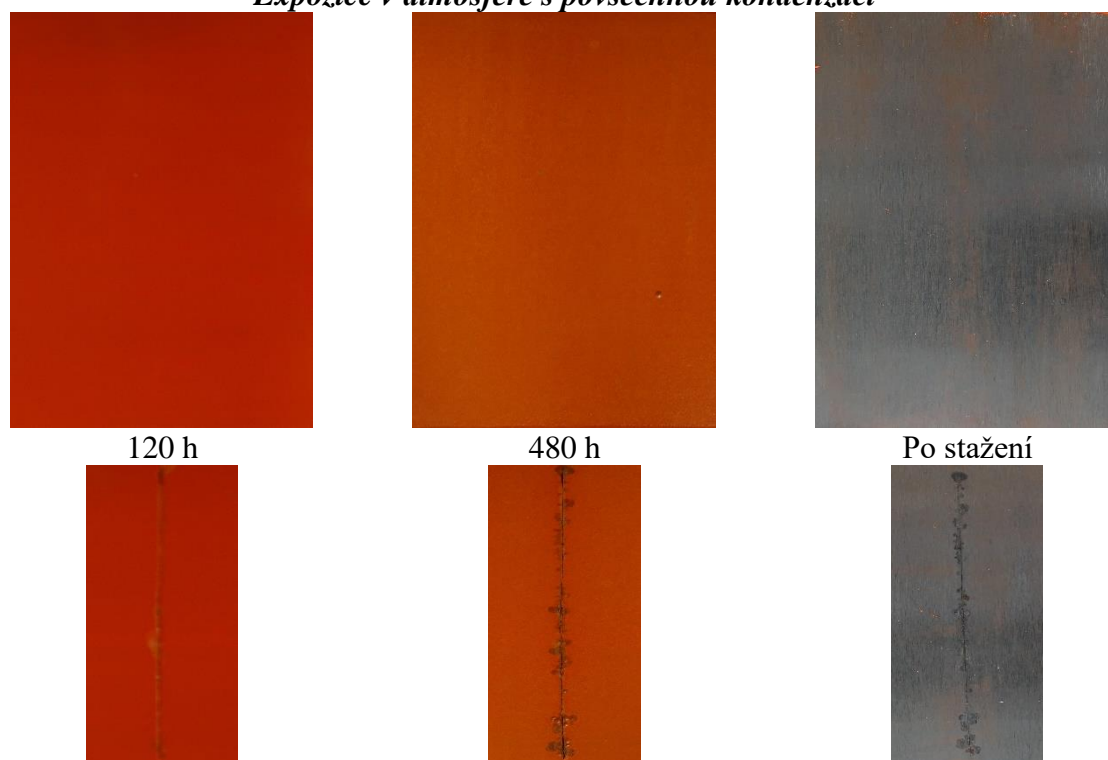


**Příloha 5** Organické povlaky s obsahem Suříku doplněné o Mastek – Talc ST 30

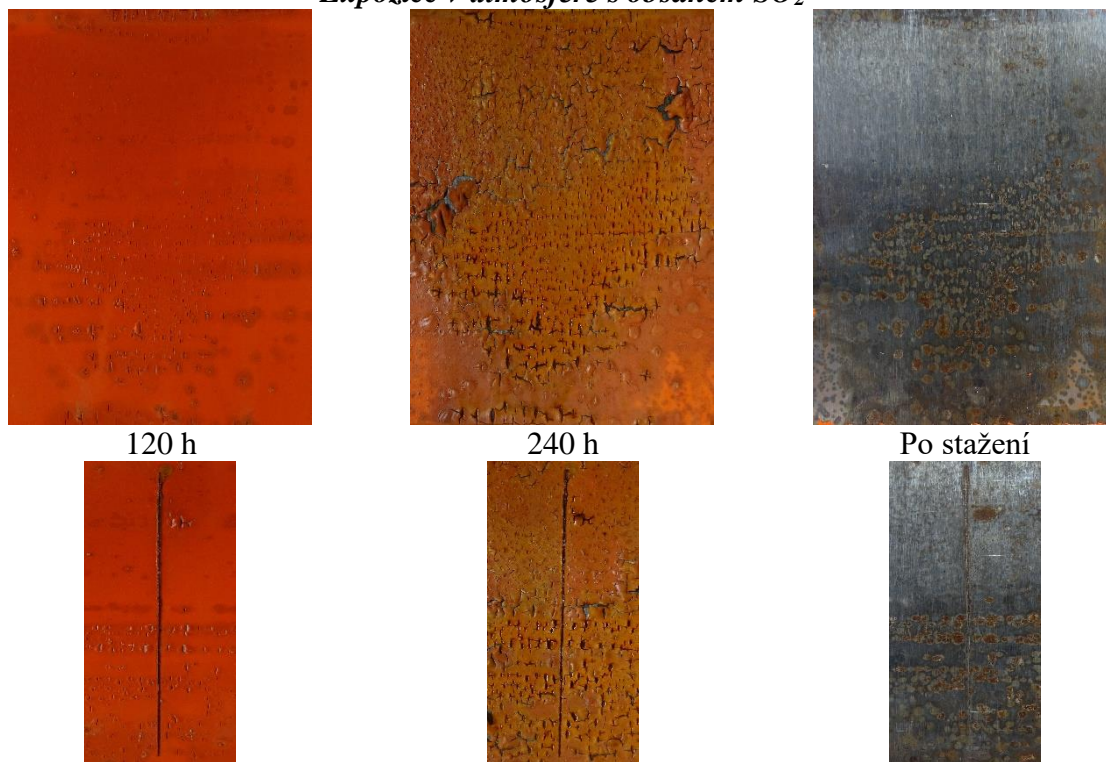
*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*

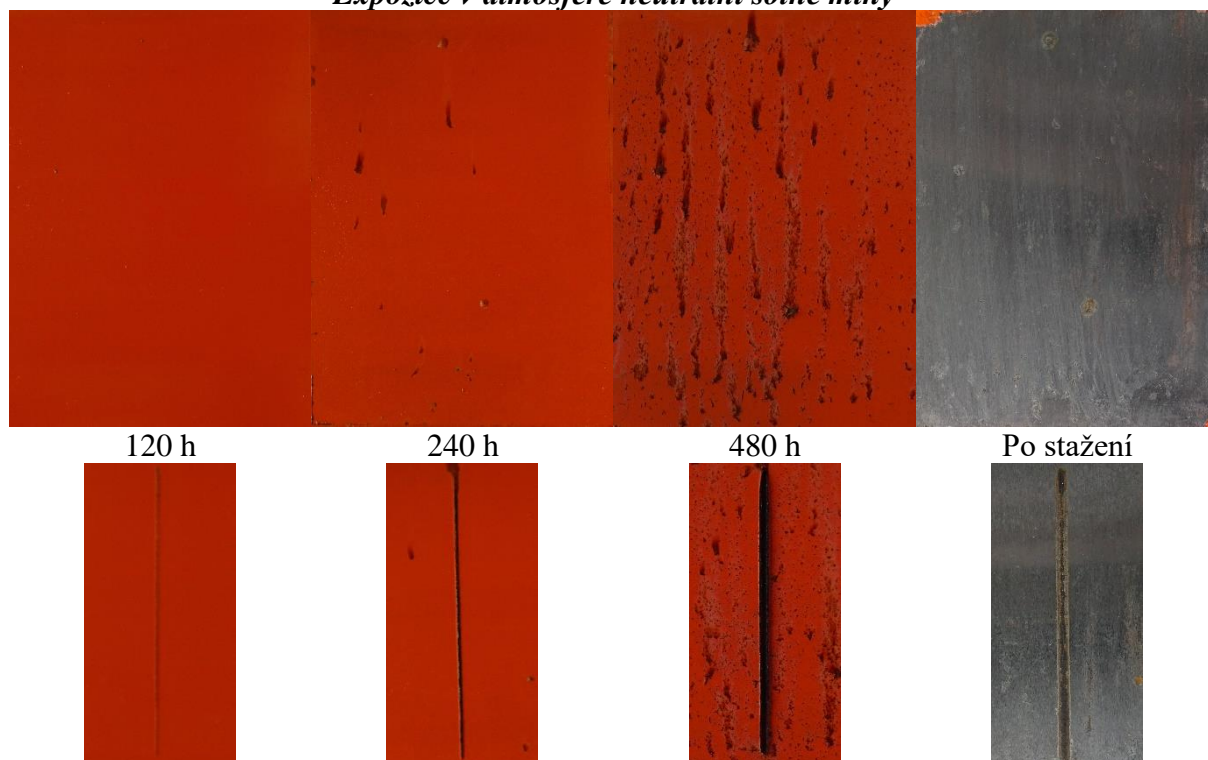


*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



**Příloha 6** Organické polvaky s obsahem Suříku doplněné o Plastorit – Micro

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



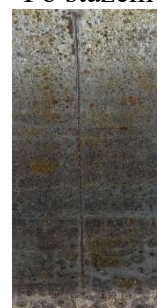
120 h



240 h

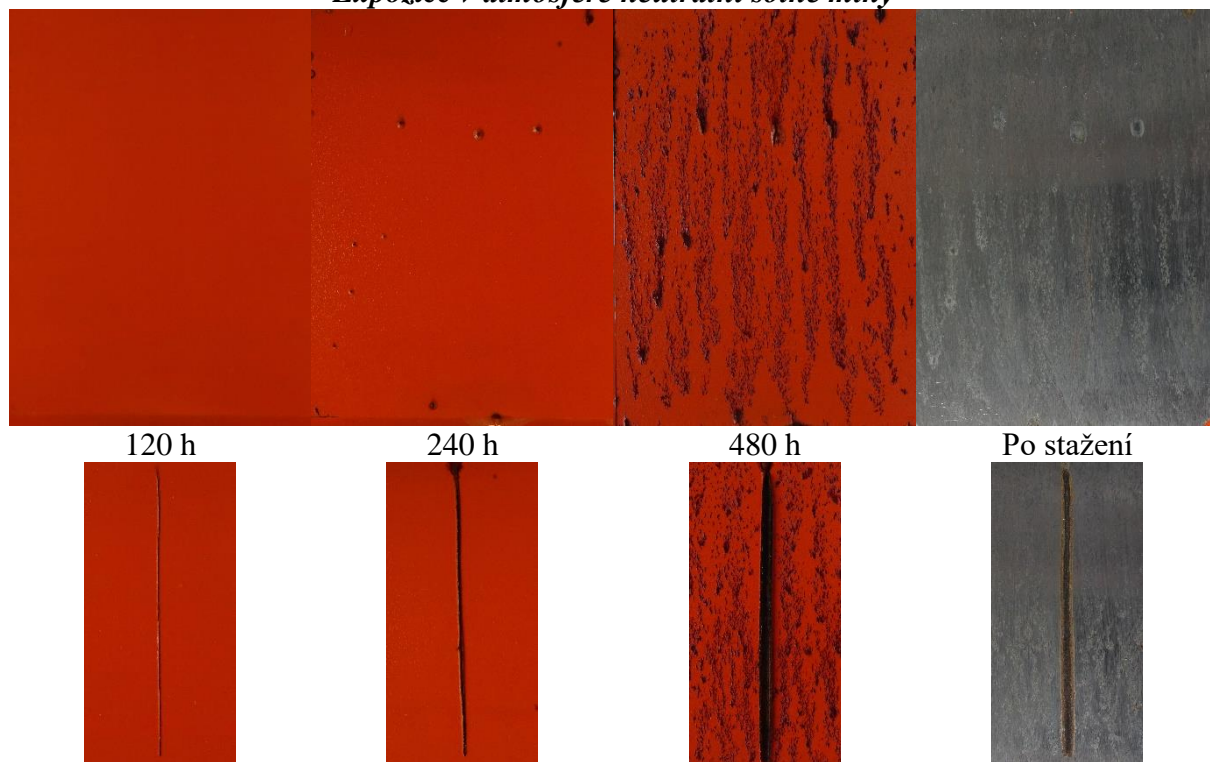


Po stažení

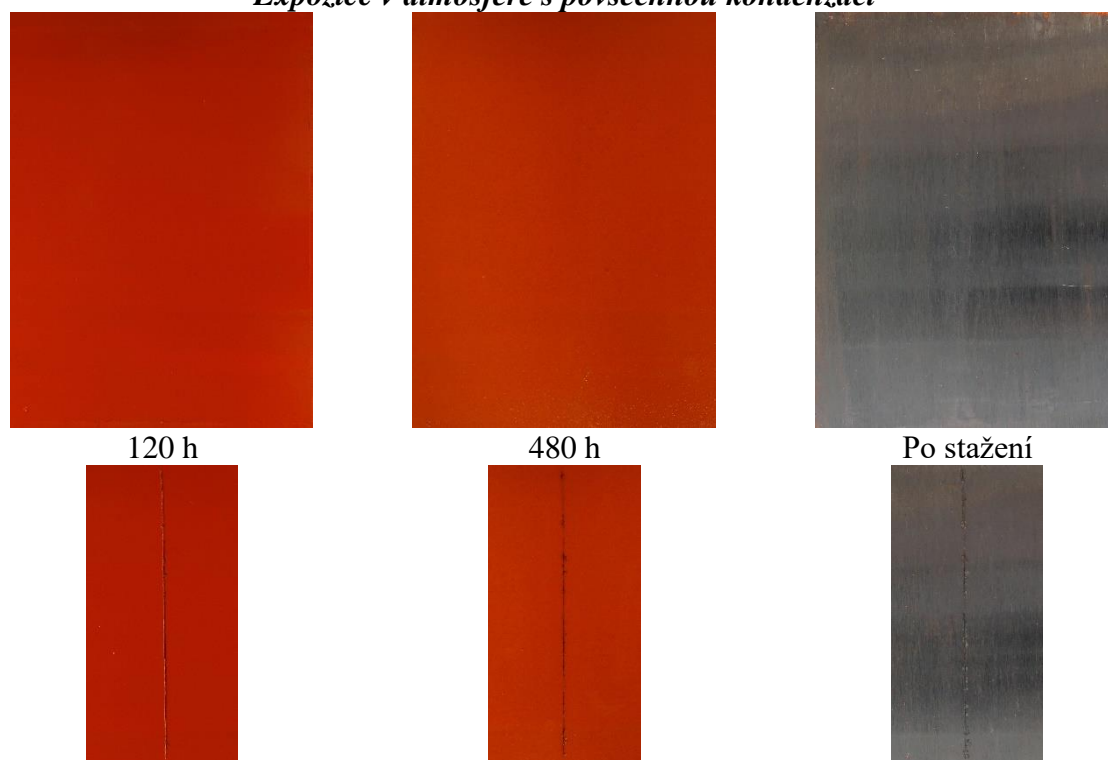


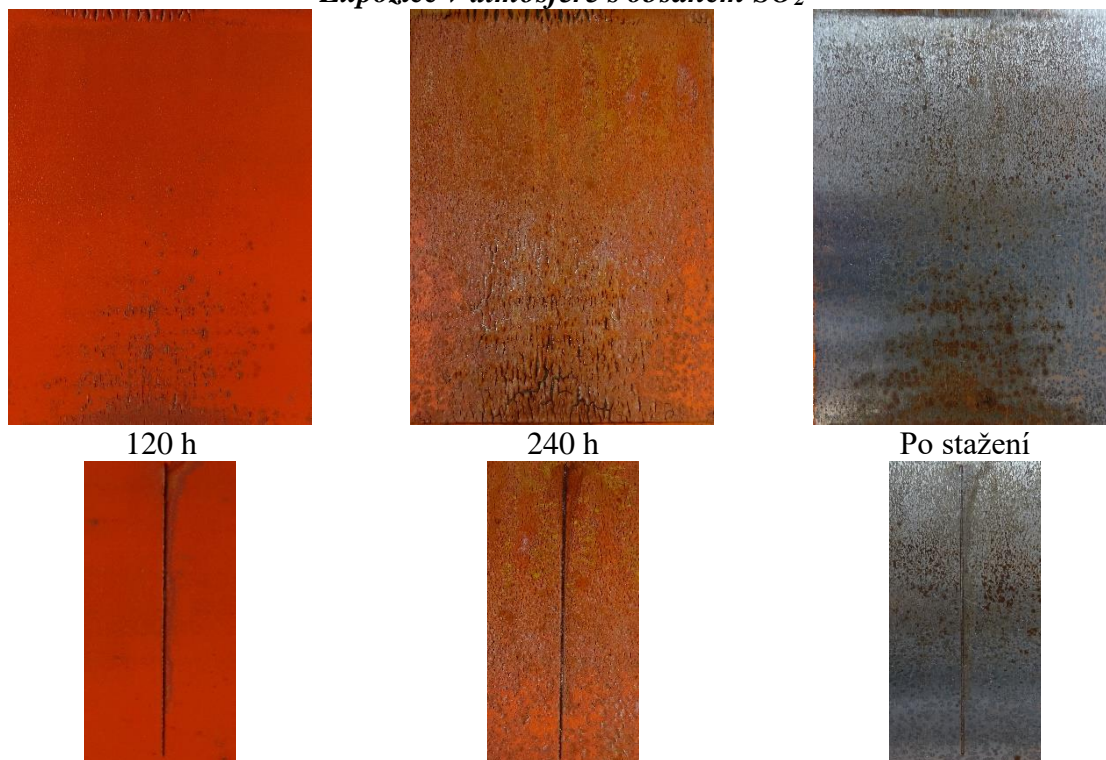
**Příloha 7** Organické povlaky s obsahem Suříku doplněné o Wollastonit KS-3

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

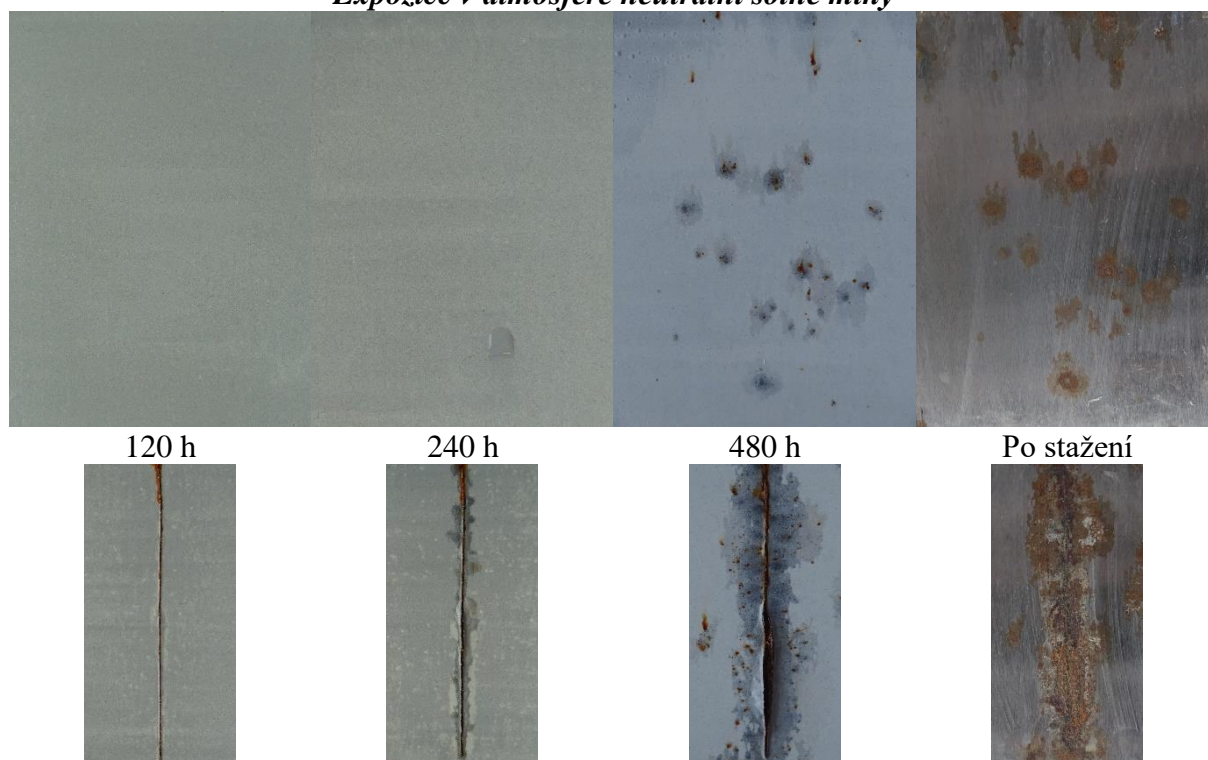


*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

**Příloha 8** Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 0,5 hm % draselného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



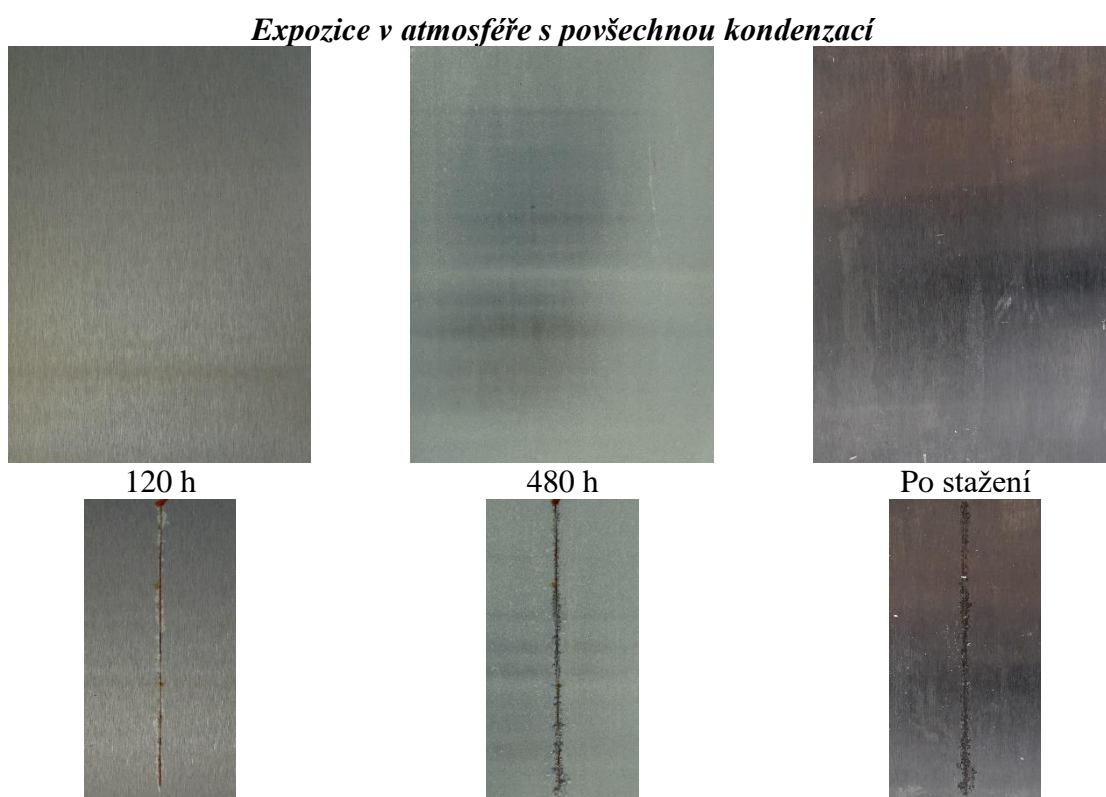
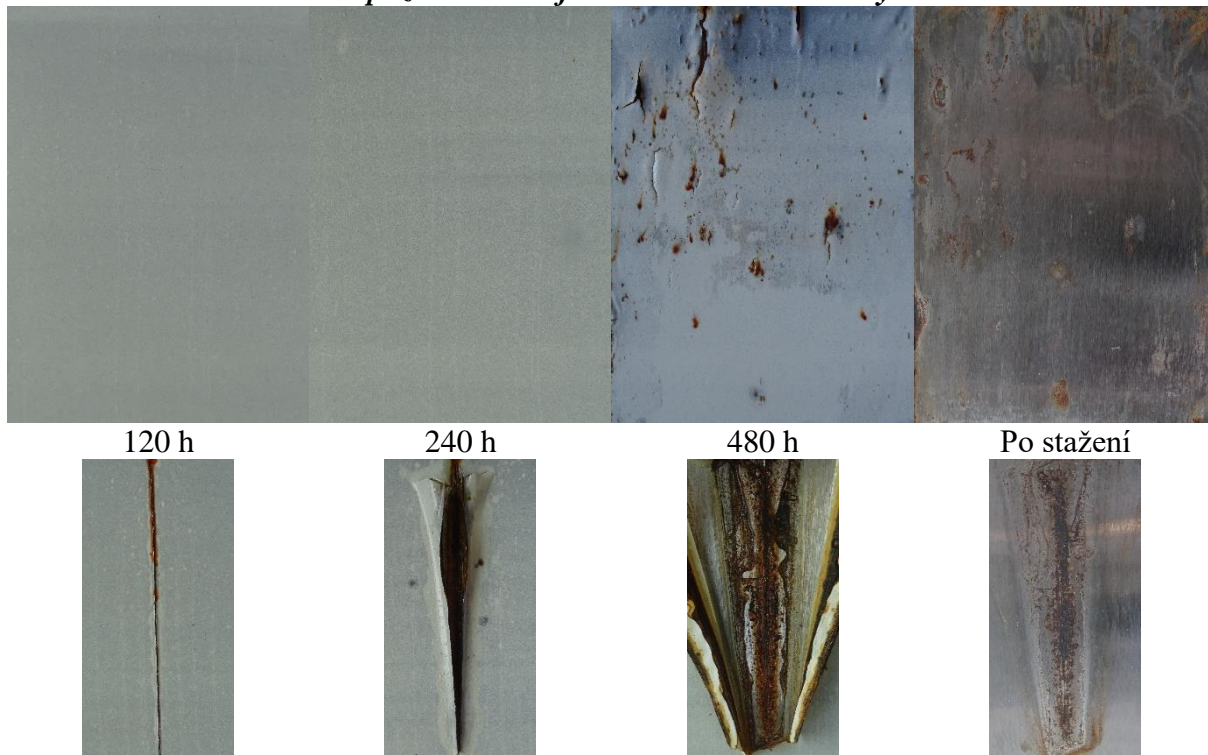
240 h

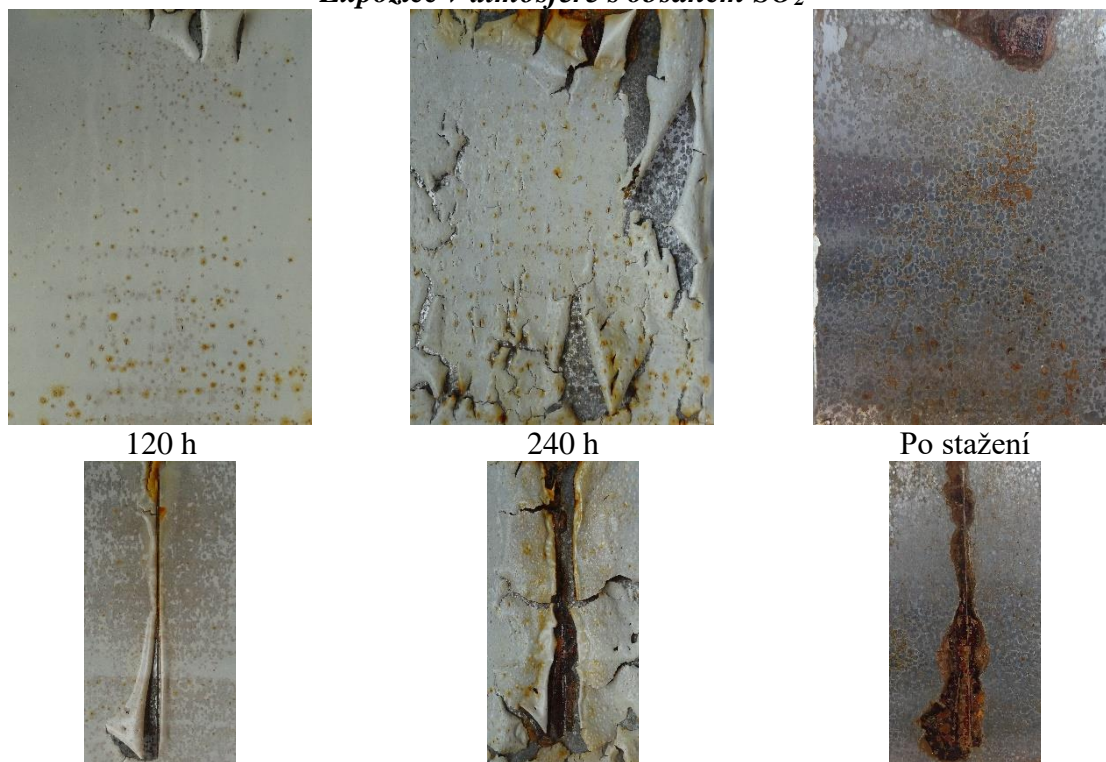


Po stažení

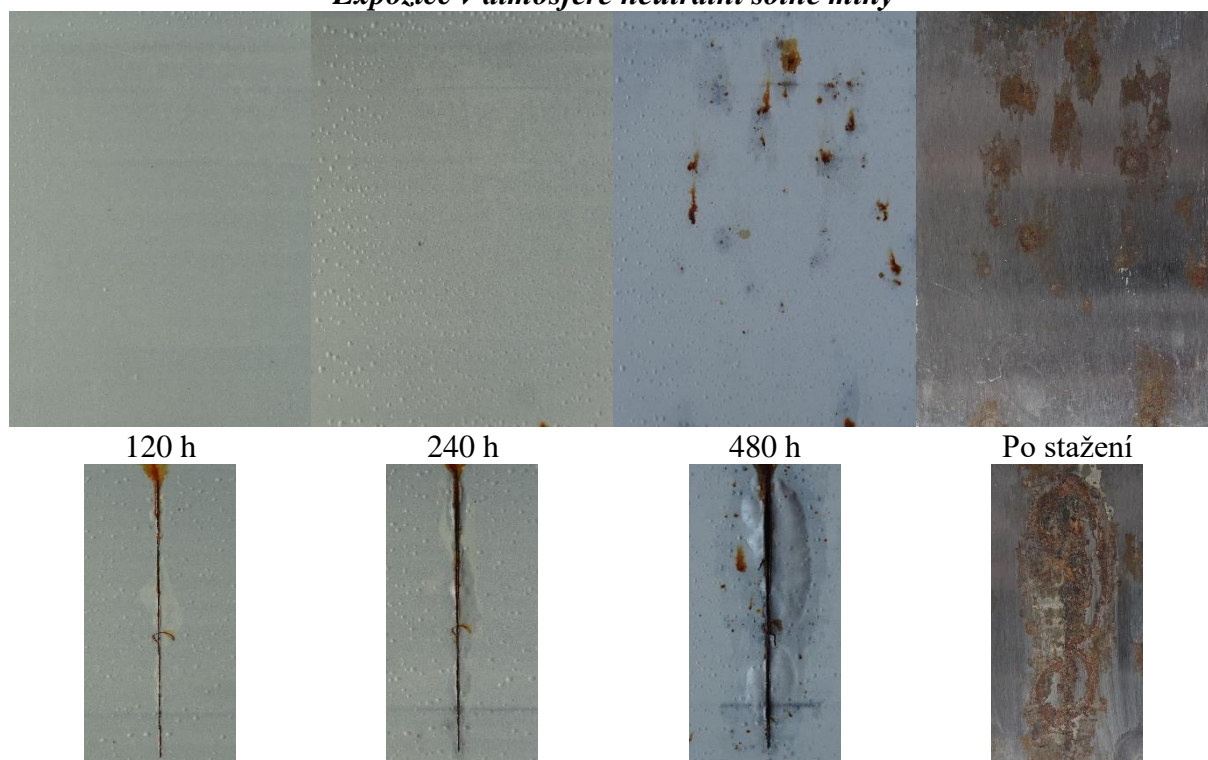




**Příloha 9** Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1 hm % draselného vodního skla*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

**Příloha 10** Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1,5 hm % draselného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



240 h

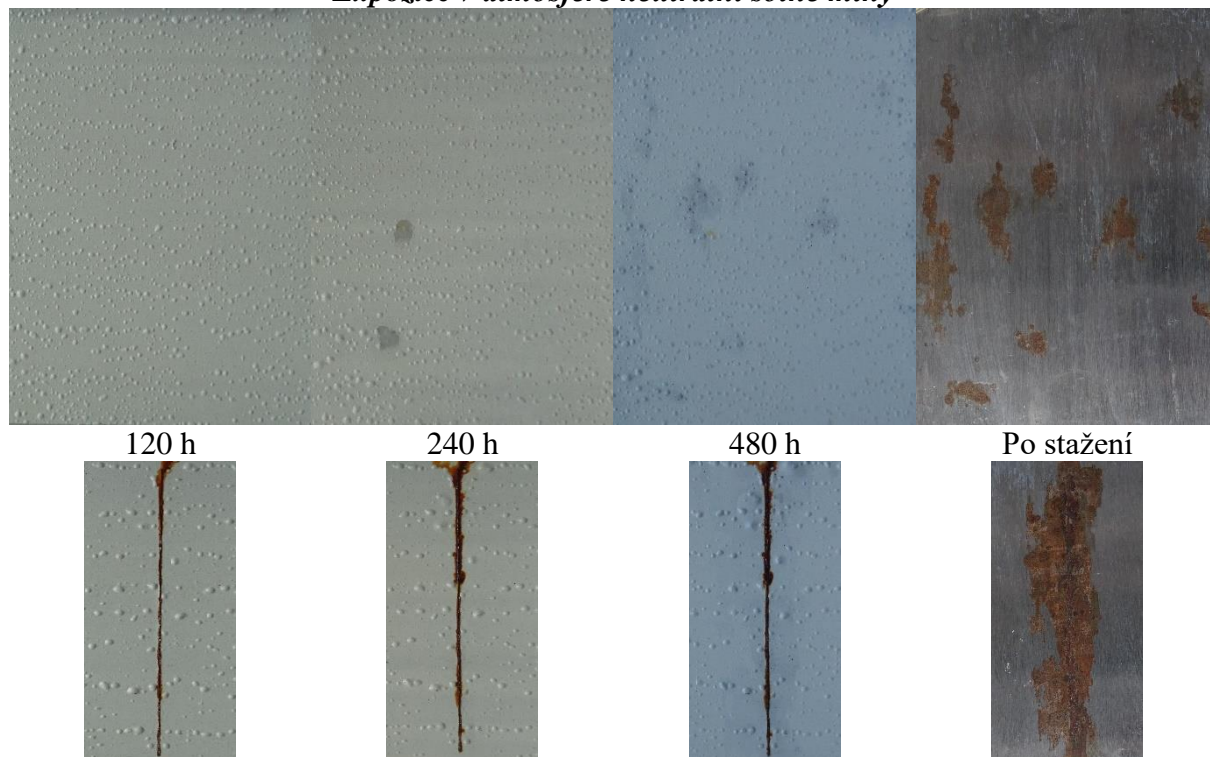


Po stažení

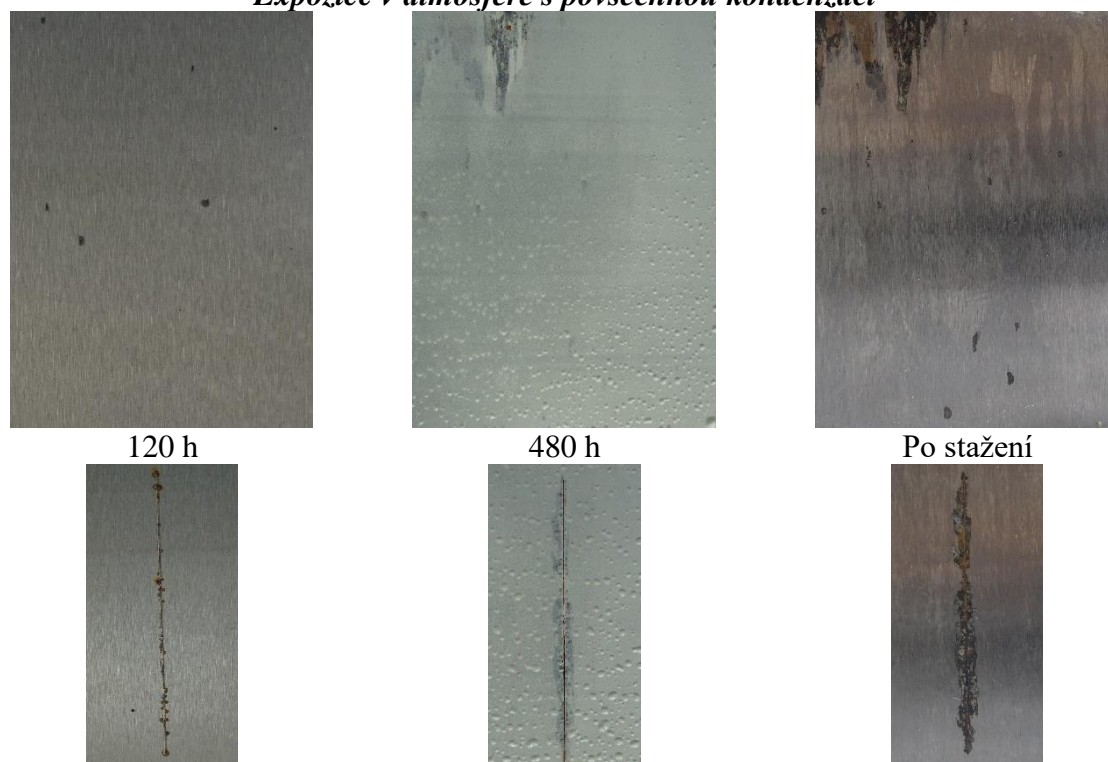


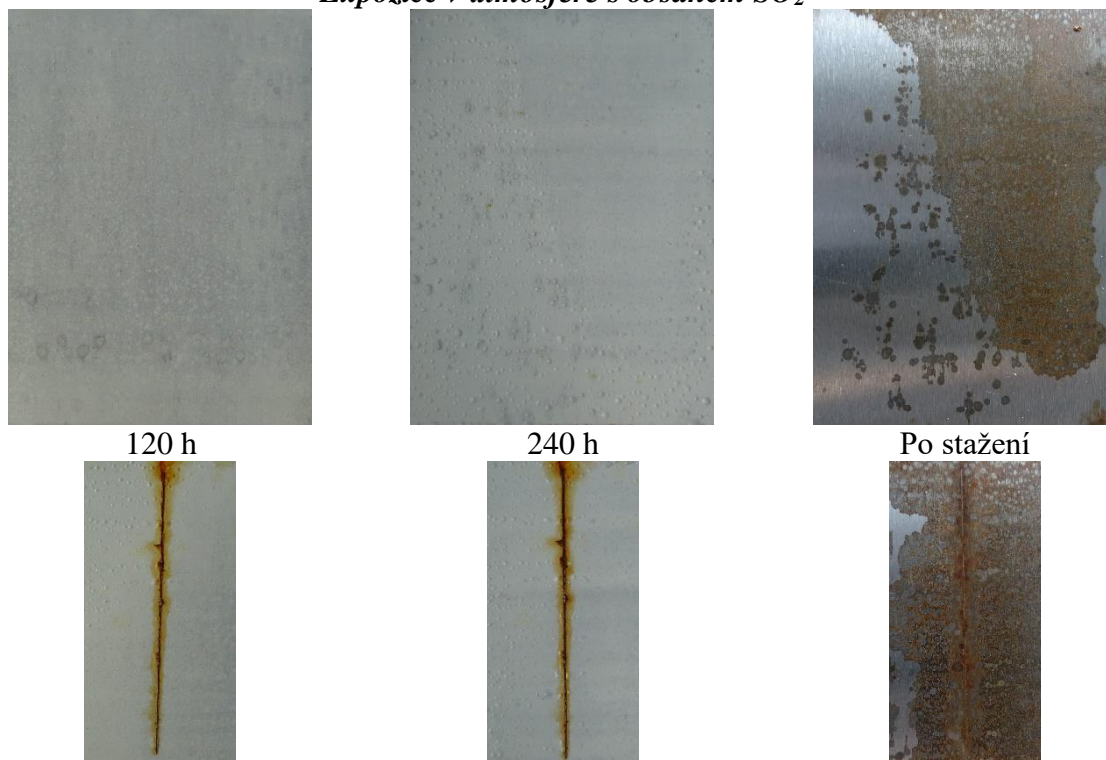
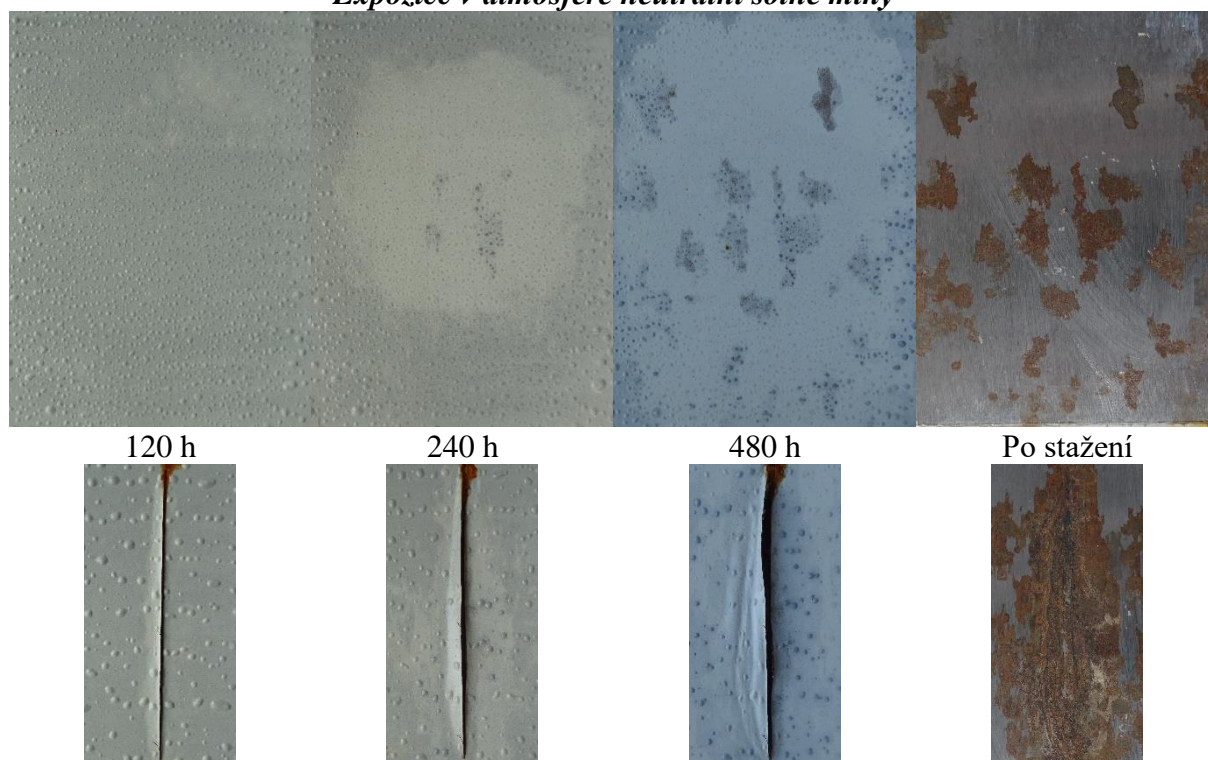
**Příloha 11** Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 0,5 hm % sodného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>***Příloha 12** Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1 hm % sodného vodního skla*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



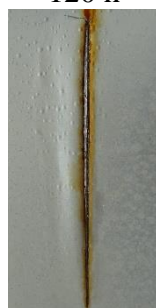
Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



240 h

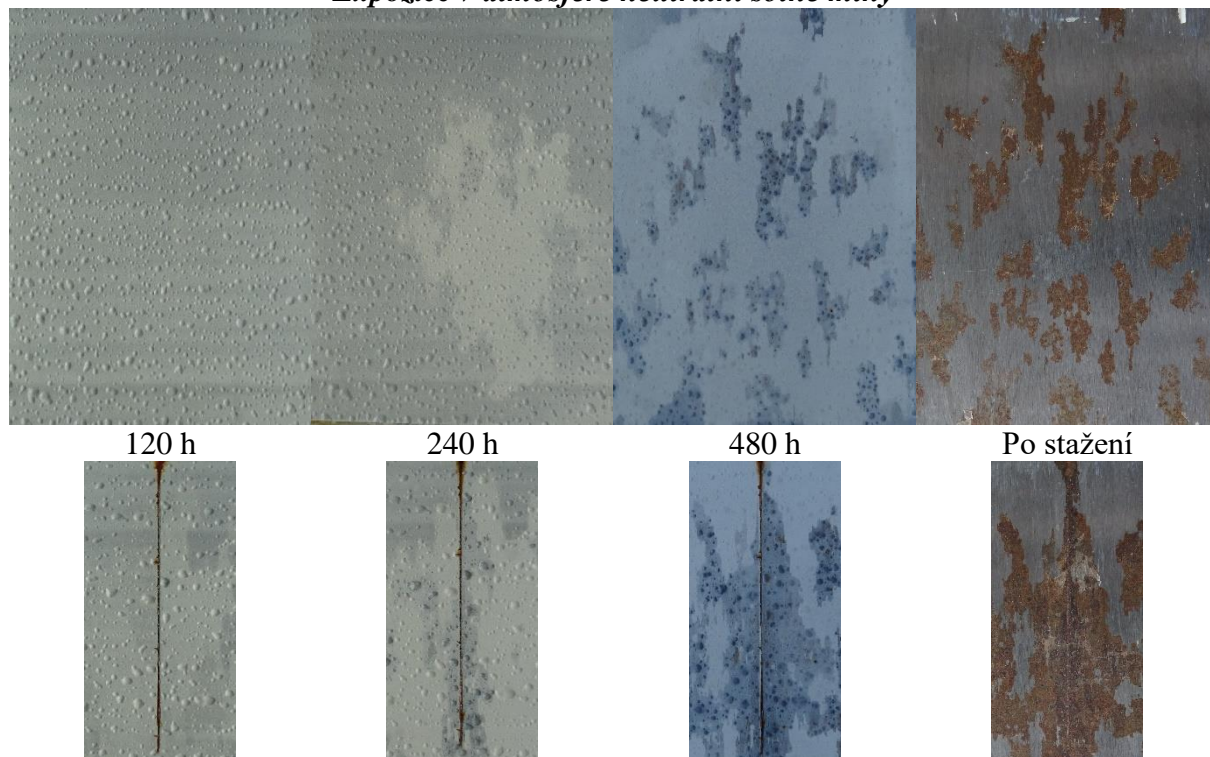


Po stažení

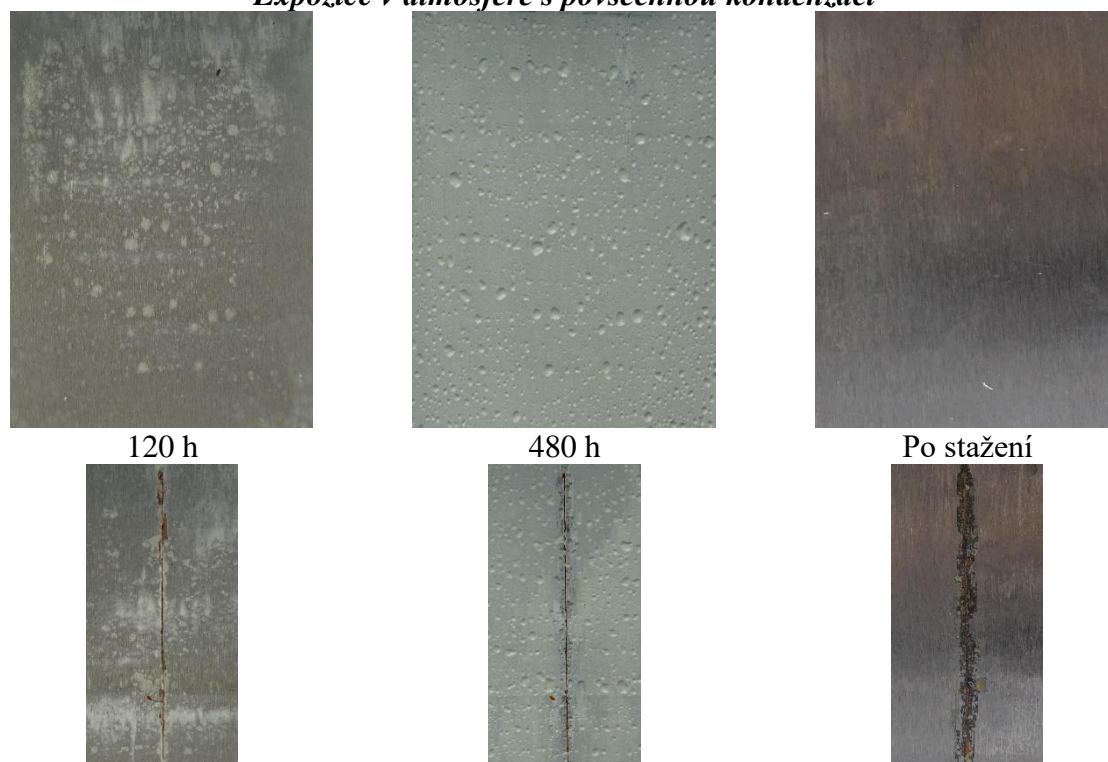


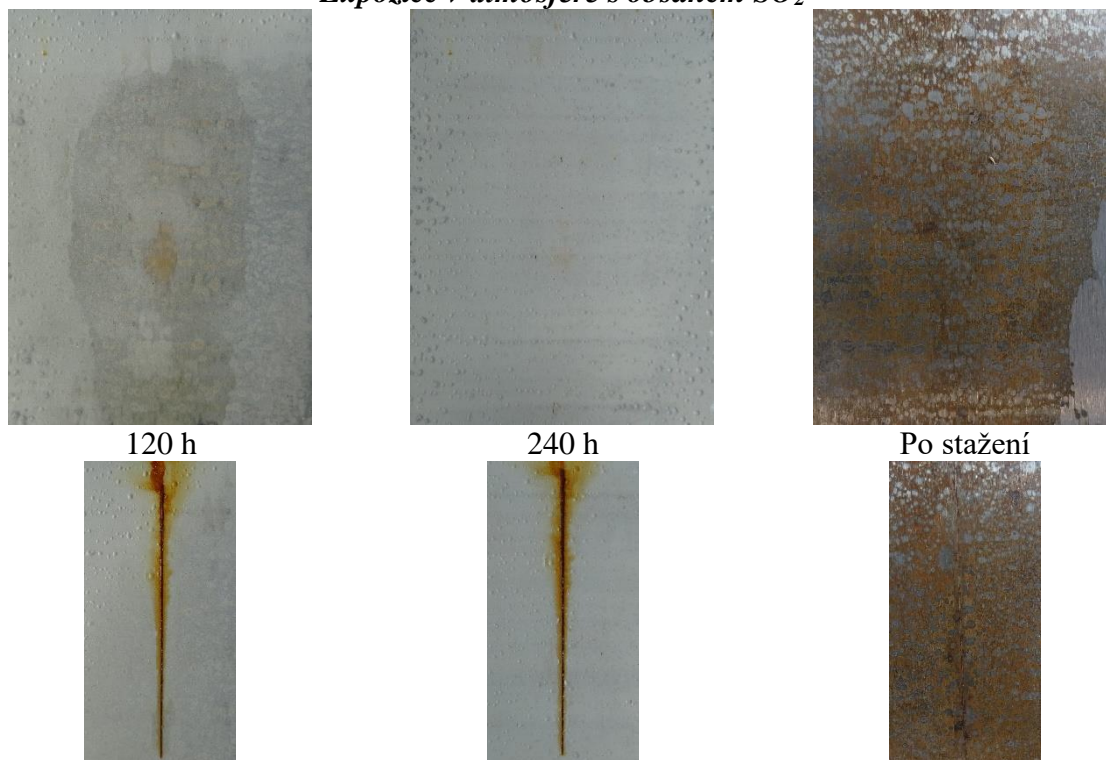
**Příloha 13** Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1,5 hm % sodného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

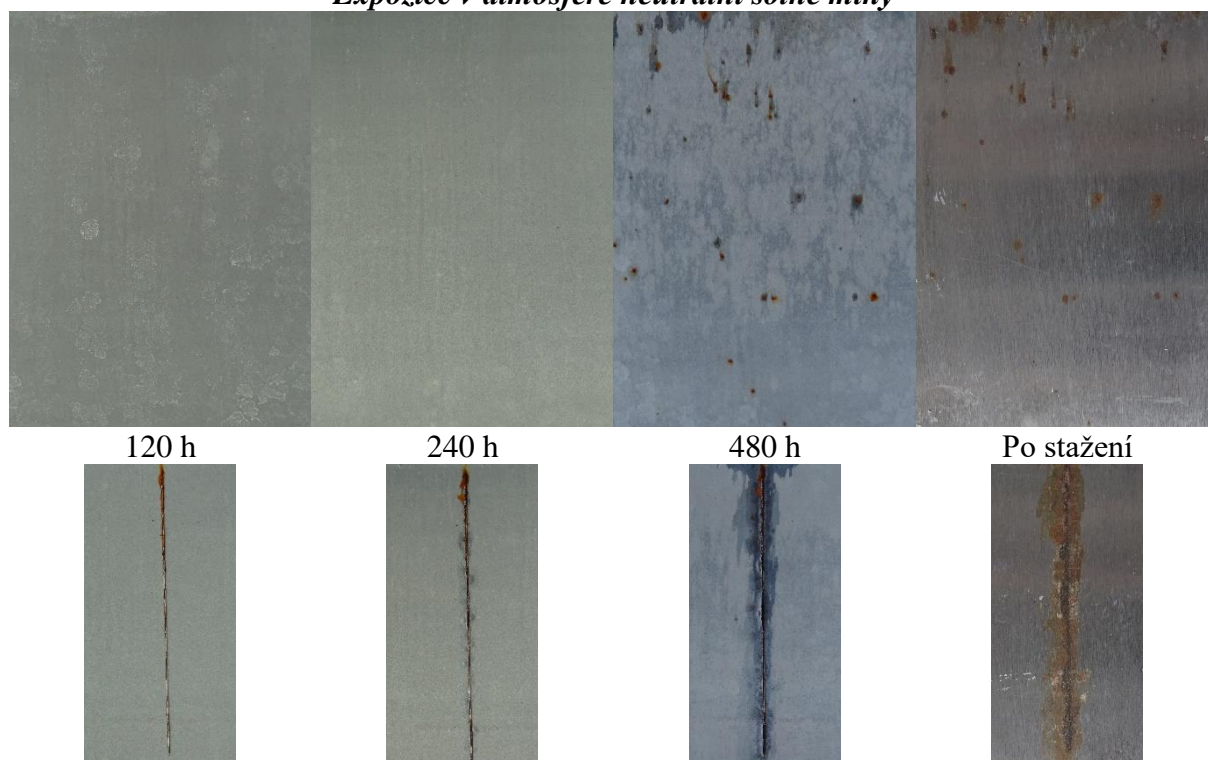


*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

**Příloha 14** Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 0,5 hm % lithného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h

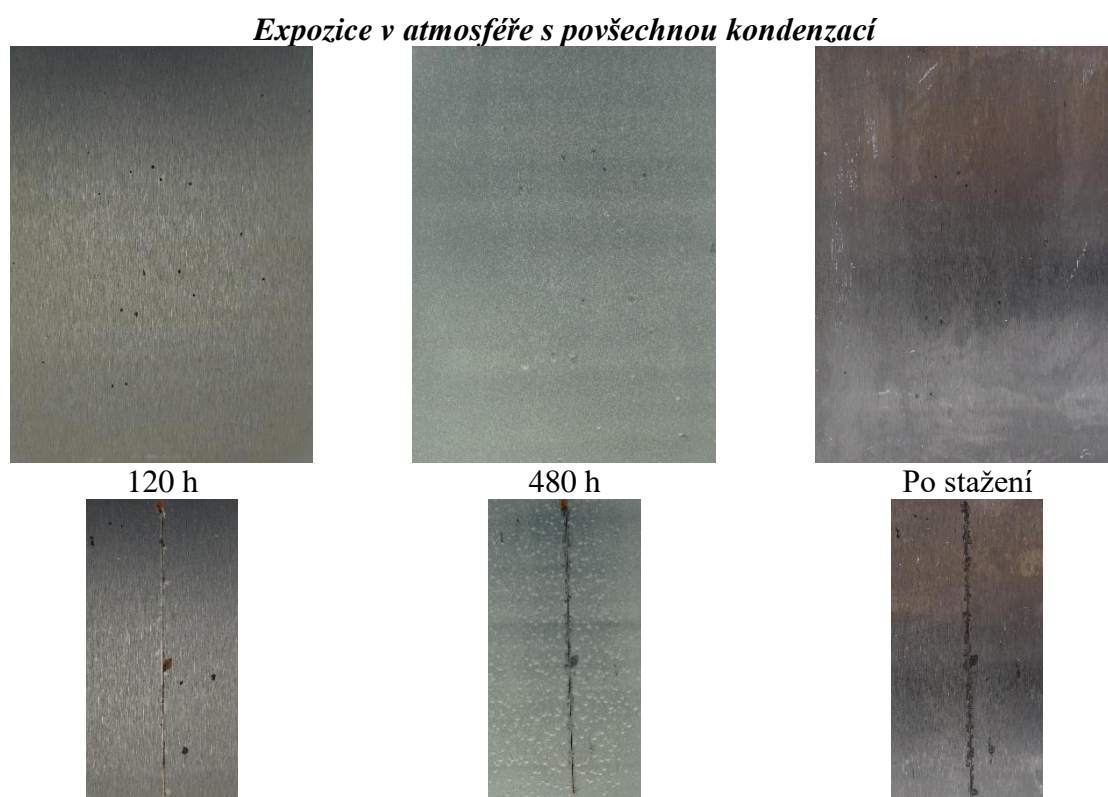
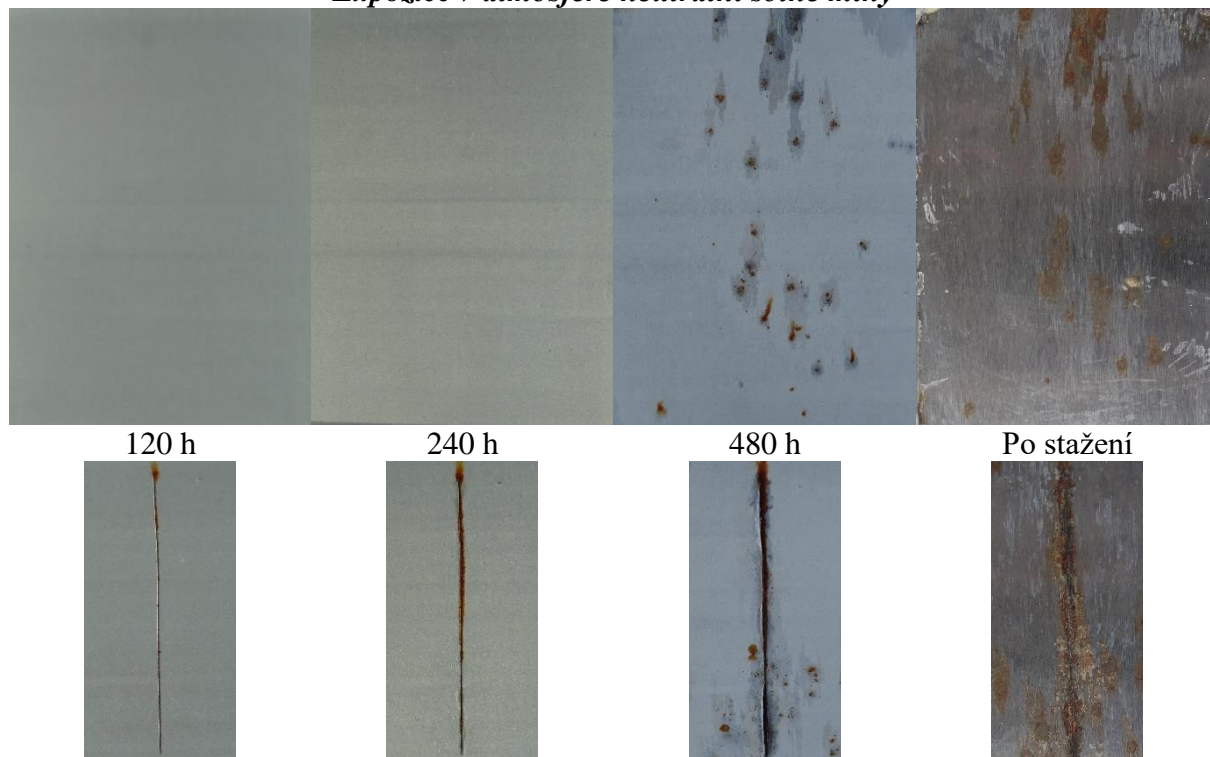


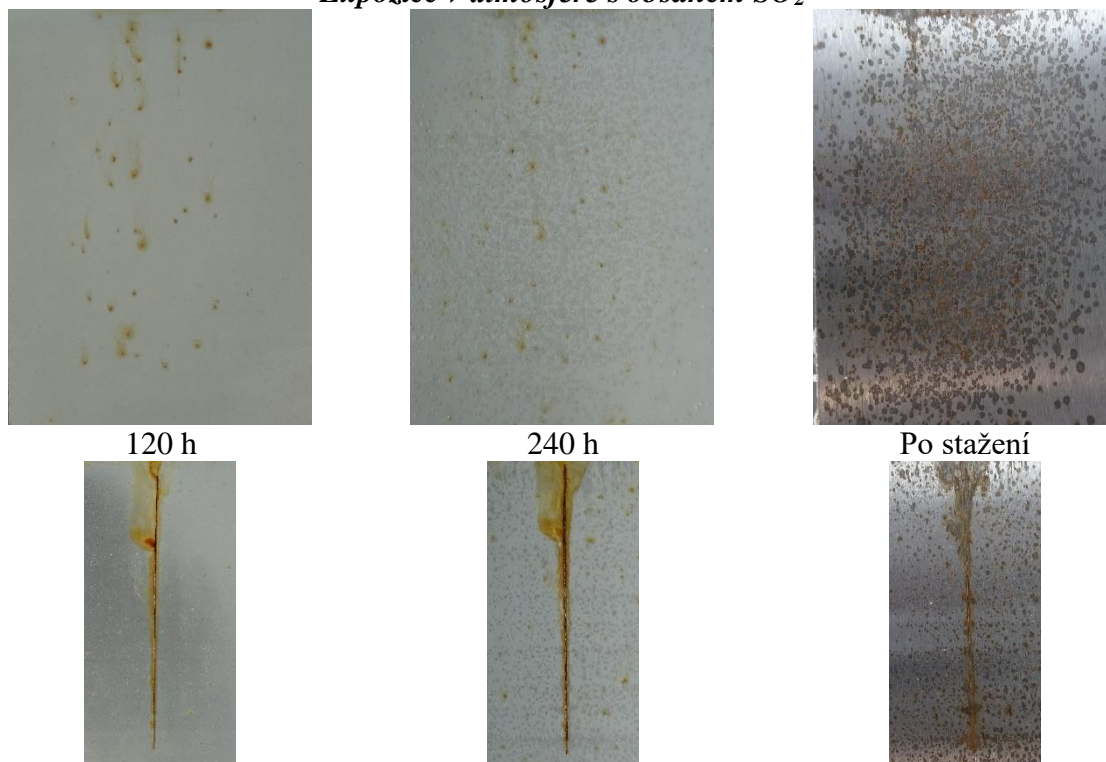
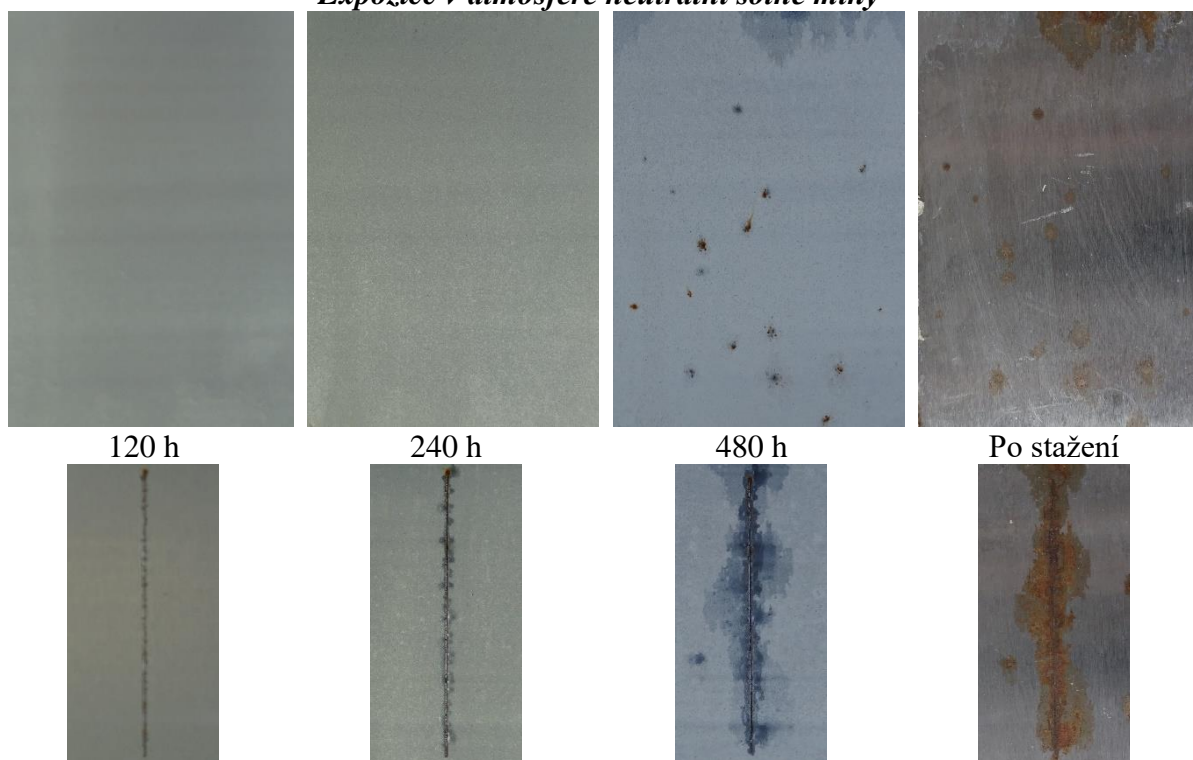
240 h



Po stažení



**Příloha 15** Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1 hm % lithného vodního skla*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>***Příloha 16** Organické povlaky s obsahem Mastku – Talc ST 30 doplněné o 1,5 hm % lithného vodního skla*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h

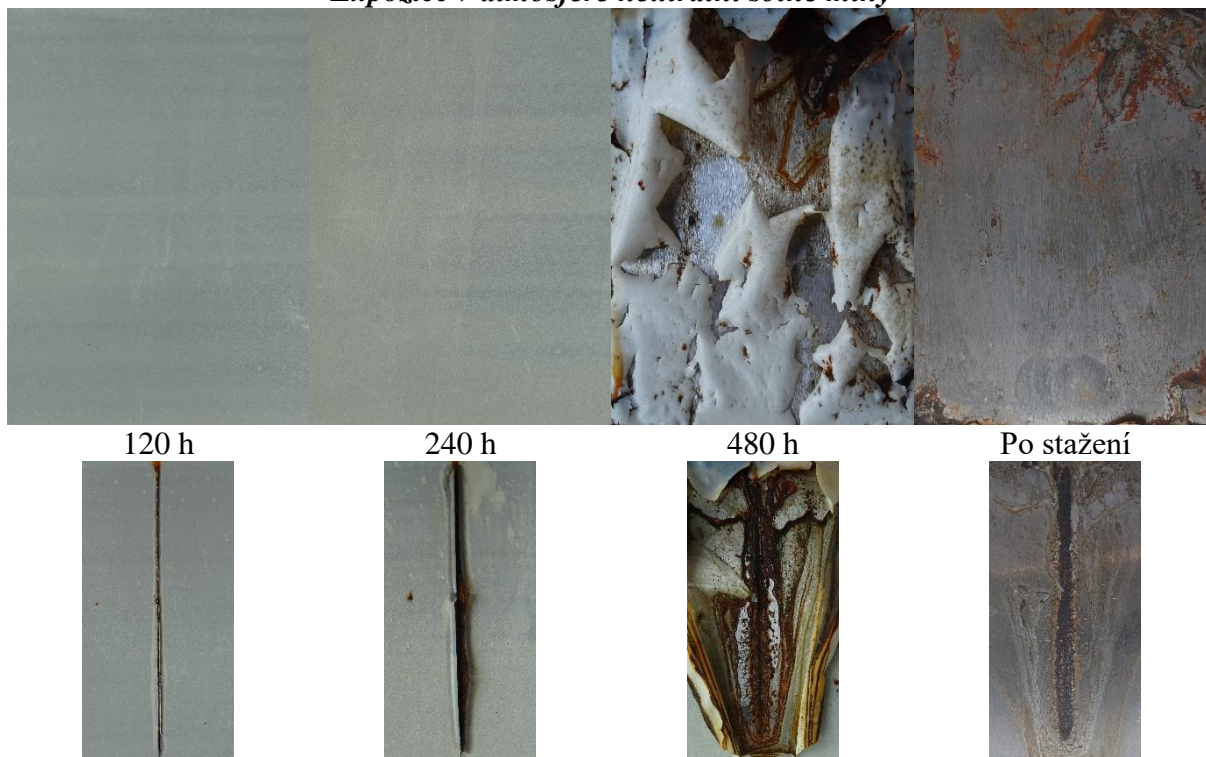
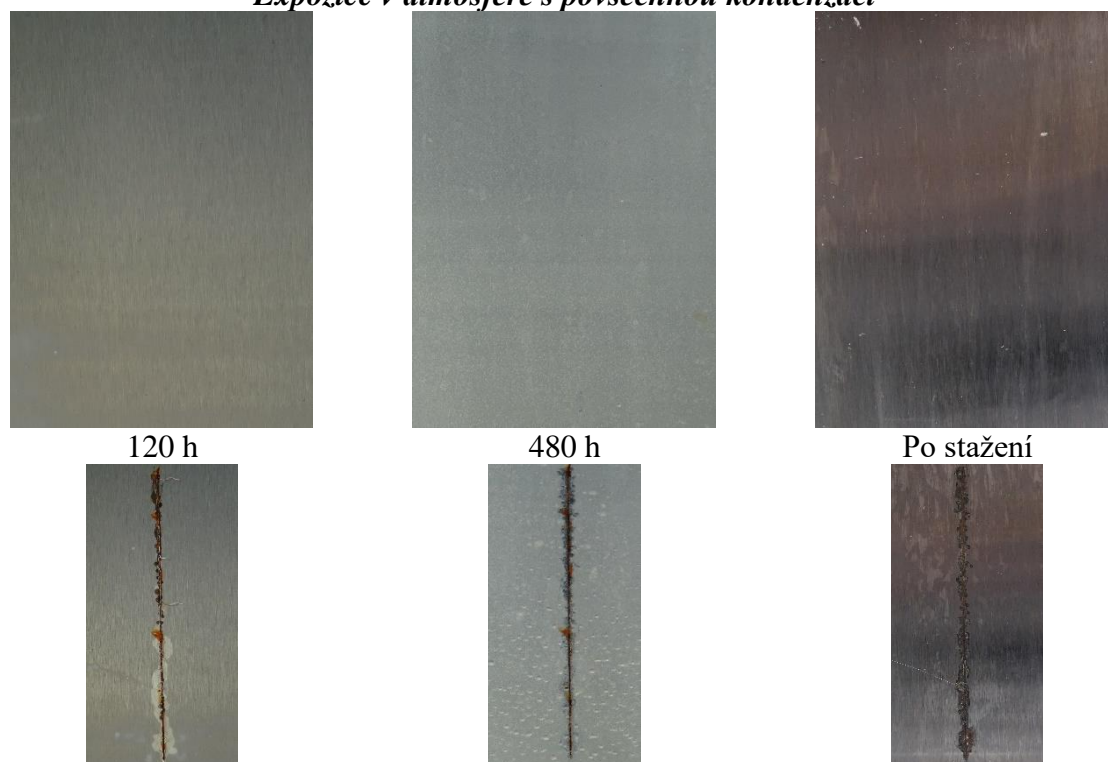


240 h

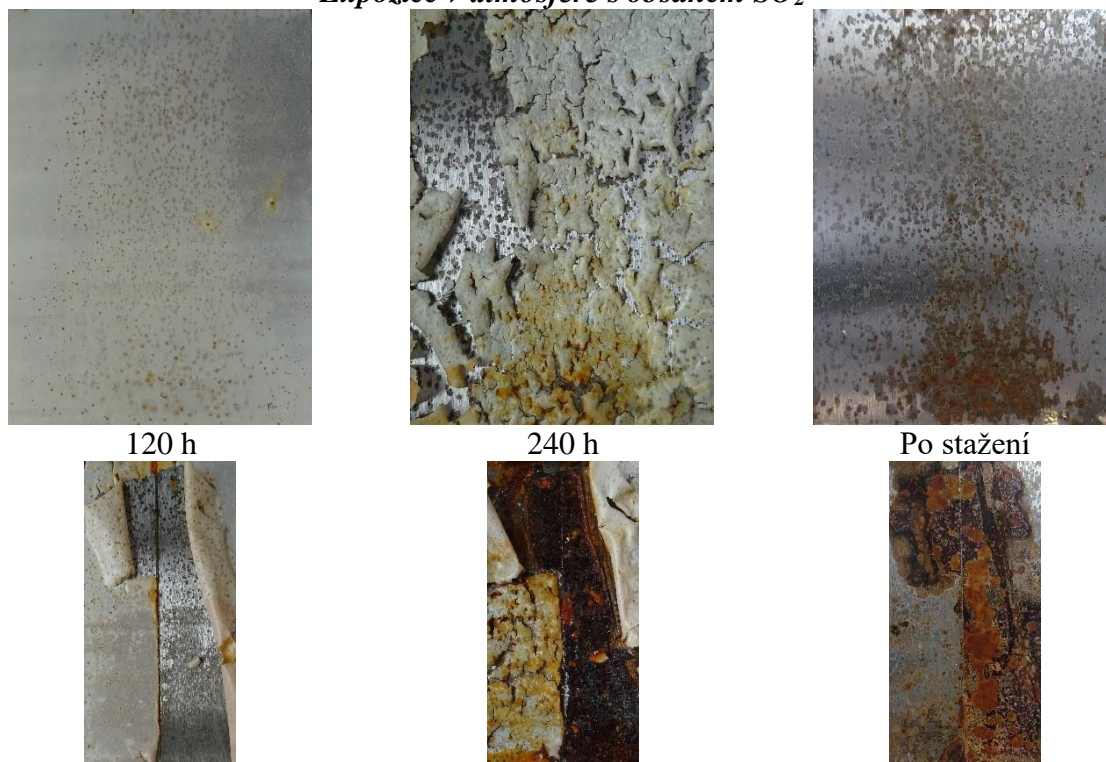


Po stažení



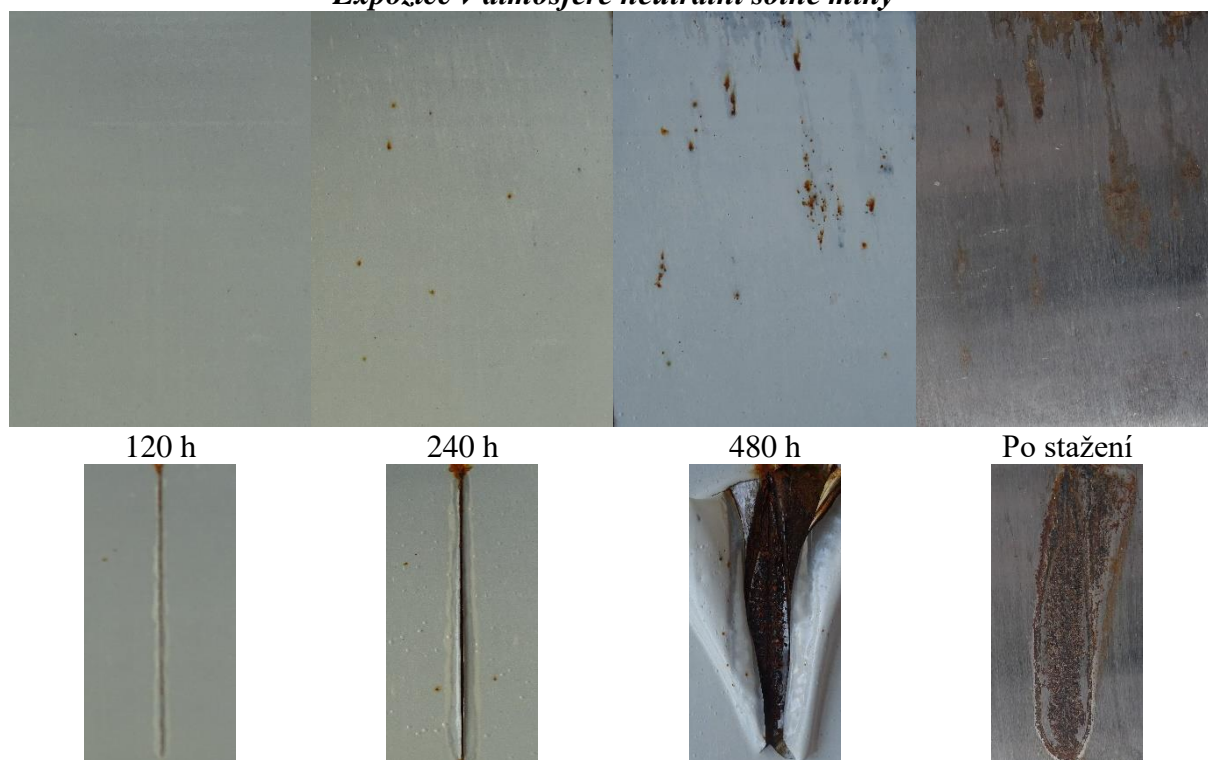
**Příloha 17** Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 0,5 hm % draselného vodního skla*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy**Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*

*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

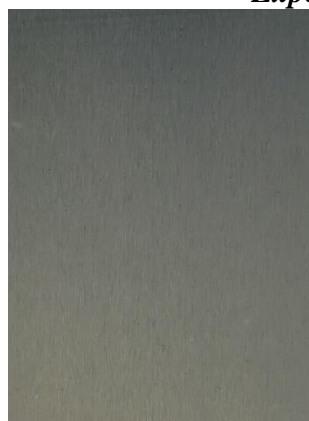


**Příloha 18** Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1 hm % draselného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h

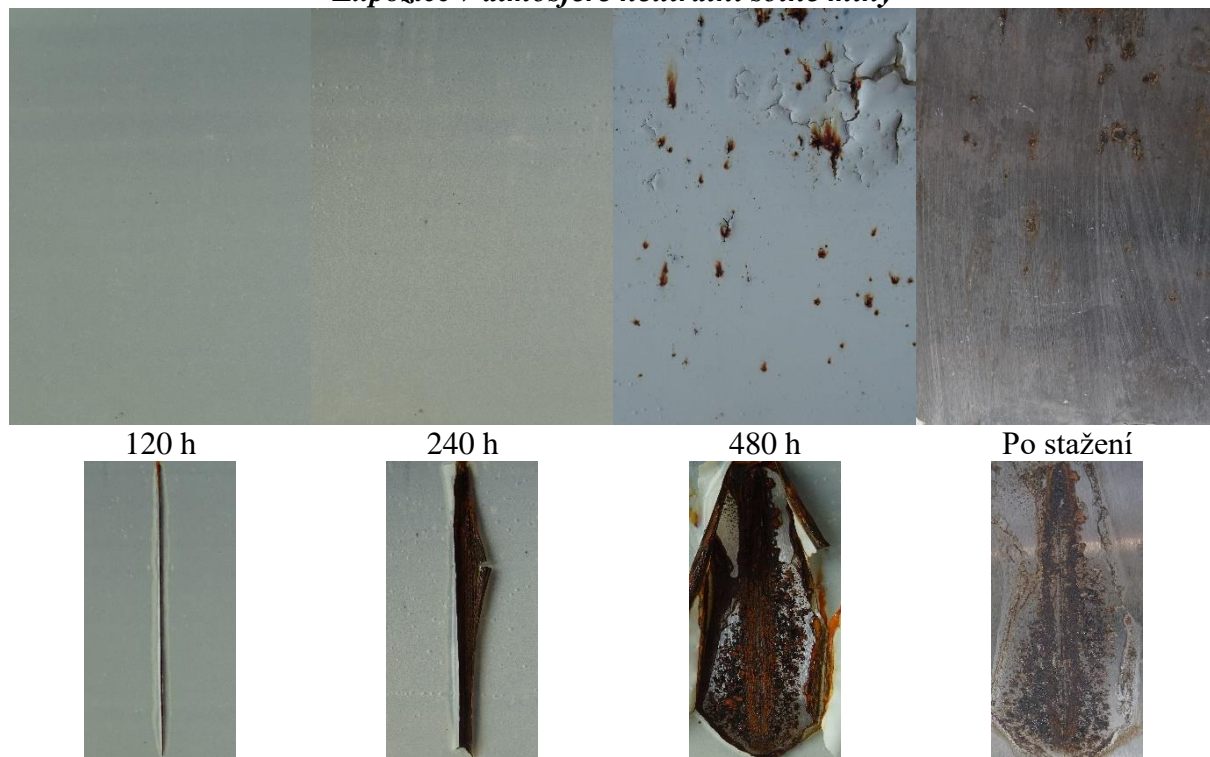
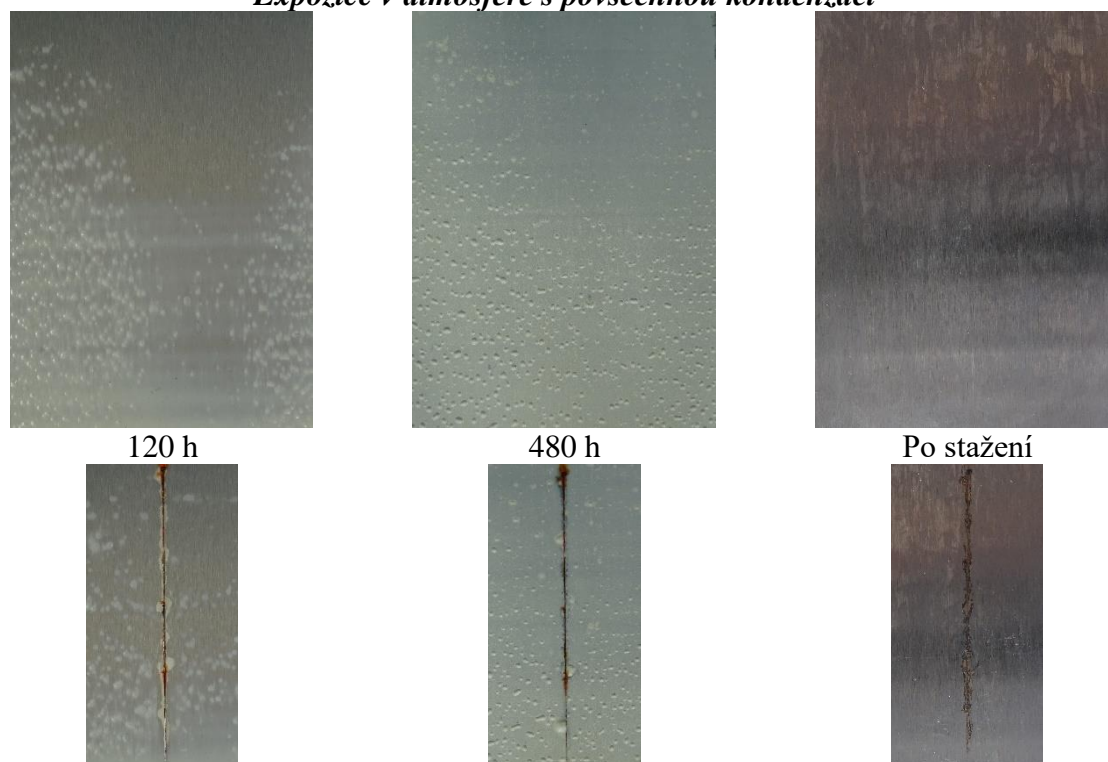


240 h

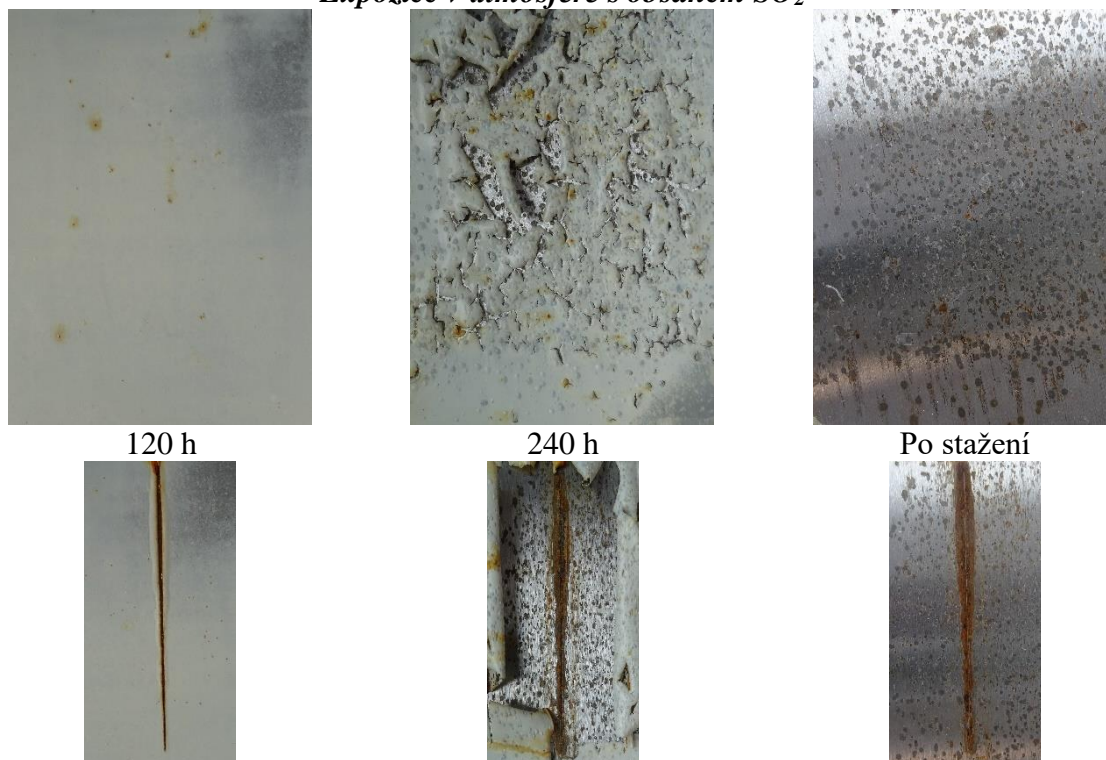


Po stažení

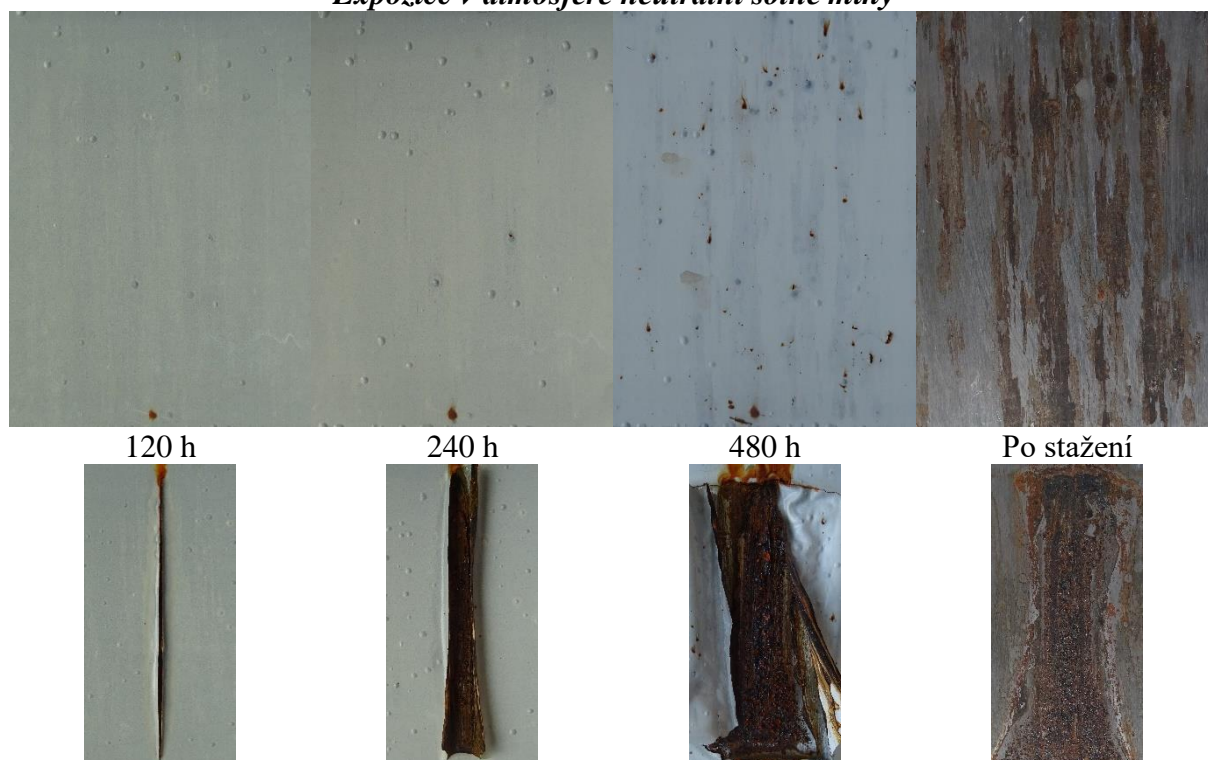


**Příloha 19** Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1,5 hm % draselného vodního skla*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy**Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

**Příloha 20** Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 0,5 hm % sodného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



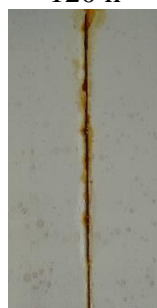
Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h

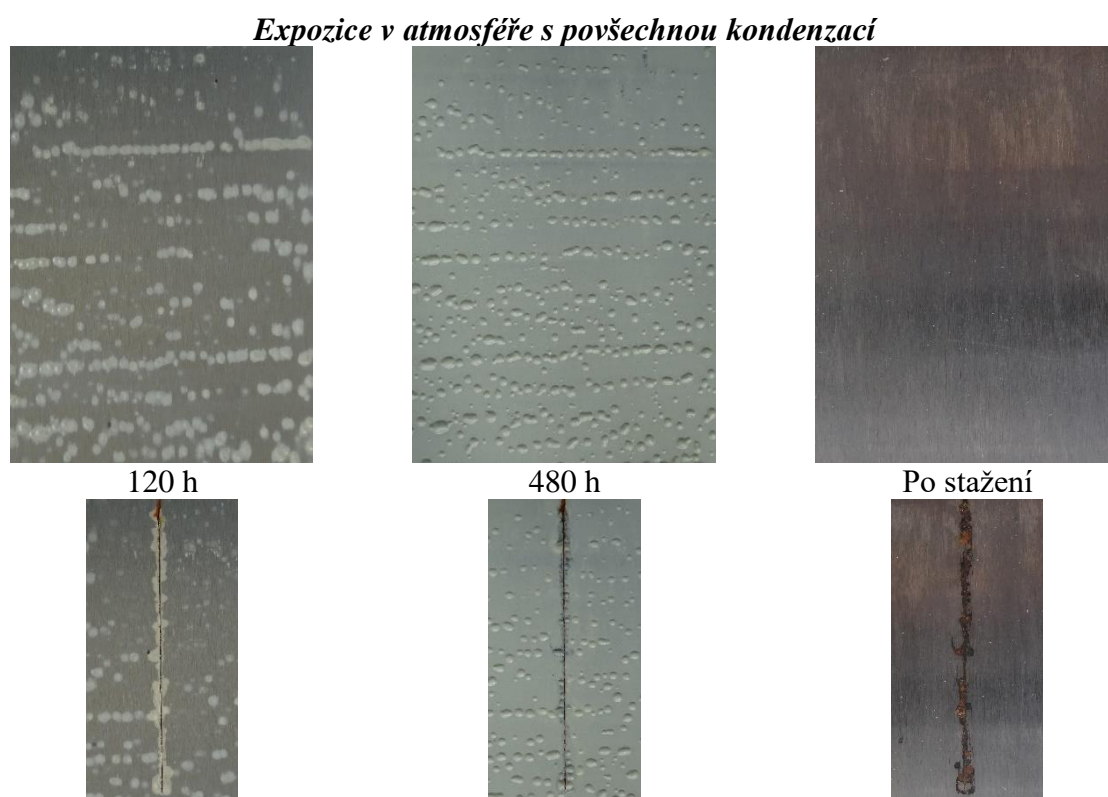
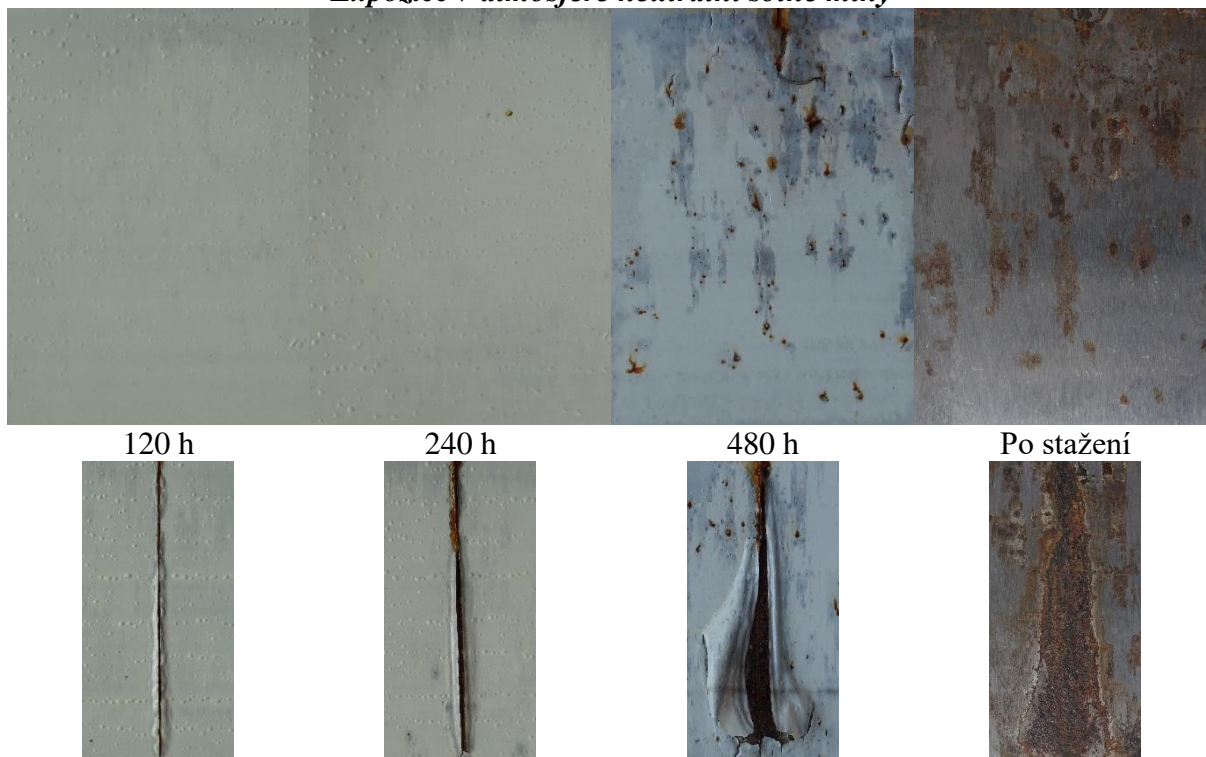


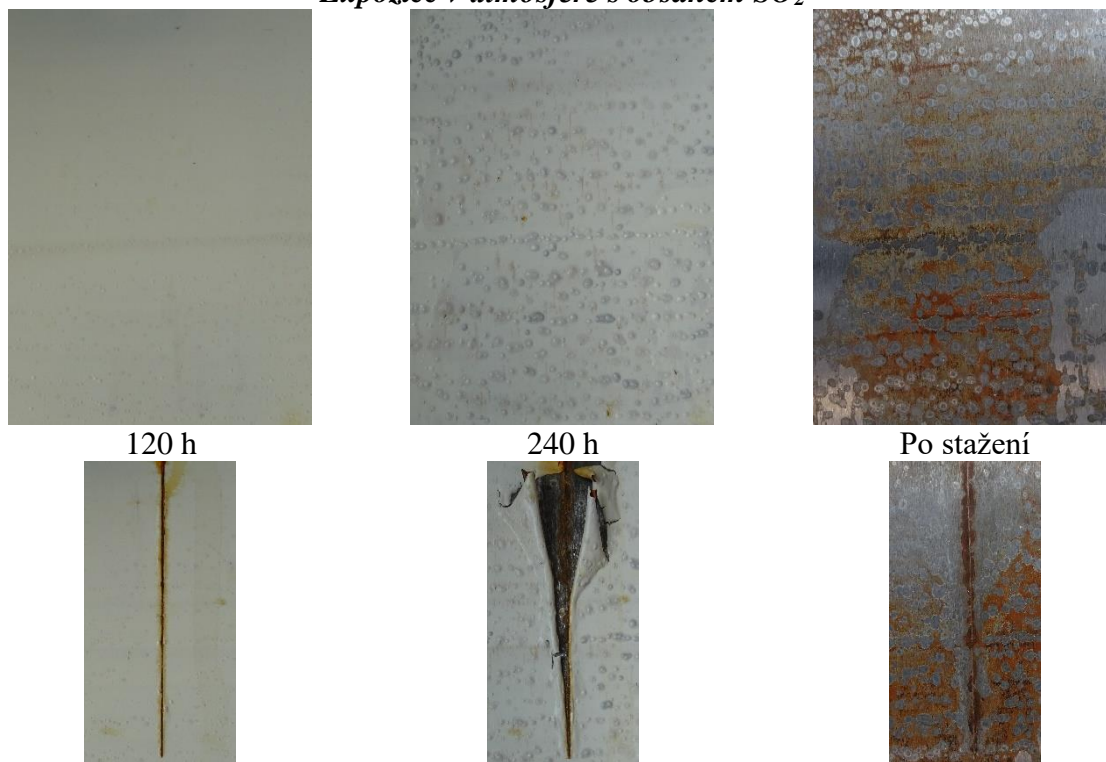
240 h



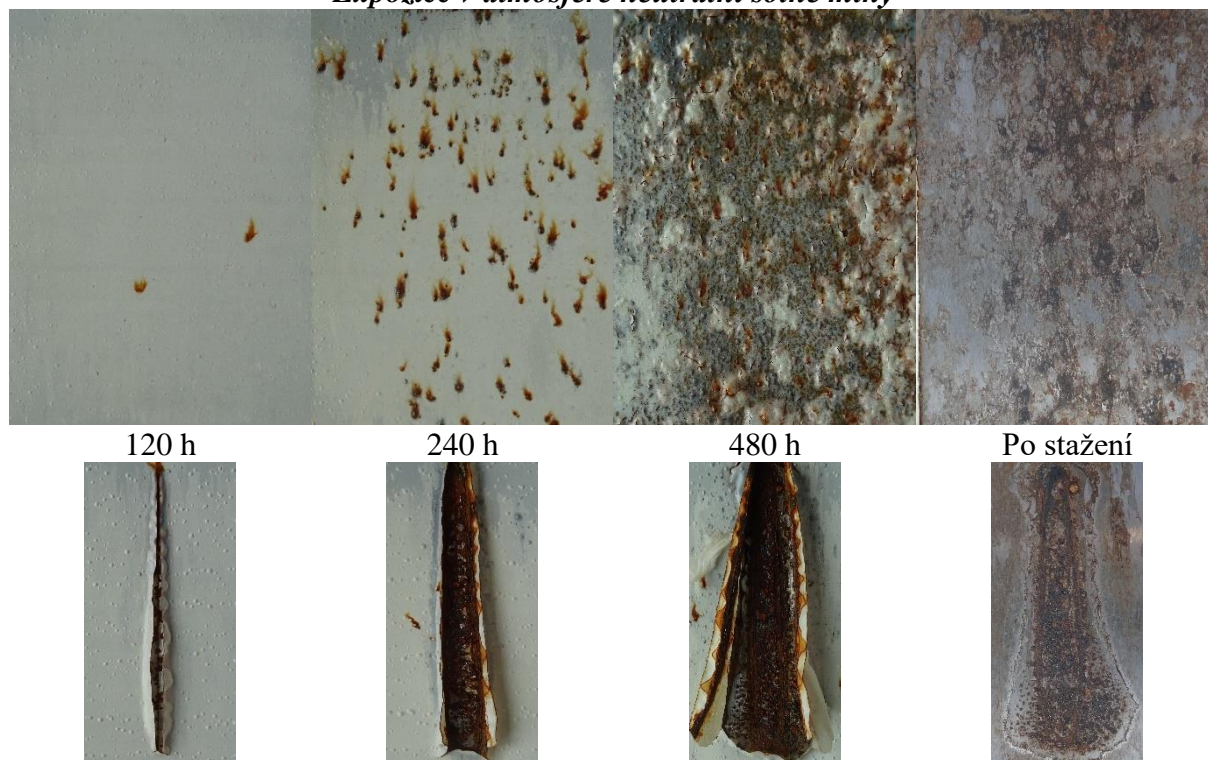
Po stažení



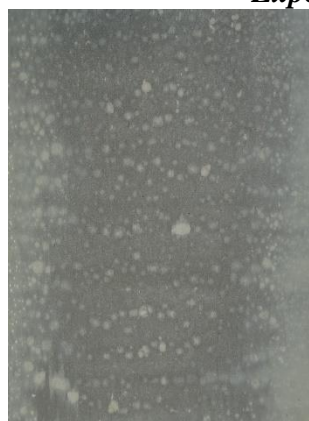
**Příloha 21** Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1 hm % sodného vodního skla*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

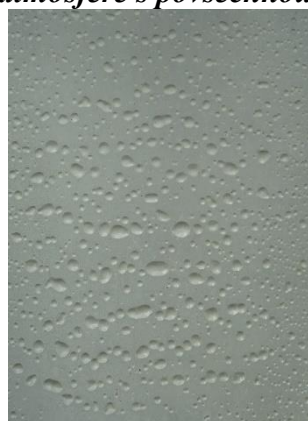
**Příloha 22** Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1,5 hm % sodného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h

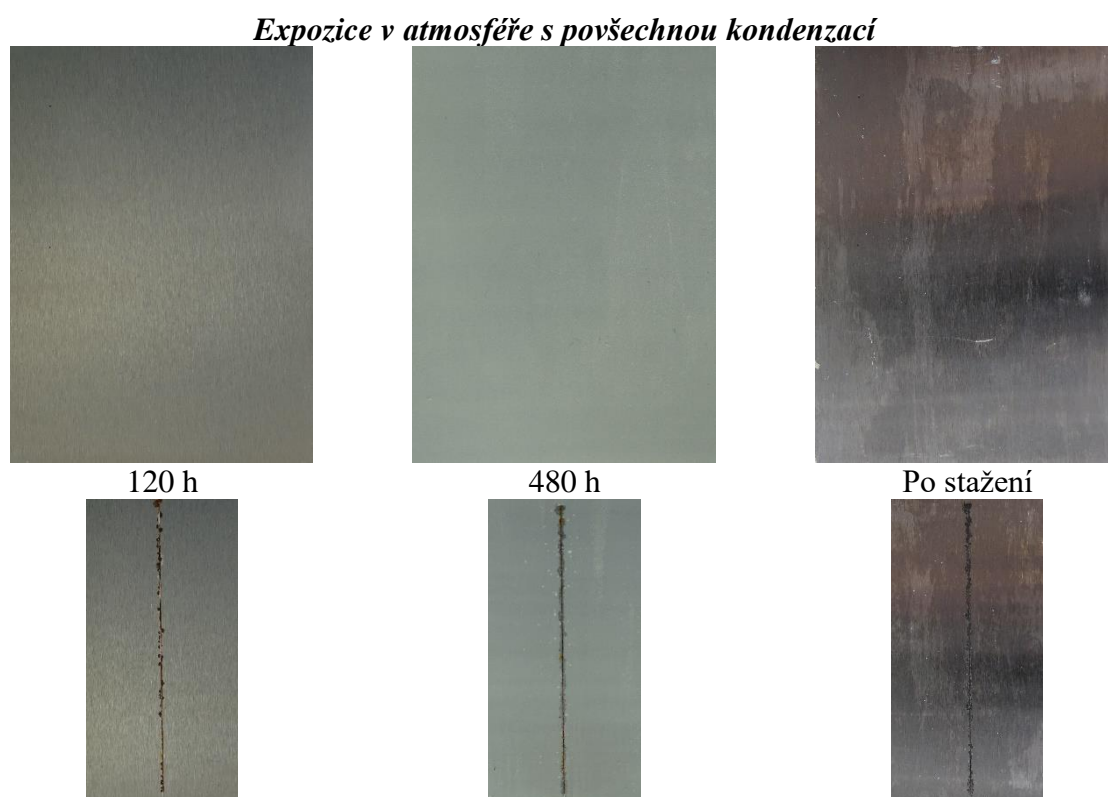
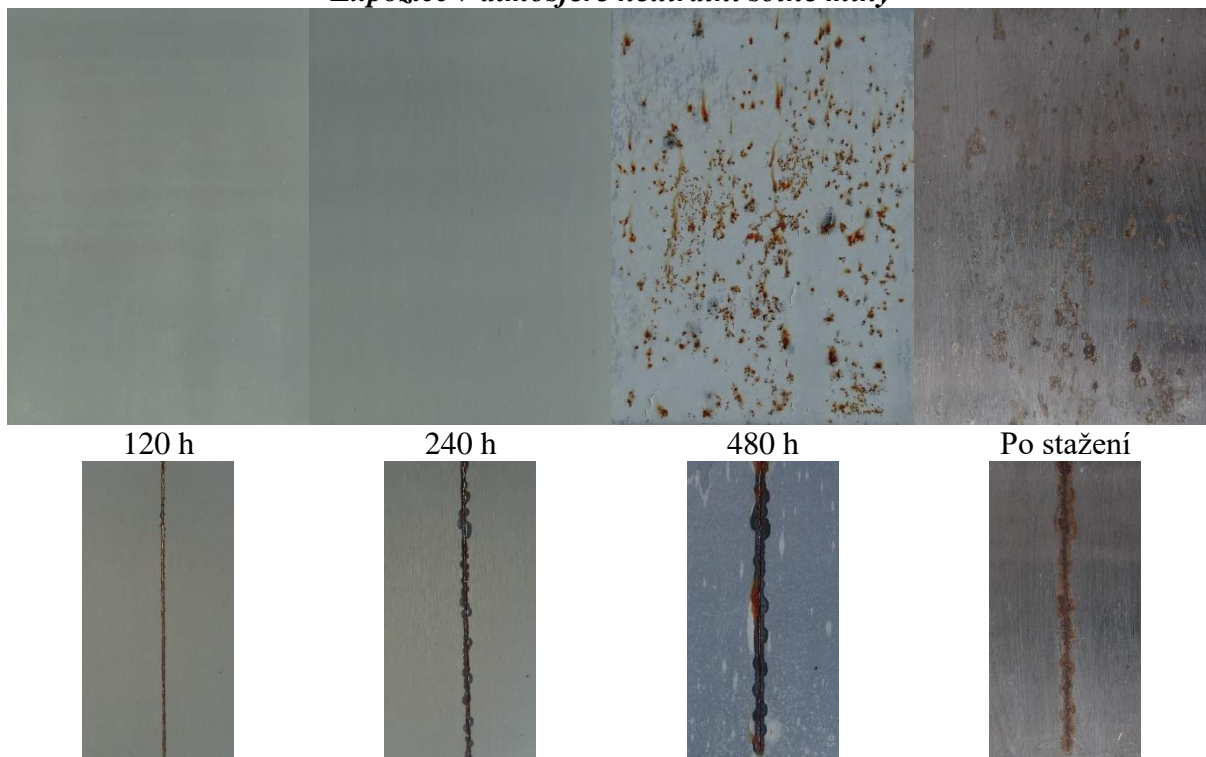


240 h

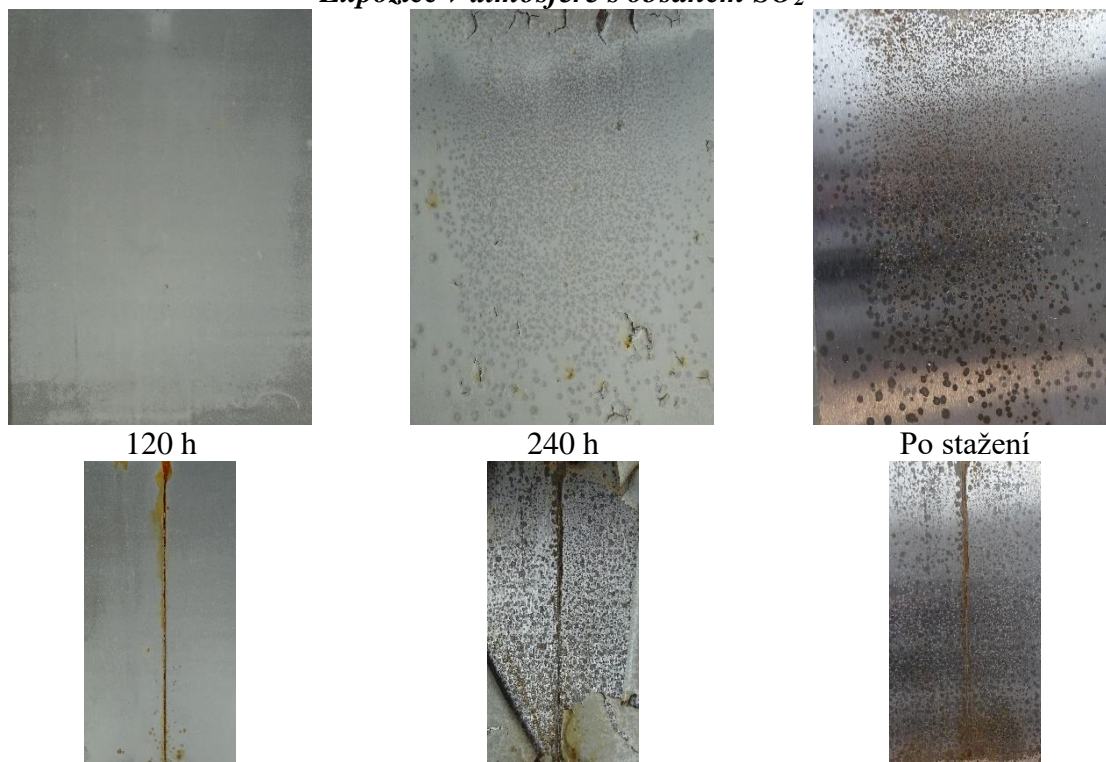


Po stažení



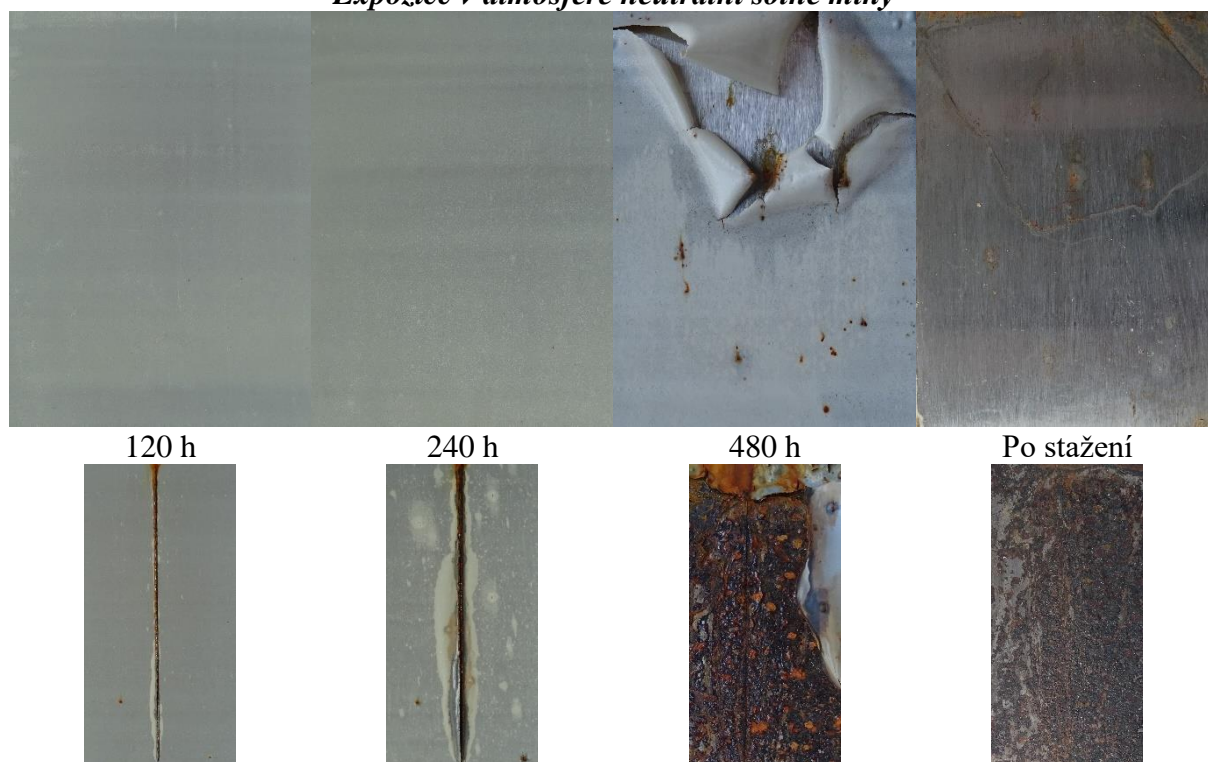
**Příloha 23** Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 0,5 hm % lithného vodního skla*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

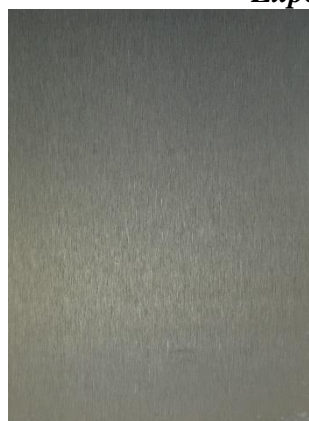


**Příloha 24** Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1 hm % lithného vodního skla

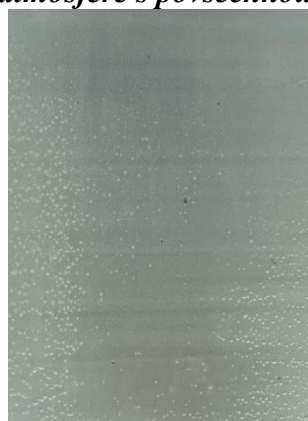
*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



240 h



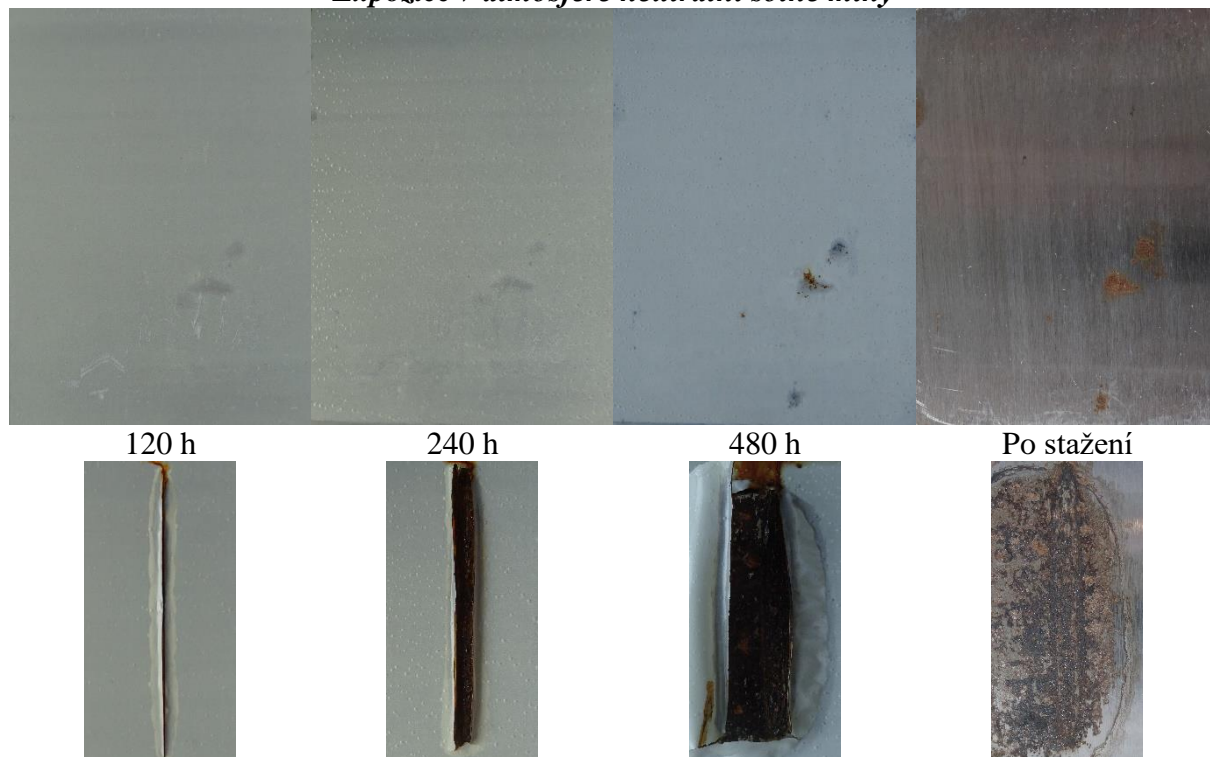
Po stažení



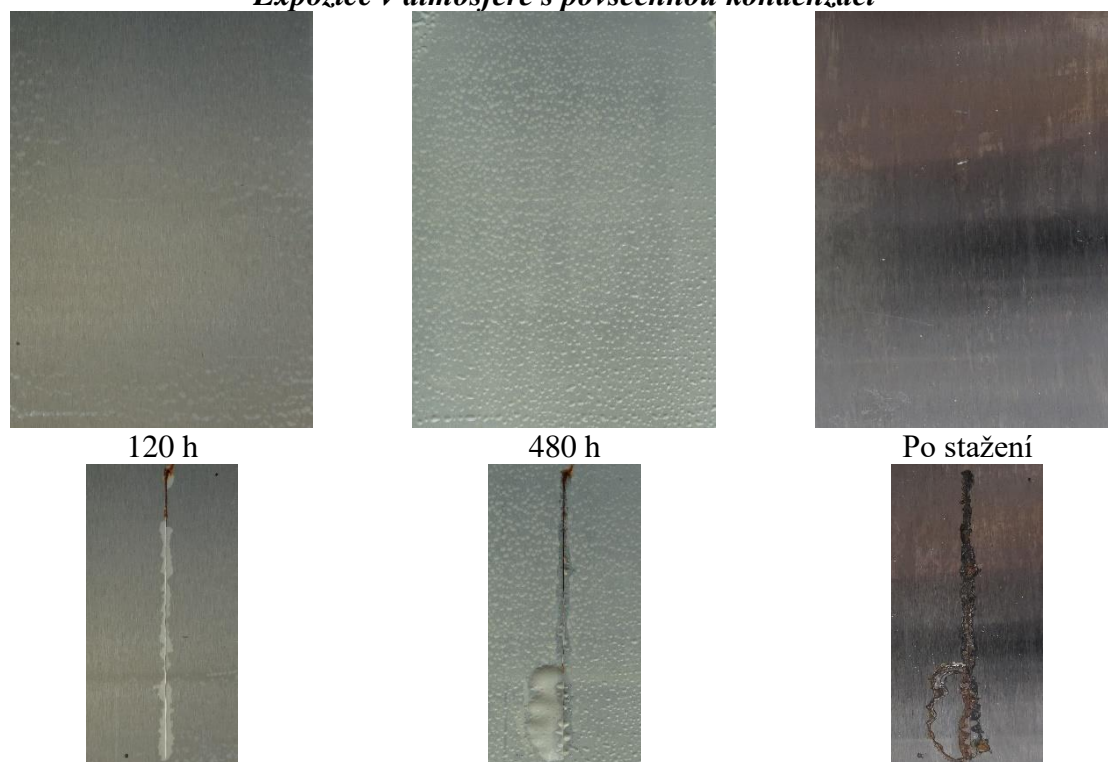


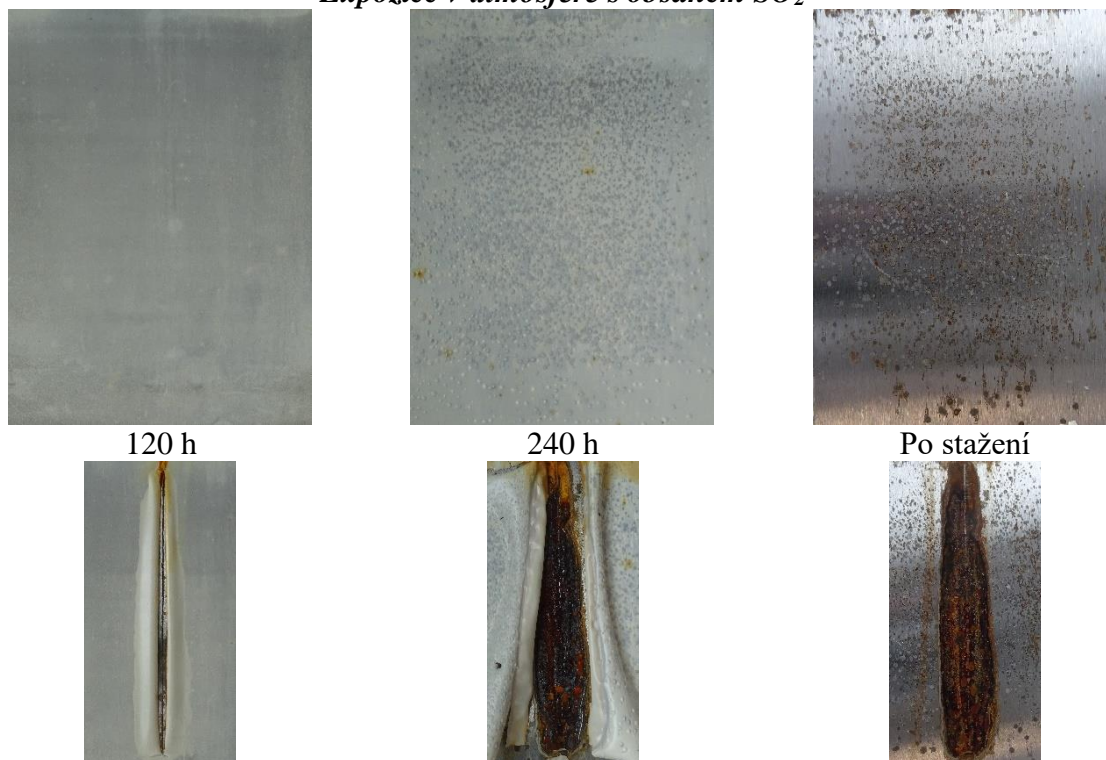
**Příloha 25** Organické povlaky s obsahem Plastoritu – Micro doplněné o 1,5 hm % lithného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

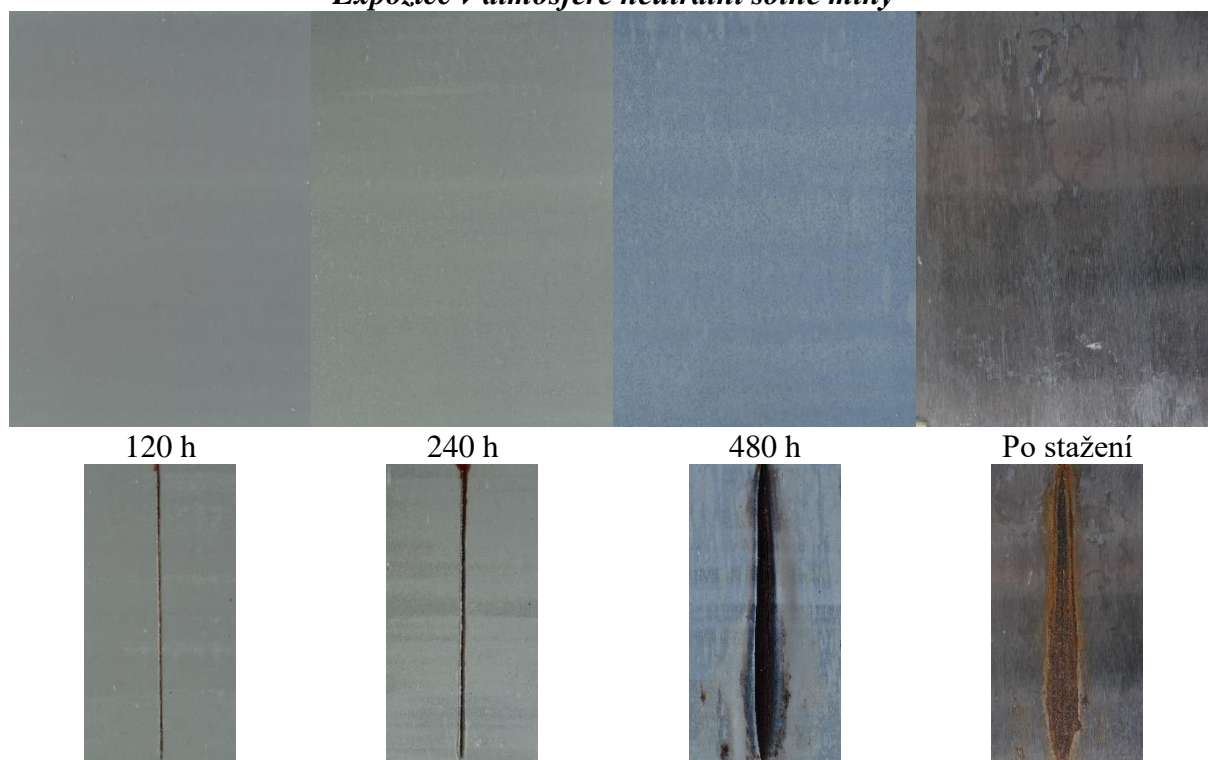


*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*

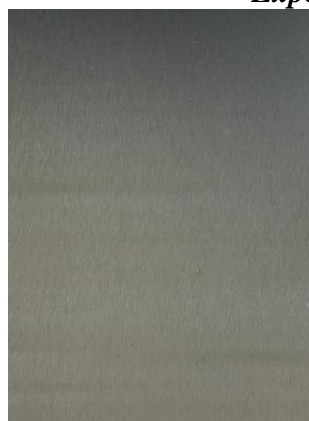


*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

**Příloha 26** Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 0,5 hm % draselného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



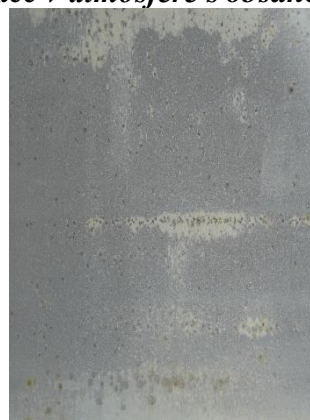
Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



240 h

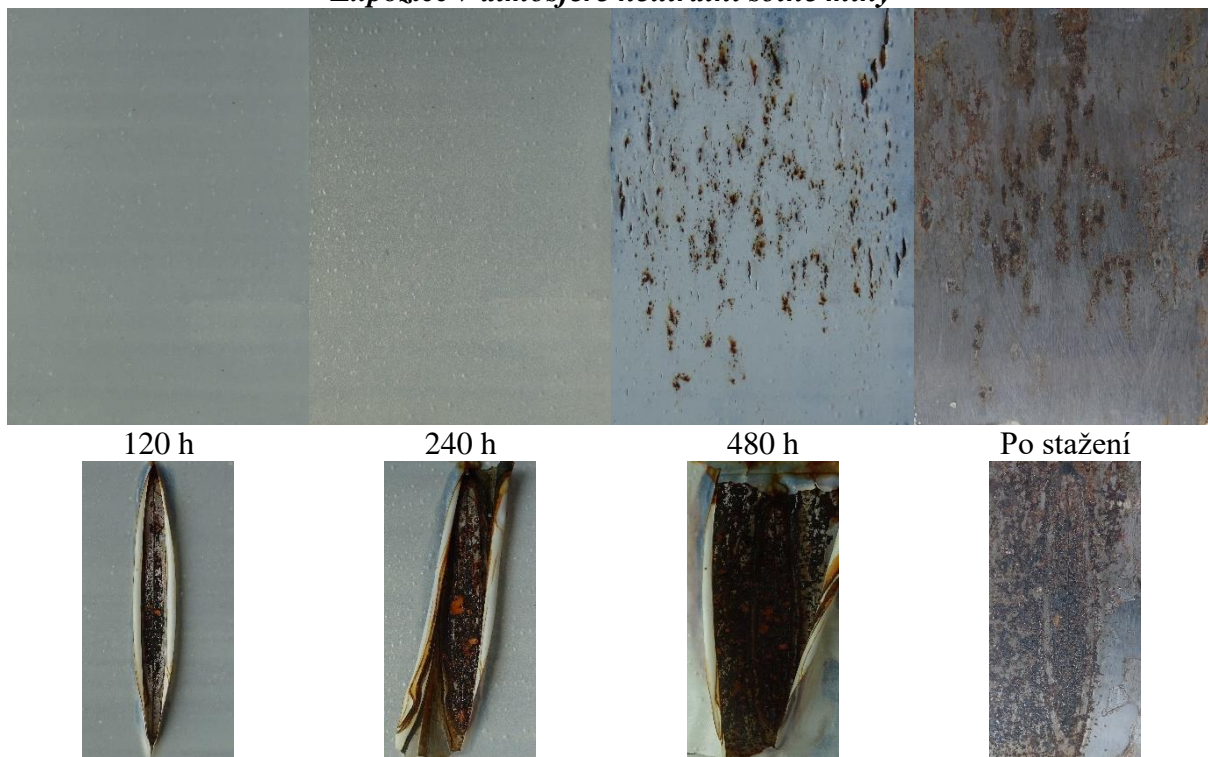


Po stažení

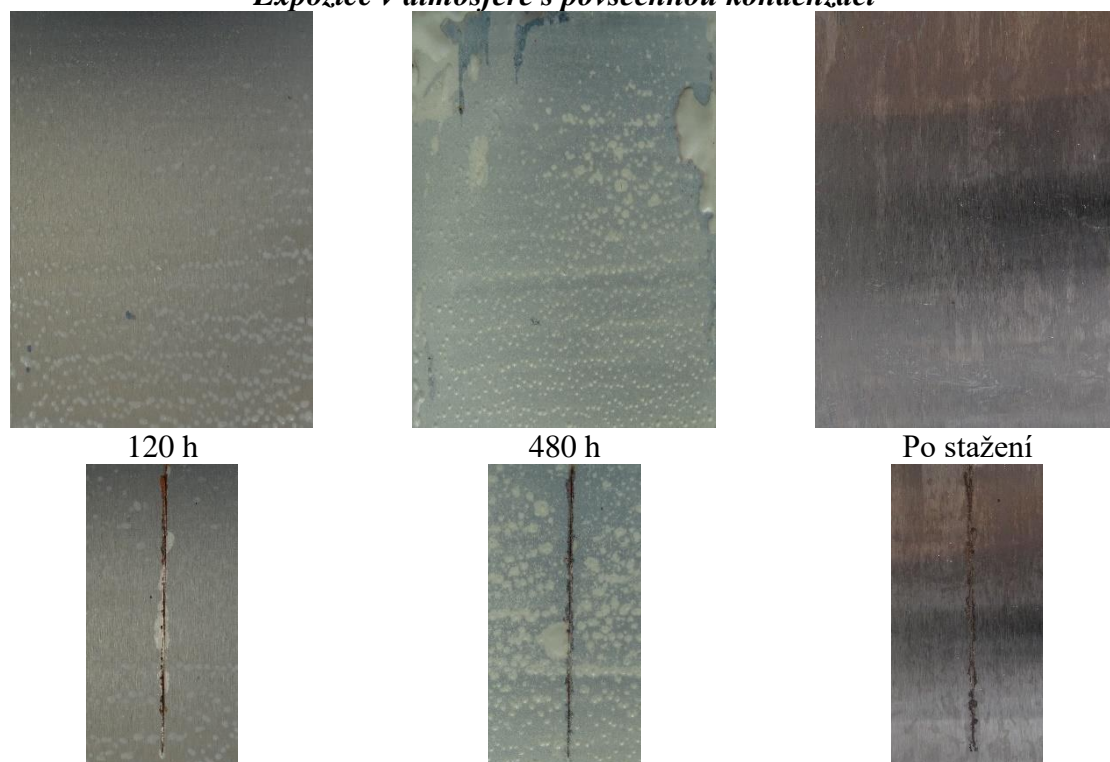


**Příloha 27** Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1 hm % draselného vodního skla

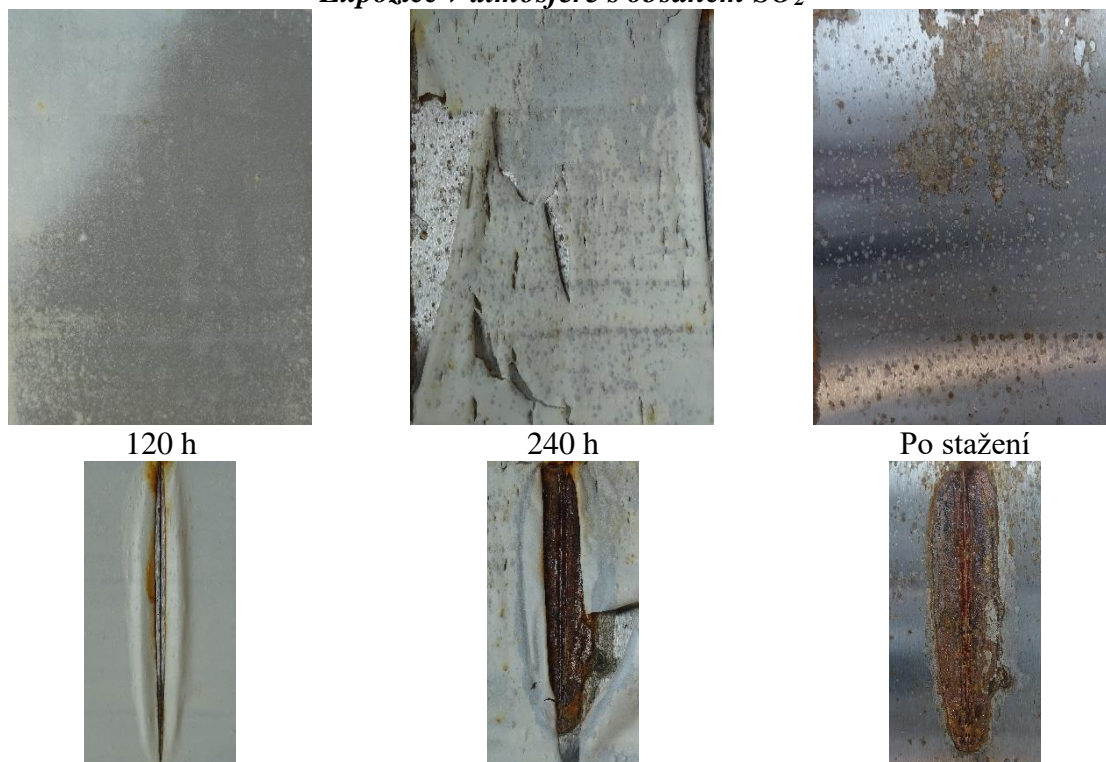
*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*

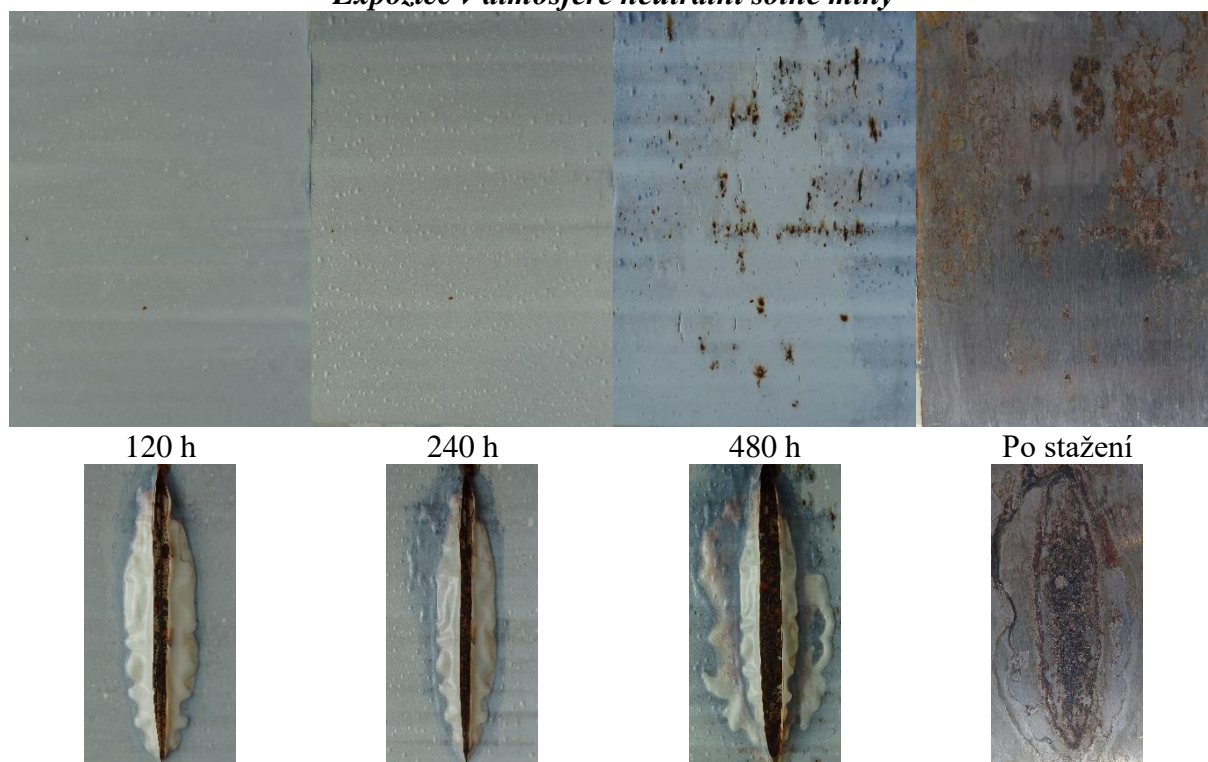


*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



**Příloha 28** Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1,5 hm % draselného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



240 h

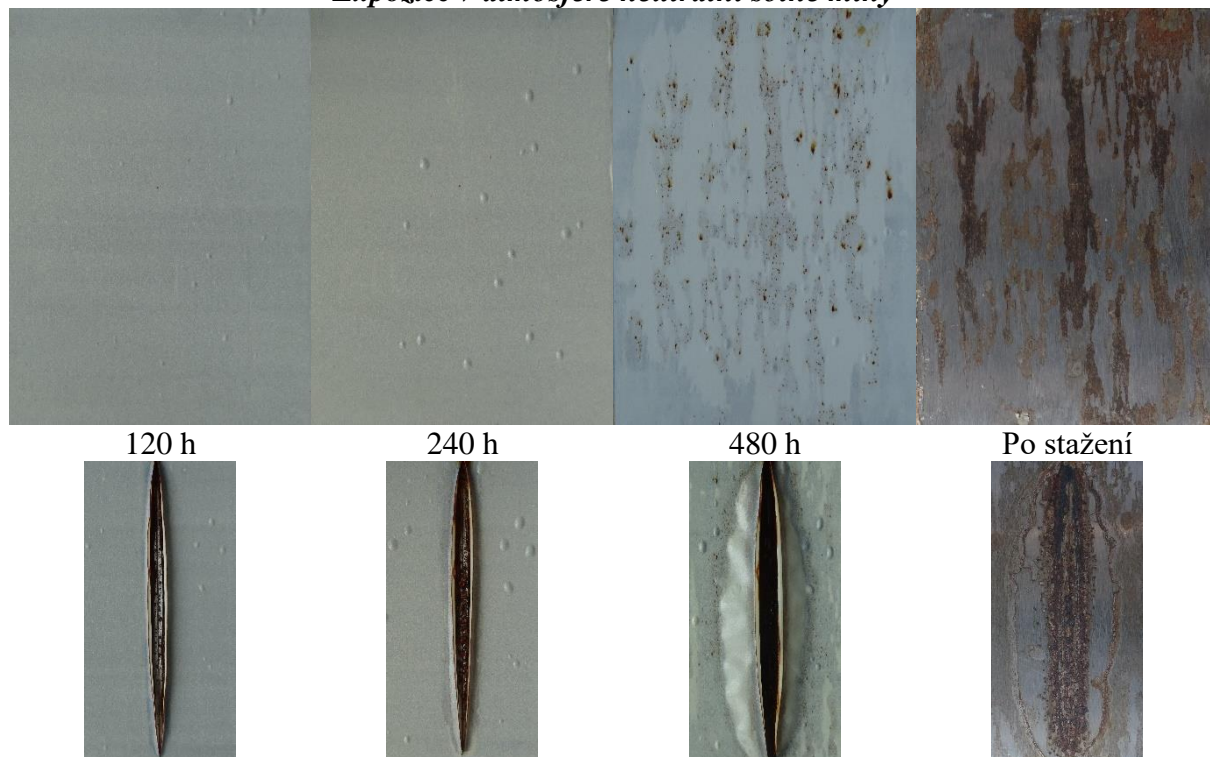


Po stažení

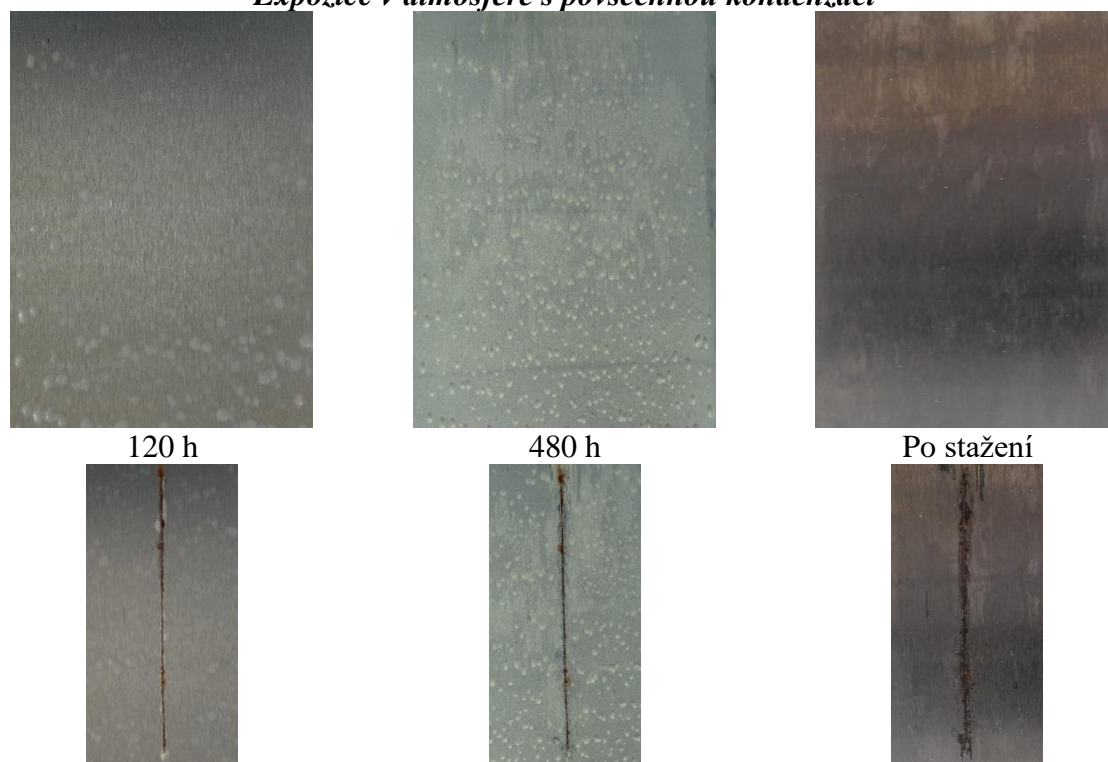


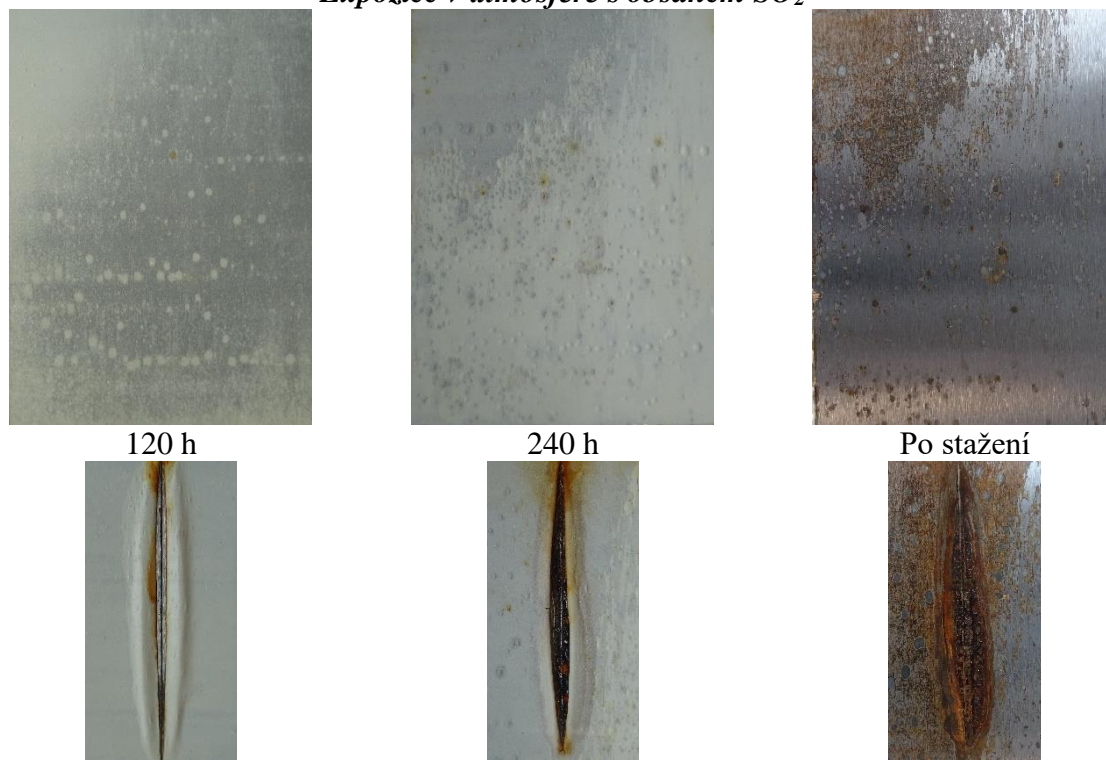
**Příloha 29** Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 0,5 hm % sodného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

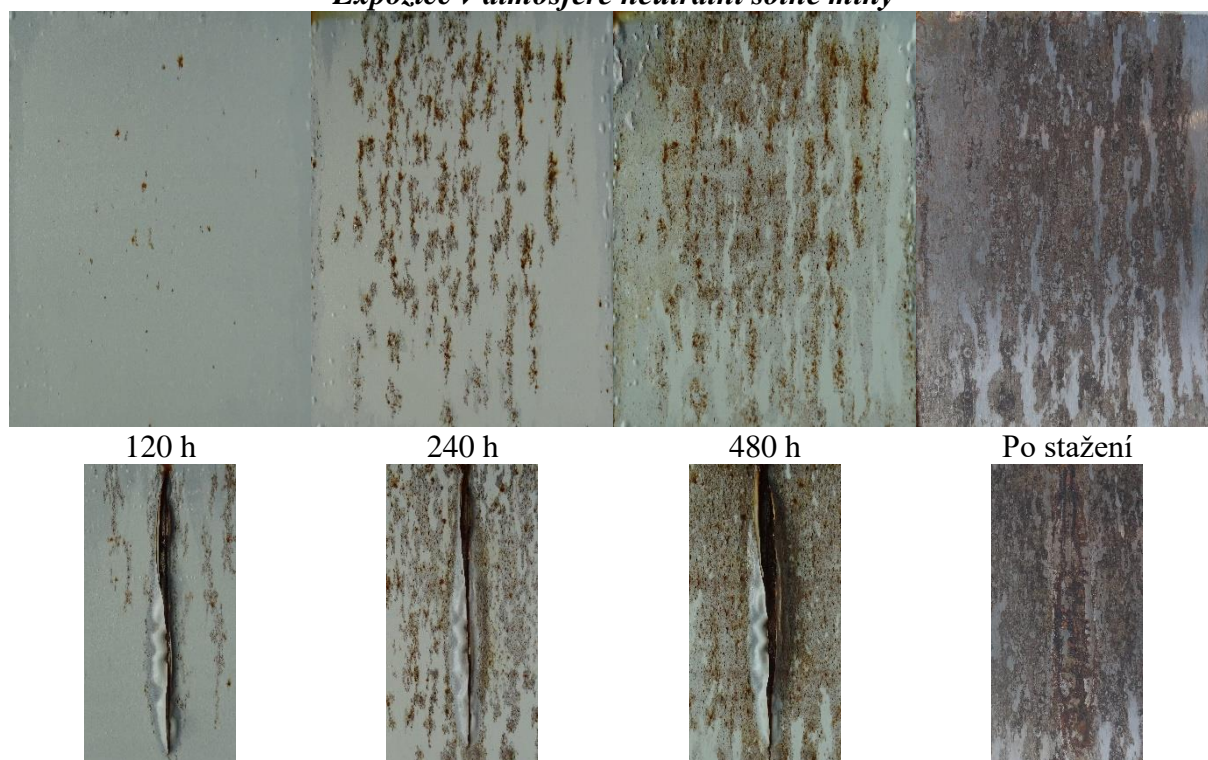


*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

**Příloha 30** Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1 hm % sodného vodního skla

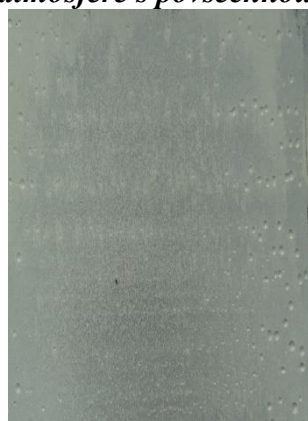
*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



240 h

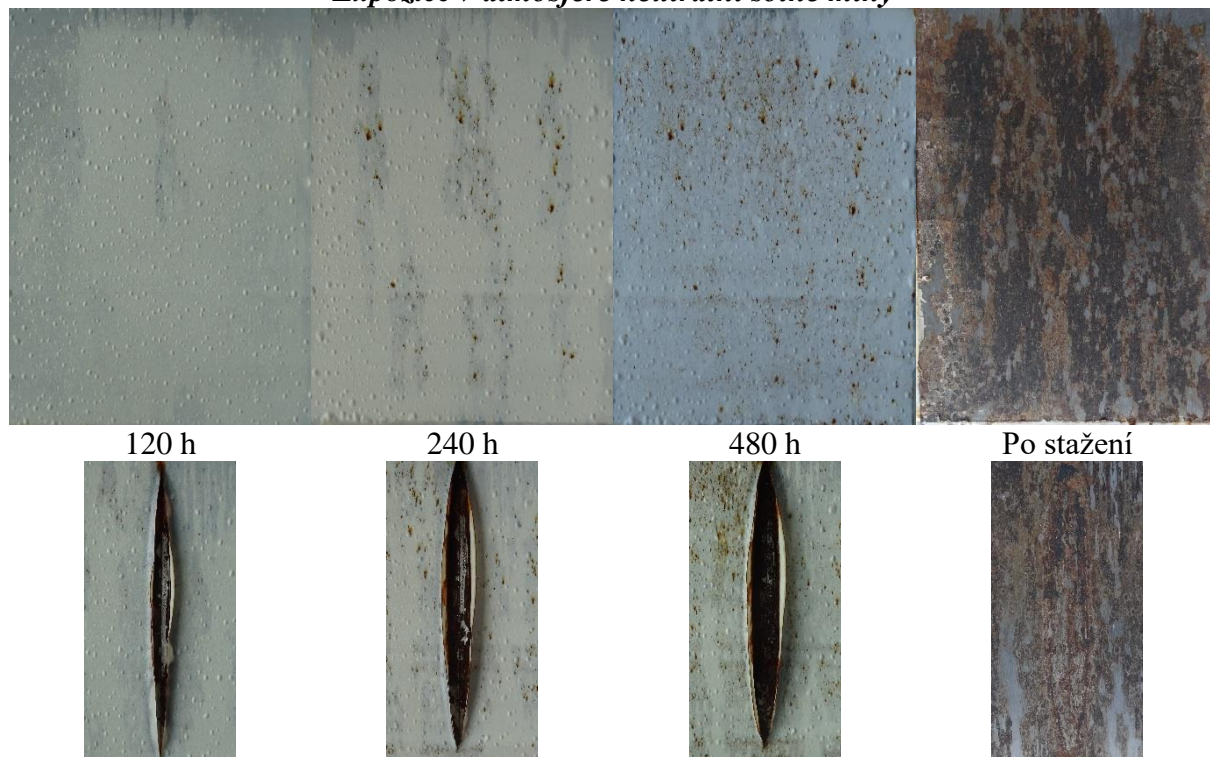


Po stažení

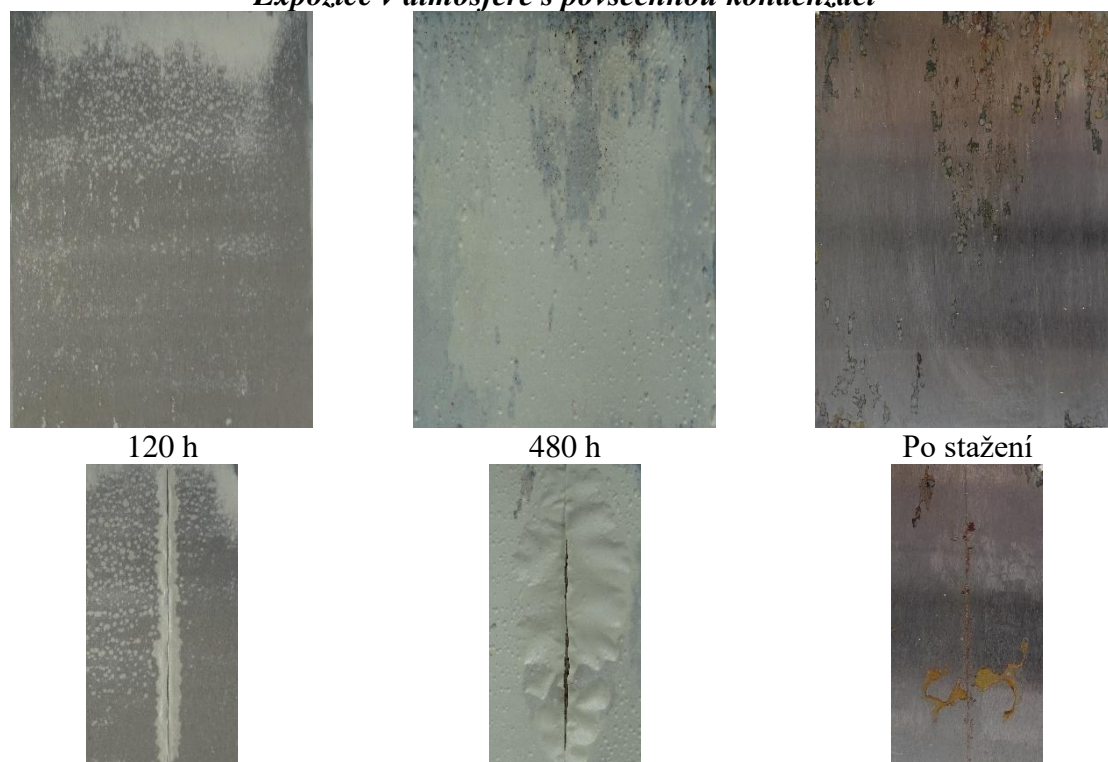


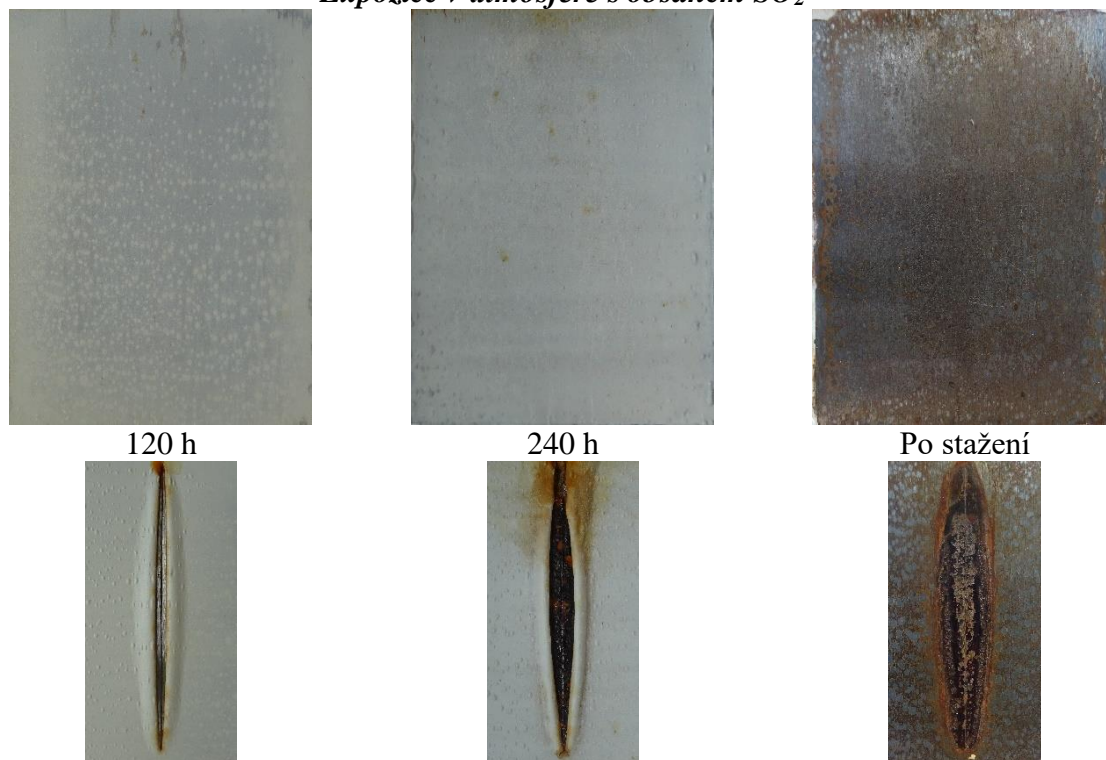
**Příloha 31** Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1,5 hm % sodného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

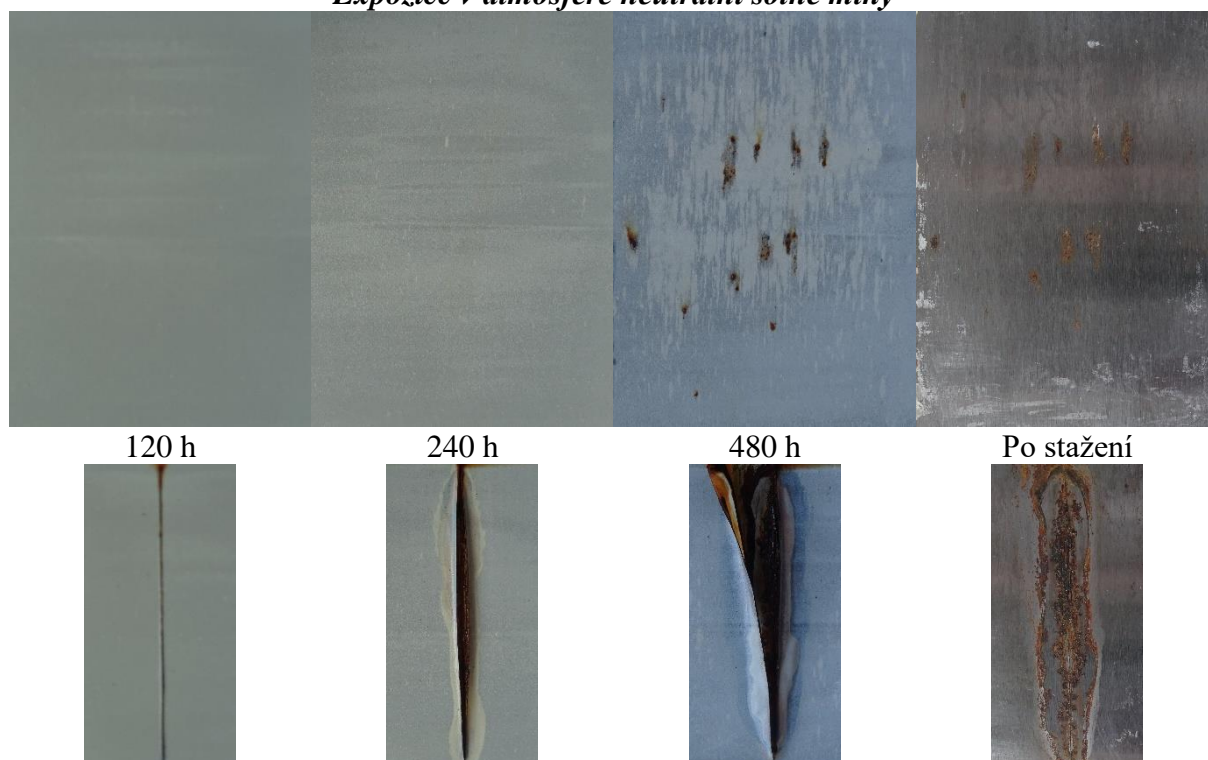


*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

**Příloha 32** Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 0,5 hm % lithného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



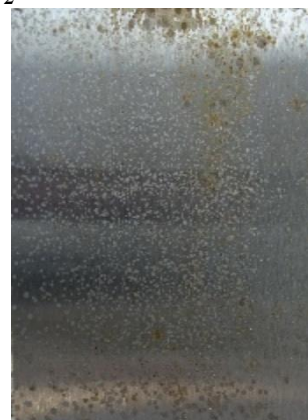
*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



240 h

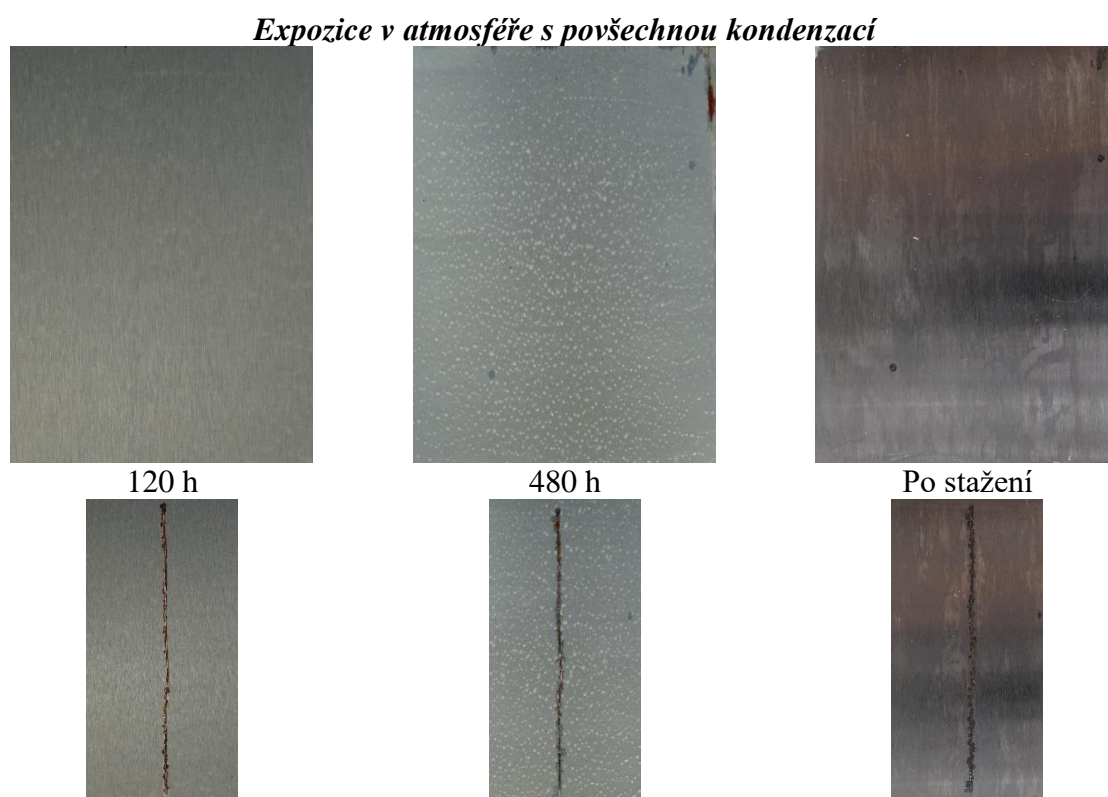
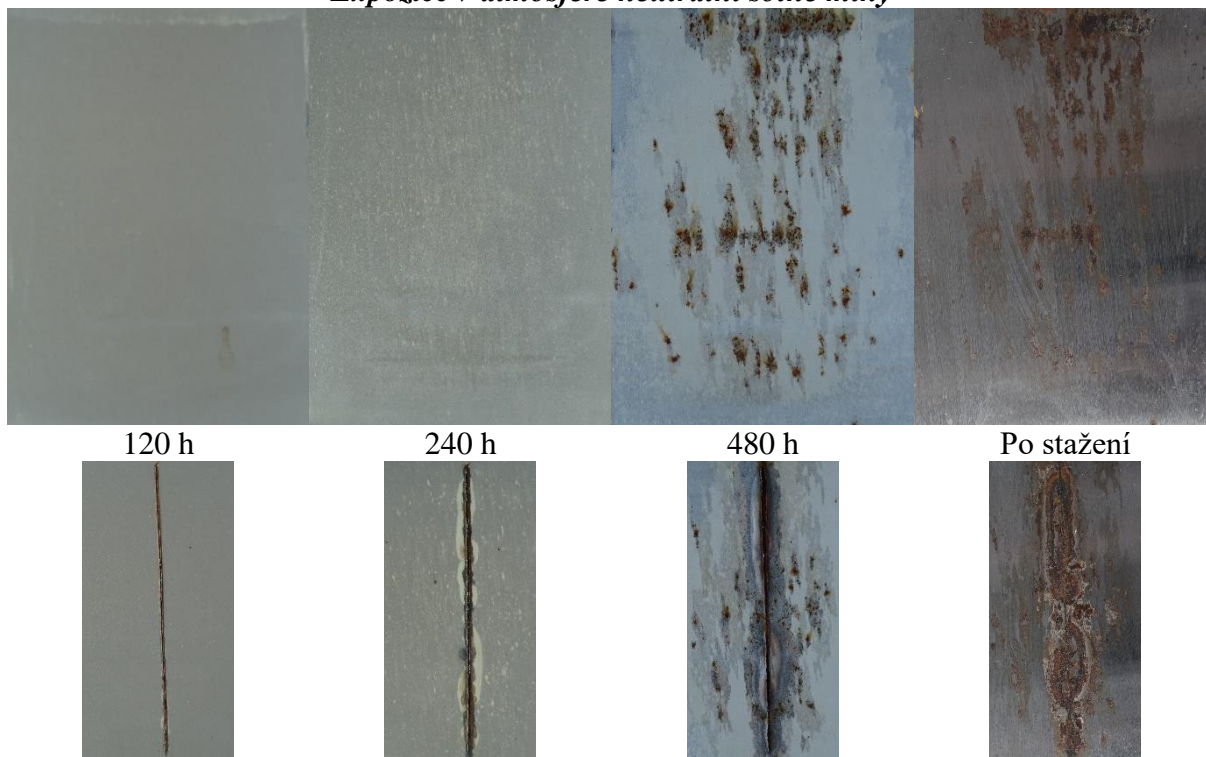


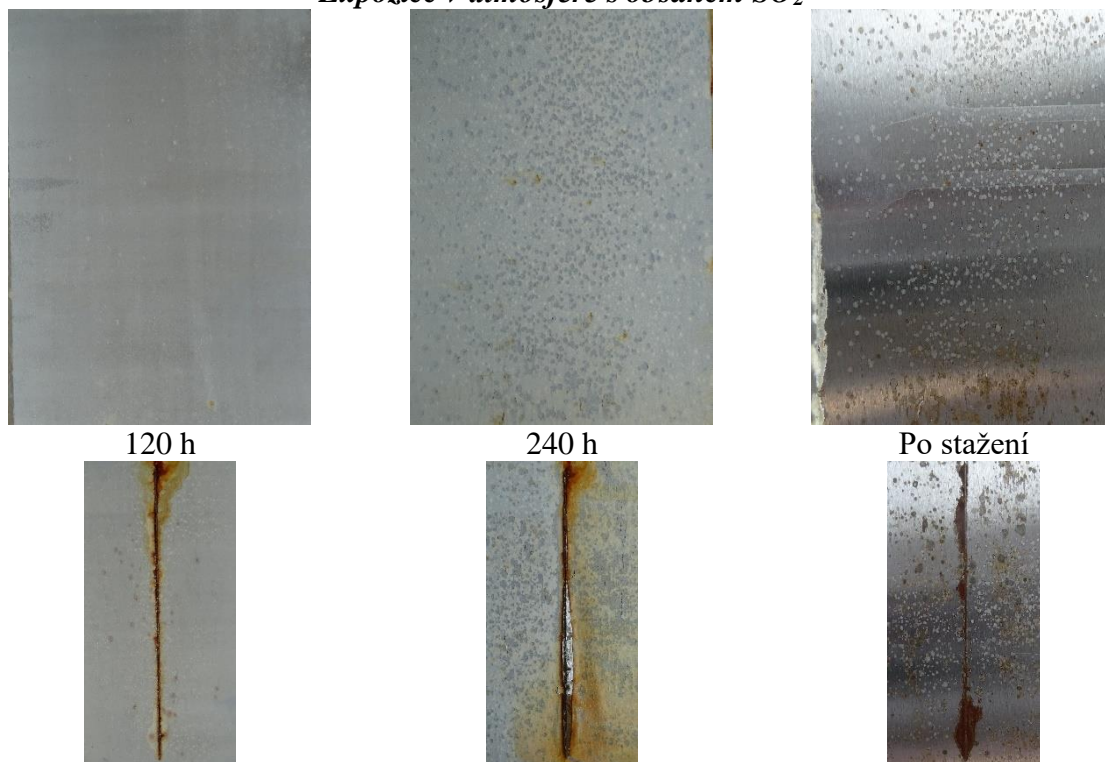
Po stažení



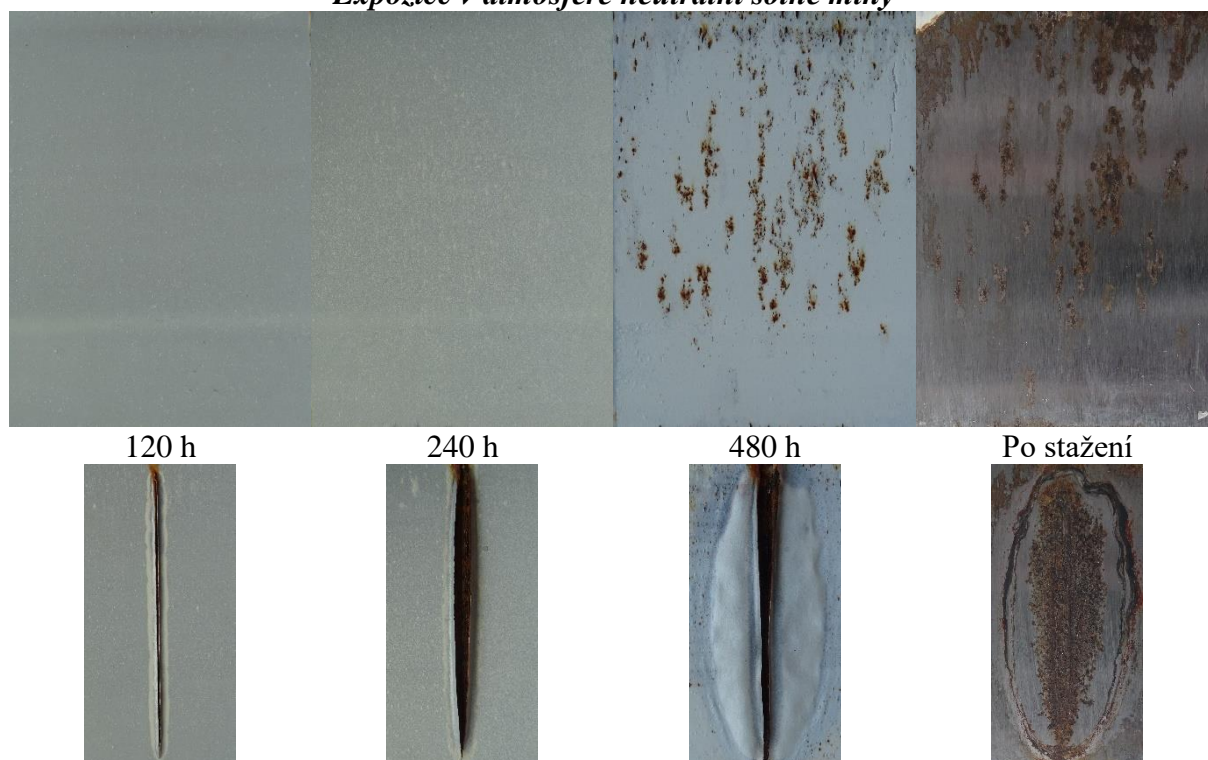
**Příloha 33** Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1 hm % lithného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*

**Příloha 34** Organické povlaky s obsahem Wollastonitu KS-3 doplněné o 1,5 hm % lithného vodního skla

*Expozice v atmosféře neutrální solné mlhy*

*Expozice v atmosféře s povšechnou kondenzací*



120 h



480 h



Po stažení



*Expozice v atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>*



120 h



240 h



Po stažení



## Údaje pro knihovnickou databázi

<b>Název práce:</b>	Vliv koncentrace a složení rozpustných alkalických silikátů na vlastnosti nátěrů na bázi emulgované epoxidové pryskyřice
<b>Autor práce:</b>	Bc. Petr Kuchta
<b>Obor:</b>	Organické povlaky a nátěrové hmoty
<b>Rok obhajoby:</b>	2022
<b>Vedoucí práce:</b>	prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.
<b>Anotace:</b>	Obsahem této diplomové práce bylo studium mechanických a korozních vlastností emulgované dvousložkové vodou ředitelné epoxidové pryskyřice CHS-EPOXY 200 V 55 a jejích povlaků s obsahem vybraných funkčních plniv doplněných o testované alkalické silikáty při různých koncentracích. Cílem práce bylo vyhodnocení změn fyzikálně-mechanických a korozních vlastností povlaků v závislosti na přidaném alkalickém silikátu a jejich porovnání i s povlaky s obsahem antikoroziního pigmentu.
<b>Klíčová slova:</b>	vodou ředitelná nátěrová hmota, epoxidová pryskyřice, alkalický silikát, vodní sklo, inhibitor koroze, bariérové plnivo