



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A
DÍLCŮ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND
COMPONENTS

VÝZKUM A VÝVOJ PROGRESIVNÍCH OCHRANNÝCH PROSTŘEDKŮ NA VODOROVNÉ KONSTRUKCE S VYUŽITÍM ODPADNÍCH SUROVIN

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE PROTECTIVE EQUIPMENTS FOR
HORIZONTAL CONSTRUCTION USING WASTE MATERIALS

DISERTAČNÍ PRÁCE
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. JANA HODNÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

BRNO 2016

Abstrakt

V průmyslu vzniká velké množství různých druhů odpadů, které stále nenachází opětovné využití jako druhotné suroviny. Práce se zabývá nalezením nového uplatnění druhotných surovin, především možnostmi využití skelného recyklátu z různých zdrojů jako plniv při vývoji polymerních ochranných hmot na vodorovné konstrukce. Hlavním úkolem práce je vyvinout hmoty s požadovanými fyzikálně – mechanickými vlastnostmi a dále ověření vlivu tvaru částic na jejich chemickou odolnost. Výsledkem práce bude nalezení progresivních ochranných materiálů využívajících druhotné suroviny jako alternativy, jež budou z hlediska ekonomické a ekologické efektivity náhradou za běžné produkty.

Klíčová slova

Druhotná surovina, odpadní materiál, přírodní surovina, polymerní hmota, ochrana, trvanlivost.

Abstract

Large amount of different types of industrial wastes are still not re-use as secondary raw materials in industry. The work deals with finding a new way how to use secondary raw materials, especially the possibilities of using recycled glass from different sources as a fillers in the polymer protective materials development for horizontal structures. The main task of this work is to develop a material with the desired physic - mechanical properties and further verifying the influence of particle shape on their chemical resistance. Result of this work will find advanced protective materials using secondary raw materials as alternatives to be in terms of economic and ecological efficiency replacement for conventional products.

Key words

Secondary raw material, waste material, natural material, polymer material, protection, durability.

Bibliografická citace VŠKP

Ing. Jana Hodná Výzkum a vývoj progresivních ochranných prostředků na vodorovné konstrukce s využitím odpadních surovin: Brno, 2016. 160 s. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí disertační práce prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji mému školiteli prof. Ing. Rostislavu Drochytkoví, CSc., MBA za odborné vedení, cenné rady a trpělivost při řešení a tvorbě této disertační práce.

Práce vznikla při řešení vědecko-výzkumného projektu TAČR TA01011034 „Výzkum možností využití druhotných surovin jako plniv do progresivních vícevrstevných podlahových a nátěrových systémů“ a TAČR TA04010425 „Komplexní systém speciálních správkových hmot s využitím druhotných surovin pro průmyslové provozy“.

OBSAH:

A.	ÚVOD	11
B.	TEORETICKÁ ČÁST	13
1.	ZÁKLADNÍ NÁZVOSLOVÍ	13
2.	DEGRADACE VYZTUŽENÉHO BETONU	14
2.1	Příklady degradace betonu	14
2.2	Ochrana proti korozi betonu	15
2.2.1	Primární ochrana	15
2.2.2	Sekundární ochrana	15
3.	POVRCHOVÉ SYSTÉMY NA OCHRANU BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ	16
3.1	Vícevrstvé polymerní podlahové systémy	16
3.2	Ochranné nátěry na vodorovné konstrukce	17
3.3	Všeobecné požadavky na ochranné materiály	18
4.	SLOŽENÍ OCHRANNÝCH POLYMERNÍCH SYSTÉMŮ	18
4.1	Pojiva	19
4.1.1	Epoxidové pryskyřice	19
4.1.1.1	Rozdělení epoxidových pryskyřic	19
4.1.1.2	Vytvrzování epoxidových pryskyřic	20
4.1.1.3	Polymerace epoxidové skupiny v EP	21
4.1.1.4	Vytvrzování jinými pryskyřicemi	22
4.1.2	Polyuretanové pryskyřice	22
4.1.3	Metylmetakrylátové pryskyřice	23
4.1.4	Vinylesterové pryskyřice	23
4.2	Plniva	23
4.2.1	Charakteristika základních vlastností vhodného plniva	24
4.2.1.1	Materiál plniva a jeho případné znečištění	24
4.2.1.2	Specifická hmotnost	25
4.2.1.3	Granulometrie, tvar částic	26
4.2.1.4	Hořlavost	30
4.2.1.5	Adheze	31
4.2.1.6	Možnost následné úpravy	32
4.2.1.7	Dostupnost, dlouhodobost	32
4.2.1.8	Stabilní kvalita a složení plniva	33
4.2.1.9	Mechanické parametry plniva	33

4.3	Další komponenty obsažené v ochranných polymerních systémech.....	34
5.	TECHNOLOGICKÝ POSTUP APLIKACE OCHRANNÝCH POLYMERNÍCH SYSTÉMŮ	34
5.1	Výběr vhodného ochranného polymerního materiálu	34
5.1.1	Druh podkladu, jeho kvalita	35
5.1.1.1	Nové betonové desky a betonové mazaniny.....	35
5.1.1.2	Staré betonové desky a betonové mazaniny	35
5.1.2	Provozní podmínky konstrukce	36
5.2	Příprava podkladu	36
5.3	Příprava a aplikace jednotlivých vrstev ochranných systémů	37
5.3.1	Mísení	37
5.3.2	Doba zpracovatelnosti	38
5.3.3	Aplikace jednotlivých vrstev	38
5.3.4	Přehled nejčastějších chyb při pokládání a opravách podlah a aplikaci nátěrů.....	39
6.	ODPADY VE STAVEBNICTVÍ A PRŮMYSLU	41
6.1	Využití průmyslových odpadů ve stavebnictví.....	42
6.2	Recyklace odpadů z fotovoltaiky	43
6.2.1	Rozdělení fotovoltaických systémů.....	44
6.2.2	Materiály použité ve fotovoltaice	44
6.2.3	Recyklace fotovoltaických panelů.....	45
6.2.4	Prognóza vzniku odpadu z FV panelů	46
C.	CÍL PRÁCE	47
D.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	48
7.	METODIKA PROVÁDĚNÝCH PRACÍ.....	48
7.1	ETAPA I – Návrh receptur ochranných prostředků, aplikační test.....	48
7.2	ETAPA II – Ověření základních vlastností vybraných receptur	50
7.3	ETAPA III – Ověření doplňujících vlastností vybraných materiálů.....	51
7.4	ETAPA IV – Ověření vlivu tvaru částic na chemickou odolnost materiálu	51
8.	POPIS PROVÁDĚNÝCH ZKOUŠEK.....	53
8.1	Testy na plnivech	53
8.1.1	Stanovení chemického složení	53
8.1.2	Stanovení velikosti částic pomocí laserové difrakce	53
8.1.3	Stanovení tvaru částic plniv - mikroskopicky.....	54
8.1.4	Stanovení měrné hmotnost plniv, ČSN EN 1097-7	54

8.1.5	Stanovení vlhkosti, ČSN EN 1097-5	54
8.2	Aplikační test	54
8.3	Zkoušky na čerstvých směsích	56
8.3.1	Stanovení sedimentace	56
8.3.2	Stanovení hustoty, ČSN EN ISO 2811-1	56
8.3.3	Stanovení doby zpracovatelnosti, ČSN EN ISO 9514	57
8.3.4	Stanovení tloušťky mokrého filmu, ČSN EN ISO 2808	57
8.4	Zkoušky na směsích ve zpolymerizovaném stavu	57
8.4.1	Stanovení tloušťky nátěru suchého filmu, ČSN EN ISO 2808	57
8.4.2	Stanovení objemové hmotnosti	57
8.4.3	Stanovení pevností, ČSN EN 13892-2	58
8.4.4	Stanovení přilnavosti odtrhovou zkouškou, ČSN EN ISO 4624	58
8.4.5	Stanovení tvrdosti, ČSN EN ISO 868	58
8.5	Doplňkové zkoušky vybraných hmot	59
8.5.1	Stanovení tahových vlastností, ČSN EN ISO 527-1, 527-2	59
8.5.2	Stanovení odolnosti vůči oděru, ČSN EN ISO 11998	59
8.5.3	Stanovení odolnosti vůči úderu, ČSN EN ISO 6272-2	59
8.5.4	Stanovení antibakteriální aktivity, ČSN EN ISO 20645	60
8.6	Ověření vlivu tvaru částic plniva na chemickou odolnost materiálu	62
8.6.1	Vizuální hodnocení	62
8.6.2	Rastrovací elektronová mikroskopie	63
9.	REALIZACE A VÝSLEDKY ETAPA I	63
9.1	Volba vstupních surovin	64
9.1.1	Volba pojiv	64
9.1.2	Volba plniv z druhotných surovin	65
9.2	Identifikace vstupních surovin – pojiva	69
9.2.1	Podlahový bez-rozpouštědlový materiál - PBR	70
9.2.2	Podlahový vodou-ředitelný materiál - PVR	70
9.2.3	Podlahový antibakteriální materiál - PAN	70
9.2.4	Nátěrový bez-rozpouštědlový materiál - NBR	71
9.2.5	Nátěrový vodou-ředitelný materiál - NVR	71
9.2.6	Nátěrový fyziologicky nezávadný materiál - NAN	71
9.2.7	Penetrační materiál - PEN	72
9.3	Identifikace vstupních surovin - plniva	72

9.3.1	Plniva z druhotných surovin	72
9.3.1.1	Přelisky z výroby skloviny SIMAX	72
9.3.1.2	Sklo ze solárních panelů trubcových – vnitřní, vnější	74
9.3.1.3	Sklo ze solárních panelů typu LDK	77
9.3.1.4	Sklo ze solárních panelů typu QS	79
9.3.1.5	Autosklo	81
9.3.1.6	Obalové sklo	84
9.3.2	Primární plniva	86
9.3.2.1	Směs křemičitých písků ISG	86
9.3.2.2	Skleněné vločky	88
9.4	Návrh receptur ochranných prostředků, aplikační test	90
9.4.1	Ověření navržených receptur – aplikační test	91
9.4.1.1	Receptury pro aplikační test	91
9.4.1.2	Výsledky aplikačního testu – zpracovatelnost	94
9.4.1.3	Výsledky aplikačního testu – aplikovatelnost	95
9.4.1.4	Výsledky aplikačního testu – výsledný povrch	96
9.5	Vyhodnocení výsledků ETAPY I	96
10.	REALIZACE A VÝSLEDKY ETAPA II	97
10.1	Základní zkoušky na čerstvé směsi	97
10.1.1	Stanovení sedimentace	97
10.1.2	Stanovení hustoty směsí	98
10.1.3	Stanovení doby zpracovatelnosti	101
10.1.4	Stanovení tloušťky mokrého filmu	102
10.2	Základní zkoušky na zpolymerizované směsi	102
10.2.1	Stanovení tloušťky suchého filmu	102
10.2.2	Stanovení objemové hmotnosti	103
10.2.3	Stanovení pevnosti v tahu za ohybu	105
10.2.4	Stanovení pevnosti v tlaku	107
10.2.5	Stanovení přilnavosti k podkladu	109
10.2.6	Stanovení tvrdosti dle Shore	113
10.3	Vyhodnocení výsledků ETAPY II	117
11.	REALIZACE A VÝSLEDKY ETAPA III	119
11.1	Doplňkové zkoušky vybraných hmot	119
11.1.1	Stanovení tahových vlastností	120
11.1.2	Stanovení odolnosti vůči oděru	121

11.1.3	Stanovení odolnosti vůči úderu	122
11.1.4	Stanovení antibakteriální aktivity	123
11.2	Vyhodnocení výsledků ETAPY III	124
12.	REALIZACE A VÝSLEDKY ETAPA IV	125
12.1	Ověření vlivu tvaru částic plniva na chemickou odolnost materiálu	125
12.1.1	Vizuální hodnocení	126
12.1.1.1	Hmota NBR + zaoblené částice	126
12.1.1.2	Hmota NBR + skleněné vločky	127
12.1.1.3	Hmota NBR + střepy.....	128
12.1.2	Rastrovací elektronová mikroskopie	129
12.1.2.1	Hmota NBR + zaoblené částice	129
12.1.2.2	Hmota NBR + skleněné vločky	132
12.1.2.3	Hmota NBR + střepy.....	135
12.2	Vyhodnocení výsledků ETAPY IV	137
E.	CELKOVÁ DISKUZE VÝSLEDKŮ	140
F.	ZÁVĚR	147
G.	POUŽITÁ LITERATURA	149
H.	SEZNAM CITOVANÝCH NOREM	153
I.	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	154
J.	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	155
K.	SEZNAM TABULEK	159

A. ÚVOD

V současné době jsou nejčastěji používanými prostředky na ochranu vodorovných konstrukcí proti korozi, způsobené různými vlivy, materiály na polymerní bázi. Jsou využívány již při výstavbě jako preventivní ochrana, ale také při rekonstrukcích a opravách jako správkové a sanační hmoty, přičemž plní nejen funkci ochrannou, ale také estetickou a technickou, například jako průmyslové podlahy.

Jelikož se vzrůstající průmyslovou produkcí roste i množství vzniklých průmyslových odpadních materiálů, je nutno tyto využívat a předcházet tak jejich skládkování a negativnímu ekologickému dopadu na životní prostředí. Využívání odpadních materiálů má také neopomenutelný pozitivní vliv na úspory přírodních surovin, jejichž zásoby se neustále snižují. V neposlední řadě lze kladně uvažovat o ekonomickém efektu - pro producenta odpadu jsou náklady při jeho poskytnutí spotřebiteli nižší než při jeho deponování na skládku a také pro spotřebitele je pořizovací cena odpadního materiálu oproti přírodnímu materiálu nižší. Toto by mělo mít za následek snížení výsledné ceny produktu a pro spotřebitele odpadu, tedy výrobce stavebních výrobků či produktů, zvýšení konkurenceschopnosti na poli jeho odborné působnosti.

Vzhledem k vyššímu důrazu na ekologické myšlení, začal být v poslední době kladen velký tlak na ekologičtější suroviny používané k výrobě polymerních nátěrových a podlahových hmot. Jako první se projevil tendence k omezení rozpouštědel a ředidel obsažených v ochranných hmotách již na konci 90. let. Tento jev byl podpořen rozhodnutím Rady Evropy z roku 2004 o snížení obsahu těkavých organických látek (VOC) na nulu. Rozpouštědlové hmoty byly tedy z velké části nahrazeny hmotami bez-rozpouštědlovými a v průběhu posledních deseti let se začaly dostávat do popředí zájmu hmoty vodou-ředitelné. Zatím se vůbec nebo jen velmi zřídka využívají suroviny obsažené v odpadech jako plniva do nových vodou-ředitelných a bez-rozpouštědlových polymerů.

Tato práce si klade za cíl výzkum a vývoj progresivních ochranných prostředků na vodorovné konstrukce s využitím odpadních surovin, tedy navrhnout a ověřit zakomponování odpadních látek do nových vodou-ředitelných a bez-rozpouštědlových hmot. Zavedení takového výrobku do standardní výroby je zcela inovativní, avšak bude nutno vybrat jen vhodné druhotné suroviny, které budou využity a ověřit vlastnosti takto vzniknuvších materiálů. Vybrané druhotné suroviny budou nahrazovat běžná plniva, čímž by mělo být zajištěno:

- snížení ceny ochranných prostředků,
- zachování nebo zlepšení mechanických parametrů hmot,
- zachování nebo zlepšení chemické odolnosti hmot.

Nově vyvinuté hmoty budou sloužit jako ochranné materiály proti korozi především betonových vodorovných konstrukcí - hlavně jako průmyslové podlahy a ochranné nátěry, které budou chránit konstrukce nejen před vnějšími klimatickými

vlivy, ale také proti agresivnímu chemickému prostředí a tak zajistí jejich delší životnost. Všechny hmoty bude možné využít jako správkové.

Výhodou těchto materiálů bude jednak jejich ekologičtější složení, ale také nižší pořizovací cena. Práce přinese nejen nové možnosti plnění těchto materiálů, ale také možnou spotřebu odpadních materiálů a tím ochranu životního prostředí.

B. TEORETICKÁ ČÁST

1. ZÁKLADNÍ NÁZVOSLOVÍ

Ochranný prostředek – výrobek či přípravek sloužící k ochraně povrchu konstrukce před vnějšími vlivy a korozi.

Správková hmota – slouží především k obnovení trvanlivosti konstrukcí a k jejich vzhledovému uvedení do původního stavu.

Odpad (podle zákona 188/2004 Sb.) – „Opadem je movitá věc, která se pro vlastníka stala nepotřebná a vlastník se jí zbavuje s úmyslem odložit ji, nebo byla vyrobena na základě zvláštního předpisu“.

Průmyslový odpad – je tuhý nebo kapalný odpad z průmyslové výroby, technologického zpracování surovin, těžby, dopravy, energetiky apod.

Recyklace – nakládání s odpadem, které vede k jeho dalšímu využití. Jedná se o opětovné cyklické využití odpadů a jejich vlastností jako druhotné suroviny ve výrobním procesu.

Druhotná surovina – druhotnou surovinou je surovina nebo materiál získaný z odpadu, který je způsobilý k dalšímu hospodářskému nebo jinému využití, zůstává přitom odpadem až do dalšího zpracování.

Fotovoltaika – je metoda přímé přeměny slunečního záření na elektřinu (stejnosměrný proud) s využitím fotoelektrického jevu na velkoplošných polovodičových fotodiodách.

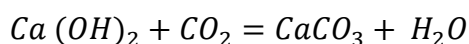
Fotovolatický panel (FV) – je tvořen solárními (fotovoltaickými) články, které mohou být tvořeny polovodičovými nebo organickými prvky, které mění elektromagnetickou energii světla v energii elektrickou.

Fototermický panel (FT) – někdy nazýván kolektor, je zařízení tvořené trubicemi či deskové, využívající absorber pro přeměnu slunečního záření na energii tepelnou.

Fotovoltaická elektrárna (FVE) – je tvořena několika kusy vzájemně propojených FV, které produkují stejnosměrný elektrický proud. Jde o obnovitelný zdroj energie.

2. DEGRADACE VYZTUŽENÉHO BETONU

Beton je pórovitý kompozit skládající se z kameniva a cementového tmelu. V betonu může být umístěna výztuž, ve většině případů z oceli. Ocel je v novém betonu pasivní, neboť zásoba volného hydroxidu vápenatého vytváří po průniku vody do betonu pórový roztok, který má pH 12,5 až 13,5 (v závislosti na obsahu alkalických kovů v cementu). Tato alkalita zaručuje samovolnou pasivaci oceli a velmi malé korozní rychlosti. Oxidační schopnost pórového roztoku je dána přístupem kyslíku z atmosféry. Korozní agresivita pórového roztoku v betonu je závislá především na přístupu oxidu uhličitého a chloridů k výztuži. Při průniku oxidu uhličitého z atmosféry do vlhkého betonu dochází k reakci s volným hydroxidem vápenatým a jeho přeměně na uhličitán vápenatý (karbonatace betonu), což je spojeno s poklesem pH pórového roztoku – viz rovnice.



Pokud karbonatační fronta dorazí přes krycí vrstvu k výztuži, dochází k aktivaci oceli a významnému zvýšení korozní rychlosti. Rychlost postupu karbonatační fronty je závislá na kvalitě cementu i betonu a vlhkosti. Pokles pH betonu může být urychlen také vlivem kyselých dešťů.

Důsledkem korozního napadení je vznik objemných korozních produktů (2 až 3 krát objemnějších než původní kov), které způsobí vznik trhlin v betonu a zároveň zmenšení průřezu výztuže (přijatelný je pokles do 10 %).

Pro prodloužení doby do aktivace ocelové výztuže je třeba používat co nejkvalitnější beton (vodní součinitel voda / cement < 0,5, dostatečný obsah kvalitního cementu, složky pro přípravu betonu bez chloridů), popř. dodatečné ochranné prostředky na beton, například na polymerní bázi. [1]

2.1 Příklady degradace betonu

Degradace betonu probíhá nejjednodušší v kapalném prostředí. Nejběžnějšími kapalinami, které přicházejí do styku s betonovými konstrukcemi, jsou různé typy vod a chemikálií. Dělení koroze je odvozeno od vlivu těchto kapalin následovně:

- **Koroze I. typu**

Rozpouštění a vyluhování složek cementového tmelu. Tento typ koroze se týká především působení vod s nízkou tvrdostí - hladové vody. Jde o vody z řek, rybníků a srážkové. Hladové vody rozpouštějí a vyluhují především $Ca(OH)_2$ z cementového tmelu - rychlost rozpouštění je dána složením cementového tmelu a vnitřní strukturou. [2]

- **Koroze II. typu**

Mezi roztoky, které s cementovým tmelem vytvářejí snadno rozpustné sloučeniny, a které buď jádro betonu obalují, nebo se zvolna vodou uvolňují, patří kyseliny, louhy a jejich rozpustné soli. Jedná se zejména o roztoky obsahující ionty SO_4^{2-} , Cl^- , Mg^{2+} , $(\text{HCO}_3)^-$, $(\text{NH}_4)^+$. V přírodních vodách je to například $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaSO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 a $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. [2]

- **Koroze III. typu**

Vody způsobující korozi III. typu obsahují různé sloučeniny, které vlivem reakce s cementovým tmelem tvoří látky se zvětšeným objemem, což se zpočátku projevuje zvýšením pevnosti a hutnosti a tím i nepropustnosti betonu. Další zvětšování jejich objemu však vede ke vzniku trhlinek až k úplnému rozrušení betonu. Jedná se o vody obsahující různé druhy sulfátů a chloridů. Tyto roztoky dobře smáčejí beton, takže rychleji a hlouběji pronikají do betonu a dělí se na slabě agresivní (více než 300 mg solí/litr a pH menší než 6) a velmi agresivní (více než 1000 mg solí/litr a pH menší než 5). [3]

- **Atmosférická koroze betonu:**

Je způsobena agresivními, především kyselinotvornými plyny, obsaženými v atmosféře jako např. CO_2 , SO_2 . Oxid uhličitý zejména ve spojení s vlhkostí napadá nejprve portlandit (viz výše) a následně ostatní hydratační produkty cementu za vzniku uhličitánů, které krystalizují jak v nestabilních modifikacích vateritu nebo aragonitu, resp. se mohou přeměňovat na stabilní kalcit. Pokud jde o sulfataci betonu, tak hlavně krystaly sádrovce způsobují rozpad povrchové vrstvy betonu tlakem na stěny pórů. Rovněž i zde je nutná podmínka vlhkosti.

2.2 Ochrana proti korozi betonu

Zvýšení odolnosti stavebních materiálů vůči působení vnějšího prostředí lze principiálně dosáhnout dvěma metodami.

2.2.1 Primární ochrana

Jedná se o zvýšení odolnosti samotného betonu proti působení agresivního prostředí. Tohoto efektu lze dosáhnout volbou odolných hmot (složek betonové směsi včetně přísad a příměsí, složení betonu, druhem betonu atd.), dále vhodnou volbou geometrického tvaru konstrukce, tloušťky krycí vrstvy a především také způsobu a kvality provedení dané konstrukce.

2.2.2 Sekundární ochrana

Zde jde o takovou úpravu, která eliminuje již probíhající vliv vnějšího prostředí na konstrukci a je používána jako preventivní, ale také u již narušených konstrukcí. Provádí se po dokončení stavby metodou ochrany proti vnikání

škodlivých činitelů (např. vody, jiných kapalin, páry, plynů, chemikálií a biologických látek), udržování obsahu vlhkosti v betonu, obnovy betonu do původně stanoveného tvaru a funkce, obnovy betonové konstrukce náhradou její části anebo zesílení konstrukce.

Jako materiál pro sekundární ochranu lze využít dle způsobu použití správkové hmoty, adhezní můstky, injektáže, antikoroziční přípravky či povrchové ochrany systémy.

3. POVRCHOVÉ SYSTÉMY NA OCHRANU BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Většina správkových a sanačních prací se týká opravy starých degradujících struktur, poškozených v důsledku jejich užívání, ale také vlivem přírodních jevů. Konstrukce ve stavebnictví mohou být vlivem životního prostředí či vlivem nedostatečného návrhu oslabeny, proto je vhodné provádět strukturální opravy. Nedávné experimentální a analytické výzkumy prokázaly, že použití polymerních kompozitních materiálů pro náhradu či opravy stávajících konstrukčních prvků je z hlediska nákladů velice efektivní a vyžaduje méně času, než tradiční způsob. Tyto kompozity našly uplatnění také pro opravy vodorovných konstrukcí. [4]

Vodorovné konstrukce můžeme rozdělit na několik druhů, z nichž každá vyžaduje jiný postup ochrany a sanace a použití jiných materiálů. Nejrozsáhlejší oblastí je vlastní oprava narušených částí železobetonové konstrukce. Tady používáme osvědčené sanační systémy. A to protikoroziční ochranu ocelové výztuže spojovacího můstku, hrubé reprofilace a nakonec uzavření pórů jemnou stěrkou. Úkolem takové stěrky je uzavřít veškeré póry a dutiny v podkladu a vyrovnat případné drsnosti v podkladu zasanovaném maltou. V případě kdy od úpravy povrchu očekáváme i další, např. estetické vlastnosti, lze využít vícevrstvé podlahové systémy, kterými se tato práce zabývá prioritně. Polymerní podlahové systémy se většinou realizují jako vícesložkové podlahové systémy, kdy je povrch upraven prvním penetračním nátěrem, poté nosnou vrstvou a poslední uzavírací vrstvou.

Druhou oblastí je vlastní ochrana betonového povrchu, která se realizuje zejména vhodnými polymerními nátěry.

3.1 Vícevrstvé polymerní podlahové systémy

Nové i rekonstruované průmyslové podlahy vyžadují z hlediska jejich dlouhodobé životnosti a uživatelského komfortu spolehlivou, časově stálou, ekonomicky přijatelnou, estetickou a snadno udržovatelnou povrchovou úpravu

chránící podlahovou konstrukci před působením nejen mechanického, ale i tepelného a chemického zatížení.

Vícevrstvé polymerní podlahové systémy mohou být realizovány ve výrobních skladovacích halách, v potravinářském, farmaceutickém a automobilovém průmyslu, v laboratořích, nemocnicích a obchodních centrech. Mají velké uplatnění i při rekonstrukcích a sanacích poškozených podlah. Realizují se na betonové podlahy, podlahy pokryté dlažbou, podlahy s poškozenými syntetickými povrchy, parkety apod. Díky svým vlastnostem mohou tvořit i finální povrch pojížděných střech. Jsou pružné, vodotěsné, odolné proti působení chemikálií, rozpouštědélům a ropným produktům. Jsou dobře udržitelné, hygienické a odolávají i agresivním čisticím prostředkům a působení UV záření.

Další velkou výhodou polymerních vícevrstevných podlah je estetické působení, které je především dáno možností realizovat je v široké barevné škále. Syntetické podlahy se tak díky použití plniv a pigmentů z barevných křemičitých písků nebo povrchově aplikovaných různobarevných chipsů (vloček) stávají barevně neomezené.

Jedná se o materiály, které obsahují tekutou složku – pojivo a složku sypkou – plnivo a další suroviny jako tvrdidlo, pigmenty, barevné chipsy apod. Před aplikací se většinou smísí tekutá složka syntetického pojiva s přírodním nebo probarveným umělým plnivem. Tloušťka vícevrstevných polymerních systémů je především závislá na požadovaném zatížení a životnosti podlahy a pohybuje se v rozmezí od 0,15 mm (nátěr) až do 5 mm (stěrka).

Podle požadavků uživatele může být povrch hladký až hrubý podle požadovaného součinitele tření. Polymerní podlahové systémy se většinou realizují jako vícesložkové podlahové systémy, kdy je povrch upraven prvním penetračním nátěrem, poté nosnou vrstvou a poslední uzavírací vrstvou. Tloušťku a množství jednotlivých vrstev určuje výrobce dle technických požadavků zákazníka. Veškeré tyto materiály jsou většinou na bázi syntetických pryskyřic. [5]

Výsledné vlastnosti polymerních podlahových vrstev jsou určovány použitím konkrétního typu hmoty či souboru hmot případně s použitím plniva. Výběrem správného typu hmoty či souboru hmot nejvhodnějšího pro konkrétní aplikaci lze vyrobit podlahu i s velmi specifickými vlastnostmi. [6]

3.2 Ochranné nátěry na vodorovné konstrukce

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

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

Název „nátěrové hmoty“ představuje souhrnný název pro všechny látky, které po nanesení v tenké vrstvě utvoří na podkladu za určitých podmínek povlak požadovaných vlastností. Nátěry lze rozdělit dle několika hledisek, např. dle druhu rozpouštědla (rozpouštědlové, bez-rozpouštědlové, vodou-ředitelné), dle druhu pojiva (olejové, silikátové, polymerní), dle charakteristických vlastností (transparentní, pigmentové), dle způsobu zasychání (zasychání fyzikálními či chemickými pochody), dle způsobu vytvrzování (vypalovací, vytvrzované UV světlem, nebo elektronovými zářiči, běžně zasychající), dle počtu složek (jedno, dvou či třísložkové), dle způsobu nanášení apod. [7]

3.3 Všeobecné požadavky na ochranné materiály

Požadavky, které by měly ochranné systémy na vodorovné betonové konstrukce splňovat, jsou především tyto:

- vysokou odolnost vůči mechanickému namáhání (tlak, oděr, rázy apod.),
- zvýšení možného mechanického zatěžování podkladních betonů (tlak, rázy apod.), tzn. zvýšení únosnosti celého souvrství podlahy,
- vysokou odolnost vůči zvýšeným teplotám,
- vysokou odolnost vůči chemikáliím (např. olejům, ropným výrobkům, žíravinám, kyselinám, louhům, rozpouštědlům, saponátům apod.),
- eliminace spár, vytváří tzv. bezespáré a nenasákavé povrchy použitelné i jako izolace,
- vynikající přilnavost k nejrůznějším druhům podkladů, např. i na mokré či čerstvý beton,
- přemostění prasklin v podkladu,
- neklouzavý povrch, možnost přípravy i v tzv. protismykové úpravě nebo s dekorativními efekty,
- nepřitahují špínu a prach, snadná čistitelnost a dekontaminace,
- minimální náklady na údržbu,
- vysoce estetický povrch,
- velmi snadná aplikovatelnost,
- při poškození jednoduché a rychlé lokální opravy,
- velmi příznivý poměr cena / užitná hodnota. [44, 45, 113, 114]

4. SLOŽENÍ OCHRANNÝCH POLYMERNÍCH SYSTÉMŮ

Výroba většiny těchto ochranných materiálů je běžně prováděna jako průmyslová, jedná se o směs několika komponent - lze je tedy považovat za kompozitní materiály. Hlavními složkami jsou pojiva a plniva, pigmenty a další přísady.

4.1 Pojiva

V současné době se nejčastěji využívá především epoxidových a polyuretanových materiálů bez obsahu rozpouštědel (ve skutečnosti mají jen nízký obsah reaktivních rozpouštědel), nebo v poslední době preferované vodou-ředitelné systémy.

Pojivo je zpravidla makromolekulární látka, která spolu s pigmentem, plnivem, tvrdidlem a dalšími látkami tvoří hlavní složku ochranných systémů. Pojivo tvoří podstatu transparentního filmu a váže plnivo a pigment. Mívá rozhodující vliv na dobu zasychání a vlastnosti nátěru.

Podle zasychání epoxidových nátěrových hmot rozlišujeme pojiva na vzduchu schnoucí, vypalovací, tvrditelné při nízkých či zvýšených teplotách, nebo působením radiačního záření. Aplikují se ve formě roztoků v těkavých organických rozpouštědlech, nebo jako nátěrové hmoty s velkým obsahem sušiny, bez-rozpouštědlové, práškové nebo vodou-ředitelné. Tyto materiály patří k moderním stavebním hmotám, jejichž složení a jednotlivé složky výrobci tají. Tyto polymerní látky jsou náchylné na kvalitu plniv, přípravu podkladu, dodržování aplikačních postupů a dodržování mísících poměrů, kde jenom malé nedodržení z jednotlivých kritérií může vést k nekompatibilitě pojivové báze s plnivem. [5]

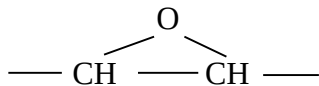
4.1.1 Epoxidové pryskyřice

Epoxidové pryskyřice (EP) jsou sloučeniny tvořené z více než jedné epoxidové (oxiranové) skupiny v molekule. Tato skupina polymerů je velmi reaktivní, což způsobuje, že jsou to vysoce přilnavé materiály, chemicky a tepelně odolné, mají dobré mechanické vlastnosti a mají velmi dobré elektrické izolační vlastnosti. Jsou využívány jako lepidla, zalévací a lisovací hmoty, lamináty apod. Produkty po vytvrzení vykazují výbornou přilnavost na sklo, keramiku, kovy, beton aj. [10]

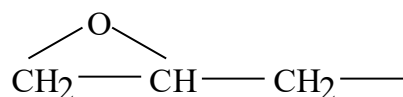
4.1.1.1 Rozdělení epoxidových pryskyřic

Epoxidové pryskyřice lze zásadně rozdělit na dvě skupiny:

Obsahující epoxidové (oxiranové) skupiny, vznikající epoxidací nenasycených sloučenin.



Obsahující glycidové (2,3-epoxypropylové) skupiny, vznikající reakcí epichlorhydrinu s vhodnými surovinami, např. bisfenoly, dikarboxylovými kyselinami, aromatickými aminy aj.



Nejběžnějším typem epoxidových pryskyřic (EP) jsou produkty alkalické kondenzace epichlorhydrinu s 2,2-bis (4-hydroxyfenyl) propanem, zvaným krátce dian nebo bisfenol A. Tento typ epoxidů představuje 85% světové výroby všech epoxidů, která je zavedena i v ČR (vyrábí např. Spolek pro chemickou výrobu Ústí nad Labem, a.s., SYNPO, a.s., apod.). Při této kondenzaci probíhají 2 hlavní reakce: nejprve adice epoxidové skupiny epichlorhydrinu na fenolický hydroxyl, katalyzovaná přítomnou alkálií, potom proběhne odštěpení chlorovodíku ze vzniklých chlorhydrinetherů za současného vzniku epoxidových skupin. [12]

4.1.1.2 Vytvrzování epoxidových pryskyřic

Jedná se o proces, ve kterém se pomocí chemických reakcí převádějí nízkomolekulární, rozpustné a tavitelné epoxidové monomery a oligomery na netavitelné a nerozpustné polymery, které mají převážně trojrozměrnou strukturu. Vytvrzování lze provádět různým způsobem pomocí tzv. tvrdidel, což jsou jednak látky schopné reagovat s epoxidovými, popř. s hydroxylovými skupinami přítomnými v pryskyřici, takže se stávají součástí vytvořené sítě (tvoří tzv. alternující kopolymery), jednak látky, které pouze iniciují polymeraci epoxidových skupin a vzniklá síť je složena jen ze segmentů epoxidové pryskyřice (tvoří tzv. homopolymer). [9]

- **polyadice** probíhající na epoxidových skupinách (polym. činidlem jsou sloučeniny s volnými vodíkovými atomy)
- **polykondenzace** na přítomných hydroxylových skupinách
- **polymerace** epoxidových skupin (iniciace pomocí Friedel-Craftsových katalyzátorů, silných anorganických kyselin, aryl- a alkyl-kovů). [11]

Vytvrzování EP samotnými tvrdidly (síťování) trvá za pokojové teploty velmi dlouho, až několik dnů. To je možno tolerovat v některých aplikacích, kde EP slouží jako adheziva velkých dílců a zvýšení teploty není praktické (stavby). U automatizovaných výrobních procesů (tažení, navíjení, atd.) se musí použít vytvrzovací systém zahrnující jak tvrdidlo, tak urychlovač a katalyzátor vytvrzování. Tak je možno vytvrdit EP s nízkou hodnotou teploty skelného přechodu T_g i při 20°C během několika minut až hodin.

Při vytvrzování EP s T_g vyšší než je pokojová teplota je nutno postupovat tím způsobem, že v prvním stupni výroby nedojde k úplnému vytvrzení, ale pouze ke ztuhnutí ve tvaru vhodném k manipulaci. Poté se výrobek přemístí do pece či autoklávu, kde dojde k úplnému vytvrzení EP. Jednou z možností, kterou EP díky tomuto způsobu vytvrzování nabízejí, je využití jejich schopnosti setrvat po gelaci (částečné vytvrzení) ve zpracovatelném stavu (tzv. „B-stage“) po dobu až několika

měsíců. V tomto stádiu je pryskyřice vysoce viskózní a částečně zesíťovaná. Je však možno s ní dále pracovat a tvarovat ji. Jakmile je dosaženo požadovaného konečného tvaru (kladení, navíjení, lisování, atd.) dojde k finálnímu vytvrzení za teploty vyšší než T_g (typicky 120 - 250 °C). Typickou oblastí, která využívá tento princip je „pre-pregging“ neboli výroba předem impregnovaných výztuží (rohože, tkaniny), ze kterých se posléze vyrábějí kompozitní dílce (letecký průmysl, sportovní potřeby, atd.). [13, 14]

K adici na epoxidovou skupinu jsou vhodné v podstatě všechny sloučeniny s pohyblivými vodíkovými atomy. Největší význam má vytvrzování polyaminy a anhydridy polykarboxylových kyselin. [12]

- **Reakce s polyaminy**

Vytvrzování primárními a sekundárními alifatickými polyaminy probíhá již za normální teploty. Reakce probíhá za vzniku hydroxylové a sekundární aminoskupiny. [14] Tyto polyaminy vytvrzující epoxidové pryskyřice za normální teploty se používají zejména pro lepidla, tmely, nátěrové hmoty, licí podlahoviny a polymerbetony. [12]

- **Vytvrzování polythioly**

Polythioly, přesněji jejich -SH skupina, reaguje s epoxidovou skupinou. [12]

- **Vytvrzování anhydridy polykarboxylových kyselin**

Pro vytvrzování epoxidů se průmyslově používají pravděpodobně nejvíce anhydridy polykarboxylových kyselin. Používají se pro zalévací, impregnační a laminační pryskyřice v elektrotechnice v kombinaci s nízkomolekulárními typy pryskyřic a pro práškové nátěrové hmoty v kombinaci s výše molekulárními typy pryskyřic. [12]

- **Ostatní látky síťující EP polyadičně**

Pryskyřice lze vytvrzovat také polyfunkčními močovinnými deriváty, dále polyuretany, polyizokyanáty, imidazoly, pryskyřicemi fenol-formaldehydovými, močovinoformaldehydovými a melaminoformaldehydovými. [14]

- **Ostatní epoxidové pryskyřice**

4.1.1.3 Polymerace epoxidové skupiny v EP

Polymerace epoxidových skupin se provádí především Lewisovými bázemi nebo kyselinami, tj. látkami, které jsou schopny předávat nebo naopak přijímat volný elektronový pár volný elektronový pár. Tyto látky obvykle nemají vodíkové atomy. Polymerace jsou aniontové nebo kationtové.

- **Aniontová polymerace** je iniciována kovovými hydroxidy, sekundárními a terciálními aminy. Dosažené relativní molekulové hmotnosti jsou nízké, vytvrzené hmoty nemají příliš dobré mechanické vlastnosti. Polymeraci

tohoto druhu urychlují alkoholy. Nejlepší výsledky poskytují imidazoly. Mechanismus polymerace fenyglycidyletheru s benzyldimethylanilinem nebo N,N-dimethylanilinem za přítomnosti izopropylalkoholu spočívá v první fázi ve tvorbě kvartérní báze vznikající z terciálního aminu a epoxidu. Tato kvartérní báze reaguje s alkoholem za vzniku alkoxidového iontu, který polymeruje epoxydovou skupinu. [14]

- **Kationtová polymerace** je iniciována katalyzátory jako BF_3 , SbCl_5 , AlCl_3 , SnCl_4 , TiCl_4 , FeCl_3 atd. Dosažený polymerační stupeň závisí na použitém katalyzátoru a na podmínkách polymerace. Všechny tyto látky jsou donory elektronů. Nejvíce jsou rozšířeny komplexy BF_3 s aminy, jejich reaktivita nezávisí jen na bazicitě aminu, ale i na jeho sterických vlastnostech. Také např. etherát fluoridu boritého umožňuje vytvrzení při teplotách 0 až 10 °C. [14]

4.1.1.4 Vytvrzování jinými pryskyřicemi

Pro nátěrové hmoty je významné vytvrzování epoxidových pryskyřic ve směsi s jinými pryskyřicemi, zejména s těmi, které obsahují reaktivní alkoxymethylové skupiny, jako jsou fenolformaldehydové, močovinoformaldehydové a melaminformaldehydové pryskyřice. K vytvrzení směsi těchto pryskyřic dojde za zvýšené teploty (120 °C až 2000 °C) za vzniku etherových můstků.

Kombinace epoxidových pryskyřic s fenolickými pryskyřicemi poskytují lakové filmy s výtečnými odolnostmi proti chemikáliím a rozpouštědlům, s vysokou tvrdostí a zároveň dobrou vláčností. Kombinace epoxidových pryskyřic s močovinovými a melaminovými pryskyřicemi poskytují nátěry s velmi dobrou stálostí na světle a s podobnými vlastnostmi jako předcházející kombinace, jen s nižší odolností proti chemikáliím. Široké je speciální použití epoxido-dehtových kombinací pro nátěry a tmely. Taková pojiva jsou tvrditelná za normální teploty polyaminy nebo polyaminoamidy. Nevýhodou je jejich černá barva. [12]

4.1.2 Polyuretanové pryskyřice

Polyuretanové pryskyřice jsou materiály, které obsahují v matici příměs polyuretanu. Polyuretan (PUR, PU) je každý polymer, který je složený ze řetězu organických jednotek uretanu. Polyuretanové polymery jsou tvořeny pomocí růstové polymerace reakcí monomeru (alespoň se dvěma izokyanáty funkční skupiny) s dalším monomerem (alespoň se dvěma hydroxylovými nebo alkoholovými skupinami) za přítomnosti katalyzátoru. Polyuretany se vyrábějí polyadici polyisokyanátu s polyalkoholem (polyol) v přítomnosti katalyzátoru a dalších přísad. V tomto případě je polyisokyanát molekula se dvěma nebo více funkčními skupinami isokyanátu, $\text{R}-(\text{N}=\text{C}=\text{O})_n$ $n \geq 2$ a polyol je molekula se dvěma nebo více hydroxylovými funkčními skupinami, $\text{R}'-(\text{OH})_n$ $n \geq 2$. Reakční produkt je polymer obsahující uretanovou vazbu $-\text{RNHCOOR}-$. Polyuretanové pryskyřice se vyznačují

výbornou přilnavostí téměř ke všem povrchům, jsou odolné proti chemikáliím a bakteriím, jsou zdravotně nezávadné. [5]

4.1.3 Metylmetakrylátové pryskyřice

Hlavní složkou metylmetakrylátových pryskyřic je metylmetakrylát. Methylmetakrylát je organickou sloučeninou se vzorcem $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)_2 \text{COOCH}_3$. Tato sloučenina se vyrábí několika způsoby, hlavní z nich je výroba z aceton kyanovodíku (ACH) za použití acetonu a kyanovodíku jako suroviny. Mezi hlavní použití metylmetakrylátu je výroba polymethylmetakrylátových plastů (PMMA). Methylmetakrylát se také používá pro výrobu butadien-styrenu (MBS) nebo jako modifikátor pro PVC. Hlavní oblastí uplatnění metylmetakrylátových pryskyřic jsou sanace stávajících podlah. Hlavní výhodou těchto materiálů je rychlost provádění a následná možnost okamžitého použití nově zrealizovaného povrchu. Doba zpracovatelnosti MMA je 15 - 30 minut a aplikace další vrstvy je možná za 1 hodinu po pokládce předchozí vrstvy. Hotovou podlahu je možné zatěžovat za dvě hodiny po dokončení prací. [5]

4.1.4 Vinylesterové pryskyřice

„Vinylester“ je v běžném názvosloví obecný název pro polymery s esterovou skupinou vzniklou esterifikací monomerní organické kyseliny obsahující vinylovou $-\text{CH}=\text{CH}_2$ skupinu (například kyseliny akrylové) s alkoholem. Polymerace potom probíhá na vinylové skupině tohoto esteru. Příkladem klasického polyvinylesteru je polyvinylacetát, který je lineární termoplast. Naproti tomu je pojem „vinylesterová“ pryskyřice, používaný především v anglosaské literatuře, pojmem určujícím velmi úzké spektrum chemických sloučenin vzniklých na bázi dianových epoxidů a kyseliny akrylové. Někdy se také objevuje název epoxidové vinylestery nebo vinylestery na epoxidové bázi.

Vinylestery jsou termosetické pryskyřice, velmi vhodné pro náročné aplikace, zejména do agresivního chemického prostředí a pro velké mechanické namáhání. Ve většině aplikací nevyžadujících speciální elektrické vlastnosti a dlouhodobé použití při vysokých teplotách je možno pomocí vinylesterů nahradit dražší a mnohými technologiemi hůře zpracovatelné epoxidové pryskyřice, které vyžadují v důsledku neradikálového charakteru vytvrzovacích reakcí delší dobu vytvrzování a vyšší teploty. Během řady let používání prokázaly vinylesterové materiály dobré dlouhodobé vlastnosti a vynikající trvanlivost v chemickém průmyslu, v těžbě a zpracování ropy nebo v průmyslu papírenském. [15]

4.2 Plniva

Vícevrstvé průmyslové polymerní podlahy a nátěry jsou vyplněny většinou v rozsahu 10 - 45 % svého objemu. Plniva jsou určena ke snížení potřeby pojiva, a tím snížení nákladů na výrobu výsledného produktu. Některá plniva mohou také

zlepšit vlastnosti materiálů. Nejčastěji používaná plniva v dnešní době jsou: mletý vápenec nebo křída, křemelina, mletý křemen, atd., prioritně je ale používán křemičitý písek. Vzhledem ke snižování zásob přírodních zdrojů a existenci velkého množství odpadů, hledáme nové způsoby, jak použít odpad a nahradit tak stále ubývajícím přírodní komponenty. Plniva mohou být:

- **přírodní (primární)** – jedná se o materiály, které se těží a následně upravují na požadované vlastnosti např.: křemičitý písek, kaolin, mastek, slída atd.
- **průmyslově vyráběné** – materiály, které se vyrábějí přímo na požadované vlastnosti, jejich nevýhodou je poměrně vysoká cena např.: flaky = vločky, křemenné sklo atd.
- **plniva na bázi druhotných surovin** – materiály, které se získávají z odpadních surovin, např. čištěním a úpravou granulometrie mohou částečně nebo i úplně nahrazovat plniva přírodní, nebo průmyslově vyráběná např.: odprašky, popílký, skelný recyklát, struska atd. [5]

4.2.1 Charakteristika základních vlastností vhodného plniva

Volba materiálů, které lze použít jako plnivo je omezena již známými vlastnostmi a limity. Hlavní limitní faktor je založen na chemické nekompatibilitě mezi plnivem a základní matricí. Jedním z příkladů jsou materiály na bázi silikonu. Plnicí hmoty musí být zcela inertní ve vztahu k celému systému. Tyto materiály nemohou být zapojeny do procesu polymerace. Také nesmí docházet k extrakci složek plnicího systému do materiálu. Dále existují další podmínky pro využití odpadního materiálu (jako plniva) do ochranných systémů. Bylo vybráno 8 limitních faktorů, které ovlivňují výběr nejvhodnějších plniv, tyto jsou popsány podrobně v dalších kapitolách.

4.2.1.1 Materiál plniva a jeho případné znečištění

Výběr materiálu a jeho znečištění může mít zásadní vliv na inkompatibilitu chemické báze plniva s chemickou bází pojivové složky, kterou nelze potlačit použitím povrchových modifikátorů. Nejznámějším a nejčastějším příkladem jsou materiály na bázi silikonu.

Dále je nezbytné, aby plnivo bylo zcela inertní a to ve vztahu k celému systému. Nesmí se do procesu polymerace zapojovat, ani jej akcelarovat či inhibovat. Velmi podstatná je nulová extrakce komponent či příměsí plniva do systému. Obzvlášť pokud se jedná o látky těkavé či zdraví a životnímu prostředí nebezpečné. Extrahované látky mohou negativně ovlivnit polymeraci systému, mohou působit jako změkčovadla, zabarvit systém, působit povrchové defekty (z důvodu nižší viskosity či nízkého bodu varu a vysokého povrchového napětí systému může dojít ke kumulaci u povrchu systému), atd.

Dalším negativním efektem znečištění plniva může být špatná adheze pojivového systému na povrch částice z důvodu odpuzování. Dnes je možné velmi účinně a efektivně řídit povrchovou adhezí v rozmezí 100 %. Avšak znečištění, obzvláště odpadních látek a druhotných surovin, může být nestálé kvality. V tomto případě se tedy jedná o rizikový faktor.

Při volbě materiálu plniva je vždy výhodné znát alespoň přibližnou skladbu systému a možnost případné odchylky skladby. [8]

4.2.1.2 Specifická hmotnost

Specifická hmotnost plniva musí být vyšší než specifická hmotnost pojivové báze a zároveň nesmí být významně vyšší. V současnosti používaná plniva mají specifickou hmotnost viz *Tab. 1*.

Název	Specifická hmotnost [g/cm ³]
Grafit	2,1
Korund	4,0-4,1
Křemen	2,6
Vápenec	2,7
Sklo	2,4-2,8

Tab. 1 – Specifická hmotnost v současnosti používaných plniv

Specifická hmotnost pojivových bází, do kterých je plnivo určeno je cca 1,0 - 1,2 g/cm³. Je tedy nezbytné, aby plnivo nemělo specifickou hmotnost nižší než 1,3 g/cm³. V případě, že by specifická hmotnost plniva klesla pod 1,3 g/cm³ došlo by k vyplavování plniva na hladinu pojivové báze, což je nežádoucí. Specifická hmotnost by neměla překročit hodnotu 4,0 g/cm³. V případě plnění pojivové báze epoxidového systému korundem, který má specifickou hmotnost 4,0 - 4,1 g/cm³, můžeme pozorovat zvýšenou tendenci sedimentace, která výrazně zkracuje skladovatelnost výsledného produktu. Dle specifické hmotnosti přichází do úvahy použití plniv uvedených v *Tab. 2*. [8]

Název plniva	Specifická hmotnost [g/cm ³]
Asfalt	1,3
Bakelit	1,3
Beton	2,3-2,4
Cihla	1,8-2,4
Čedič	2,9
Guma (vybraná)	1,0-1,3
Kámen (žula)	2,6
Keramika	2,0-2,3
Mramor	2,6-2,9

Pískovec	1,9-2,7
Porcelán	2,1-2,4
PVC	1,2-1,5
Rula	2,4-2,7
Sklo	2,4-2,8
Teflon	2,1-2,3

Tab. 2 – Potencionálně vhodná plniva dle vhodné specifické hmotnosti

Důvodem pro pečlivou volbu plniva z pohledu specifické hmotnosti je, aby plnivo mělo takovou specifickou hmotnost, která mu umožní stav tzv. ve fázi vznosu. Plnivo tedy nebude mít tendenci výrazně sedimentovat v krátkém časovém úseku (tj. týdny) a nebude mít ani tendenci vyplavávat na hladinu nebo k povrchu pojivové báze. Po dokonalé dispergaci v míchacím zařízení bude distribuce plniva v objemu stabilní alespoň po dobu několika týdnů. Sedimentace je, kromě specifické hmotnosti částic, významně ovlivněna (podpořena x zpomalena) tvarem a velikostí částic, a dále viskositou a specifickou hmotností disperzního prostředí. Se stoupající viskositou disperzního prostředí se zpomaluje proces sedimentace. [8]

4.2.1.3 Granulometrie, tvar částic

Jak již bylo zmíněno v předchozím odstavci, tvar a velikost částic mají zásadní vliv nejen na sedimentaci, ale i na mnoho dalších stěžejních vlastností hmoty. Mezi nejpodstatnější vlastnosti, které jsou granulometrií a tvarem částic ovlivněny patří:

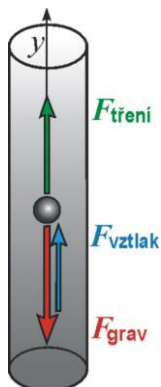
- **Sedimentace**

Velikost a tvar částic ovlivňuje významně sedimentaci plniva v pojivové bázi a udává přístup k formulaci a výrobní technologii, limituje dobu skladování a další parametry. Je třeba dobře zvážit, jakým způsobem bude plnivo sedimentovat a předpovědět tak jeho využitelnost v dané polymerní bázi.

V průběhu sedimentace dochází k rozdělení jednotlivých frakcí dle velikosti částic, jelikož rychlost sedimentace částic s velkým poloměrem je vyšší než rychlost sedimentace částic s menším poloměrem.

Rychlost usazování částice lze odhadnout za použití matematického aparátu. Nejčastěji se výpočet zjednodušuje předpokladem kulového tvaru částice za atmosférického tlaku 101325 Pa. Je třeba znát průměr částice a její specifickou hmotnost, dále specifickou hmotnost a viskositu kapaliny při dané teplotě. Na pohyb částice má vliv odpor prostředí (třecí síly) $F_{\text{tření}}$, gravitační síla F_{grav} , vztlková síla F_{vztlak} viz Obr. 1. [8]

Obr. 1 – Síly mající vliv na pohyb částice [16]



Po dosažení rovnováhy sil působících na částici se částice začne pohybovat kontinuální rychlostí, tzv. pádovou rychlostí μ_p . Počáteční ustavení rovnováhy sil trvá zlomek sekundy a rovnoměrného pohybu částice se dosáhne za $\tau \rightarrow \infty$. Je tedy ve výpočtech zanedbáno a udává se $\mu = \mu_p \cdot 0,99$, kde μ je rychlost sedimentace částice.

Předpokládáme - li částici kulového tvaru, můžeme rychlost sedimentace částic v kapalině vyjádřit pomocí rovnice:

$$\mu = \frac{2}{9} \cdot \left(\frac{\rho - \rho_k}{\eta_k} \right) \cdot r^2 \cdot g$$

Kde: μ rychlost sedimentace [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 ρ specifická hmotnost částice [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 ρ_k specifická hmotnost kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 η_k viskozita kapaliny [$\text{Pa} \cdot \text{s}$]
 r poloměr částice [m],
 g teoretická střední hodnota gravitačního zrychlení na povrchu Země, která má hodnotu $9,823 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Vztah dále předpokládá, že koncentrace částic je nízká a vzájemně se neovlivňují. [16]

V tomto vztahu nejsou brány v úvahu další vlivy, které mohou rychlost sedimentace částice ovlivnit jako například vliv tvaru částic, vliv koncentrace částic, vliv stěn nádoby, vliv polydisperzity částic, atd. Tento vztah je vhodný pro prvotní odhad rychlosti sedimentace v kapalině. Vždy je nutno ověřit výpočet experimentálně.

Vliv tvaru částic na sedimentaci

Zjistit tvar částice a zohlednit jeho vliv na rychlost sedimentace je jedna z nejnáročnějších částí v rámci charakteristiky plniva. Právě proto se pro výpočty nejčastěji zobecňuje kulový tvar částic.

Izolovaná částice se bez ohledu na to, jak byla do kapaliny vnořena, velmi rychle orientuje do nejstabilnější polohy. Nejstabilnější poloha je taková, kdy je odpor částice vůči usazování maximální. Podle tohoto zjednodušeného výkladu ploché a podlouhlé částice při sedimentaci leží. Ve skutečnosti je však nejstabilnější poloha dynamická, tzn., částice vykonávají kývavý pohyb těsně kolem nejstabilnější polohy.

Chování nekulové částice se velmi odlišuje od chování kulové částice při sedimentaci a je nutno jej charakterizovat. Vzhledem k velkému množství faktorů, které rychlost sedimentace ovlivňují, se pro charakteristiku způsobu sedimentace používají různá kritéria a veličiny. Je třeba vždy brát do úvahy nejen parametry částice, ale také parametry kapaliny (zejména viskozita a specifická hmotnost). [17]

Vliv koncentrace na sedimentaci

Vliv zvýšené koncentrace částic na usazování představuje složitý jev. Částice se navzájem ovlivňují. Vzhledem k izolované částici se částice uspořádané vertikálně usazují rychleji a částice uspořádané horizontálně pomaleji. Příčinou je tok vytěsňované kapaliny opačným směrem, který částici při usazování brzdí. Vliv koncentrace na rychlost usazování je značný. Při větší koncentraci částic v suspenzi je rychlost usazování menší. [8]

• Rozlivové a aplikační vlastnosti

Tvar a velikost částic mají významný vliv i na rozlivové vlastnosti výsledného systému. Nesprávně zvoleným tvarem, velikostí či poměrem frakcí lze ovlivňovat aplikační, estetické a funkční vlastnosti epoxidového systému. Vždy je třeba vyskládat distribuční křivku tak, aby obsahovala jak jemnější tak hrubší frakce a to dle konkrétního použití. Monofrakční plnivo neposkytuje systému dobré rozlivové vlastnosti.

Existují, ale i výjimky z tohoto pravidla a to zejména v případě chemicky odolných plniv, která plní funkci zcela odlišnou. Jejich funkce je nejčastěji taková, že vytvářejí lamelu, která zvyšuje chemickou odolnost souvrství. V tomto případě je monofrakční plnivo s diskovitým tvarem částic výhodou. Specifickým způsobem se také plní tzv. polymerbetony či polymer malty. Jako plnivo pro daný účel slouží nejčastěji sušený křemičitý písek o max. zrnitosti 1 – 1,5 mm. Na kvalitu vytvrzeného polymerbetonu má značný vliv zrnitost plniva, stupeň naplnění i tvar zrn. Rozložení jednotlivých frakcí plniva z hlediska velikosti zrn zásadně ovlivňuje vlastnosti polymerbetonu. Teoreticky by nemělo plnivo obsahovat spojitě všechny velikosti zrn. Jejich poměr (v procentech) je určen grafickou závislostí podle Fullerovy rovnice:

$$w = \frac{d * 100}{D}$$

Kde: w množství plniva, které projde sítím o průměru ok d
 d průměr ok [mm]
 D max. průměr zrn plniva [mm] [8]

V epoxidových systémech zajišťují hrubší podíly schopnost rozlivu, jemnější podíly zajišťují jistou míru tixotropie a zpomalují sedimentaci hrubších podílů. Vhodně nastavit správnou distribuční křivku je otázkou teoretické přípravy, ale zejména experimentálních testů. Jiná plniva o stejné distribuční křivce mohou mít na systém naprosto odlišný efekt. Jiný typ aplikace či jiná výsledná tloušťka vyžadují rozdílný přístup.

Jedno ze základních pravidel při formulaci a volbě plniva je, že největší zrno plniva by mělo mít velikost maximálně 2/3 tloušťky vrstvy.

Sítový rozbor ISO 3310 část 1	2G	2F	3*	5	5G*	5F	7*	8*	8/9	9*	GEBA*
	5-8 mm	3-5 mm	2-3,5 mm	1-2,5 mm	1,6-2,5 mm	1-1,8 mm	0,6-1,2 mm	0,3-0,8 mm	0,1-0,8 mm	0,1-0,5 mm	0,06-0,3 mm
	MA %	MA %	MA %	MA %	MA %	MA %	MA %	MA %	MA %	MA %	MA %
> 8 mm	5										
6,3 – 8,0	33										
5,6 – 6,3	51	3									
5,0 – 5,6		7									
4,0 – 5,0	11	35	Stopové mn.								
3,55 – 4,0		52	3								
3,15 – 3,55			16	Stopové mn.	Stopové mn.						
2,5 – 3,15		3	70	2	4						
2,24 – 2,5		10	10	10	61						
2,0 – 2,24				19		1					
1,8 – 2,0			1	15	20	2					
1,6 – 1,8				13	12	23					
1,25 – 1,6				24	2	44	5				
1,0 – 1,25				11	Stopové mn.	20	35	1	Stopové mn.		
0,8 – 1,0				6		6	36	11	3	Stopové mn.	
0,71 – 0,8						2	10	67	11	1	
0,63 – 0,71							7				
0,5 – 0,63						2	5		19	2	
0,4 – 0,5							2	12	20	9	
0,315 – 0,4								6	16	22	Stopové mn.
0,25 – 0,315								3	19	43	0,5
0,2 – 0,25											5
0,1 – 0,2									10	22	86
0,09 – 0,1									102	1	3,5
0,063 – 0,09											4

<0,063											1
Střední zrnitost (mm)	5,8	3,9	2,8	1,75	2,1	1,35	0,98	0,62	0,38	0,28	0,13
Vlhkost (MA %)	<1										
Měrná hm. (g/ml)	2,65										
Sypná hm. (g/ml)	1,4	1,4	1,45	1,46	1,5	1,42	1,48	1,42	1,41	1,4	1,4
Objemová hm. (ml/g)	0,71										

Tab. 3 – Sítové rozборы křemičitých plniv pro samoniv. polymerní podlahy

Z tabulky je zřejmé, že majoritní podíl, cca 60 - 80 hm.%, tvoří částice o velmi podobné zrnitosti, které souboru částic udávají střední zrnitost. Zbytek částic souboru, tj. cca 20 - 40 hm.%, jsou částice o větší nebo menší zrnitosti než je majoritní podíl, přičemž cca 3/5 zbytku tvoří jemnější podíly než je majorita a 2/5 tvoří hrubší podíly než je majorita.

Správnou distribuční křivku plniva je vždy třeba nastavit experimentálně pro konkrétní případ. [8]

• Nano-částice

Jedná se o částice látky, jejichž rozměry se pohybují v jednotkách až stovkách nanometrů tj. 10^{-9} m. Vlastnosti látek v nano rozměrech se většinou diametrálně odlišují od běžných vlastností těchto látek. Nano částice se i v roztoku chovají jinak nežli částice, které mají rozměry větší než 10^{-9} m. Jejich využívání jako plniva je zatím do jisté míry neprobádaná oblast. Jejich testování jako plniv do epoxidových systémů, může přinést nové možnosti a přístupy k formulaci. [8]

4.2.1.4 Hořlavost

Hořlavost stavebních hmot je ukazatelem, jak stavební materiály přispívají k intenzitě požáru. Dle normy ČSN 73 0862 se stavební materiály třídí podle 5 stupňů hořlavosti:

Stupeň A – nehořlavé stavební hmoty

Stupeň B – nesnadno hořlavé stavební hmoty

Stupeň C1 – těžce hořlavé stavební hmoty

Stupeň C2 – středně hořlavé stavební hmoty

Stupeň C3 – lehce hořlavé stavební hmoty.

V souvislosti s vydáním normy ČSN 73 0810, kde se nově klasifikují látky kritériem reakce na oheň dle 5 stupňů A1, A2, B, C, D, E, F byl vydán převodník ČSN 13501-1, kde je stanoveno, že požadované stupně hořlavosti A až C3 v normách řady ČSN 08xx a v dalších navazujících dokumentech jsou splněny výrobky s třídy reakce na oheň podle následujících vztahů:

Stupeň hořlavosti	Reakce na oheň
A	A1
B	A2
C1	B, C
C2	D
C3	E, F

Tab. 4 – Stupně hořlavosti ve vztahu k stupňům reakce na oheň

Dle ČSN 73 0810 a podle ČSN EN 13 501-1 se třídy reakce na oheň pro podlahové a nátěrové hmoty na bázi epoxidů nahrazují indexy šíření plamene i_s takto:

$A_{1fl}, A_{fl} \rightarrow i_s = 0$ [mm/min]

$B_{fl} \rightarrow i_s$ v rozmezí $0 \leq 50$ [mm/min]

$C_{fl} \rightarrow i_s$ v rozmezí $50 \leq 100$ [mm/min]

D_{fl} až $F_{fl} \rightarrow i_s$ nad 100 [mm/min].

Dolní index *fl* značí, že se jedná o podlahové materiály (z angl. floor).

Plnivo by nemělo mít horší parametry nežli epoxidové matrice. V Tab. 5 jsou uvedeny požadované hodnoty na plnivo pro jednotlivé výše zmiňované parametry.

Parametr	Požadované hodnoty
Hořlavost	A, B
Index šíření plamene	Max. 50 mm.min ⁻¹
Reakce na oheň	A1, A2, B

Tab. 5 – Požadované hodnoty plniva

4.2.1.5 Adheze

Adheze matrice-plnivo má u všech typů kompozitů významný vliv. U vláknových kompozitů s jednosměrně orientovanými vlákny hraje adheze matrice-plnivo roli pouze v případě namáhání ve směru kolmém na orientaci vláken. U částicových kompozitů hraje roli při namáhání ve všech směrech. Adheze má také význam z důvodu stability v chemicky agresivním prostředí. Difúze nízkomolekulárních látek polymerním kontinuem je 400 krát pomalejší než difúze stejných látek rozhraním částice-matrice. Je tedy evidentní, že dobrá adheze je zárukou spolehlivé funkce kompozitů v chemicky agresivním prostředí. [20]

Obecně je vliv adheze významnější u částicových kompozitů, nežli u kompozitů vláknových. Rozhraní částice-plnivo není ostré, ale difuzní. Vyskytuje se zde jistý gradient vlastností. Mechanická pevnost tohoto rozhraní je limitována pevností polymerní matrice. Měření tloušťky rozhraní je prakticky nemožné, protože při měření dostupnými metodami dochází k jeho destrukci.

Jako nejúčinnější se jeví řízení adheze částice-matrice. Na trhu je dostupné velké množství modifikátorů povrchové adheze. Jejich dávkování je nízké.

Nejčastěji cca 2 % hmotnostní. Používáním modifikátorů adheze lze ovlivnit vlastnosti kompozitů v rozsahu 100 %. V technické dokumentaci těchto modifikátorů adheze je uvedeno jejich doporučené použití (typ plniva a typ matrice), čímž je usnadněn i samotný výběr vhodného modifikátoru. [20]

Je třeba si uvědomit, že částicové plnivo nahrazuje matrici, imobilizuje ji v difuzním rozhraní a mění morfologii matrice. Tyto efekty částicového plniva poté mohou vést ke změně mechanické odezvy matrice. Nesprávné je tvrzení, že čím lepší adheze tím lepší mechanická odezva kompozitu. Zlepšování adheze má sice ve většině případů kladný vliv na pevnost a modul pružnosti, dojde však vždy k poklesu houževnatosti. Nejlépe je tedy řídit adhezi částice-matrice, nikoli ji jenom zlepšovat. [20]

Přítomnost plniva může mít jak kladný tak neblahý vliv na rychlost fyzikálního stárnutí polymeru. Při fyzikálním stárnutí dochází k postupným změnám morfologie v důsledku rekrystalizace, k relaxaci vnitřních pnutí a k dalším neměřitelným změnám chemické struktury polymeru. [20]

4.2.1.6 Možnost následné úpravy

V případě využití odpadních látek jako plniv, je důležitým parametrem možnost jejich úpravy tak, aby z nich vznikly vhodné druhotné suroviny. Tím je myšleno např. dočištění, drcení, mletí, třídění apod.

4.2.1.7 Dostupnost, dlouhodobost

Dostupnost a dlouhodobost jsou základními kritérii pro výběr daného plniva. Dostupnost je kritériem, které lze vyhodnotit poměrně snadno. Je závislé na vzdálenosti, převládající třídě komunikace, atd. Při využití druhotných surovin je žádoucí využít tyto v rámci České republiky, tedy tak, aby byla způsobena co nejmenší ekologická stopa.

Na dlouhodobost se dá usuzovat z pohledu dostatku a typu surovin pro výrobu primárního produktu. Například, zda se nejedná o nerostné suroviny, jejichž zásoba je omezena na krátký časový úsek, nebo zda suroviny nejsou látky, které významně poškozují výrobu či užíváním životní prostředí a bude s velkou pravděpodobností docházet k redukci jejich produkce. Dalším kritériem je typ aplikace. Z tohoto pohledu se nestalo zajímavou odpadní surovinou obrazkové sklo, které bude dostupné po poměrně omezenou dobu. Důvodem je masivní náhrada televizí s klasickou obrazovkou plazmovými či LCD televizory. Dlouhodobost zdroje je tedy myšlena minimálně na dalších 5 - 10 let od ukončení vývoje. [8]

4.2.1.8 Stabilní kvalita a složení plniva

Kvalita plniva je relativní pojem a bude zhodnocena v rámci testování. Kvalitou je myšlen zejména poměr příměsí vůči hlavní složce plniva, vlhkost, atd. Stabilita složení je velmi důležitým kritériem pro výběr druhotné suroviny / odpadu jakožto plniva. U tohoto typu surovin se počítá s jistou mírou nestability složení a s více komponentním souborem částic co se do velikosti, tvaru či chemického složení týče. Rozmezí zvolených parametrů by mělo být producentem odpadu garantováno, aby nedocházelo k neustálé potřebě reformulovat receptury na základě změněných či kolísajících parametrů plniva. Pokud jsou známy mezní hodnoty granulometrií, vlhkostí atd. tak je možno vzít je v potaz již v průběhu formulace.

Na tento typ surovin, je nezbytné vždy provádět důkladnou vstupní kontrolu. Ačkoli by měla být kvalita suroviny producentem garantována, tak se nejedná o primární produkty a jejich kvalita není proto pro producenta stěžejní. Vždy bude v tomto případě stěžejní kvalita primárních surovin. Kvalita sekundárních surovin či odpadů může kolísat vlivem mnoha vlivů, které je schopen pojmenovat pouze producent. V rámci výběru suroviny by měla být stabilita kvality odpadu/druhotné suroviny konzultována s producentem, jelikož jakožto odborník v dané oblasti průmyslu, je schopen toto odhadnout. [8]

4.2.1.9 Mechanické parametry plniva

Mechanickými parametry je míněna zejména pevnost v tlaku daného plniva. Pevnost v tlaku musí u podlahových hmot odpovídat alespoň pevnosti v tlaku epoxidového souvrství. V případě, že pevnost v tlaku plniva bude výrazně nižší, tak bude docházet k jeho degradaci mechanickým zatěžováním a tím k destrukci a selhávání celého podlahového souvrství. [8]

Pevnost v tlaku standardních epoxidových hmot je v intervalu 50 – 60 MPa. Pevnost v tlaku standardních betonových podkladů je cca 20 MPa. Je vždy třeba, aby tloušťka podlahy korespondovala nejen s předpokládaným mechanickým zatížením, ale také s únosností podkladního betonu, aby nedocházelo k destrukci betonového podkladu pouhým standardním používáním podlahy.

Pomůckou pro stanovení tloušťky podlahové vrstvy může být následující tabulka znázorňující obecný vztah mezi zatížením podlahy, plochou, na kterou se zatížení v podkladu rozkládá a výsledným zatížením podkladu při dané tloušťce podlahové vrstvy tvořené hmotou od firmy Lena Chemical s.r.o. Pro správnou funkčnost epoxidové podlahy nesmí zatížení podlahové vrstvy Lena překročit zatížení uvedené v Materiálovém listu příslušné hmoty a tloušťka této vrstvy musí být taková, aby nedocházelo k překročení únosnosti podkladu, např. betonové desky. [8]

Zatížení podlahy v tlaku (N.mm ⁻²)	Tloušťka podlahové vrstvy Lena (mm)	Plocha rozkladu zatížení na podklad (mm ²)	Zatížení podkladu v tlaku (N.mm ⁻²)
100	0,0	1,0	100,0
100	0,5	1,2	82,5
100	1,0	1,4	69,3
100	2,0	2,0	51,0
100	3,0	2,6	39,0
100	4,0	3,2	30,8
100	5,0	4,0	25,0
100	6,0	4,8	20,6
100	7,0	5,8	17,3
100	8,0	6,8	14,7
100	9,0	7,8	12,7
100	10,0	9,0	11,0

Tab. 6 – Tloušťka epoxidové podlahy

4.3 Další komponenty obsažené v ochranných polymerních systémech

Tyto materiály slouží jako pomocné látky pro probarvování polymerů, nebo napomáhají při zpracování materiálu. Jedná se především o pigmenty - zde jsou převážně použity stabilní anorganické pigmenty, a to jak přírodní, tak i syntetické. Pomocné látky – zejména přísady pro usnadnění disperze pigmentů a plniv, aditiva upravující funkčnost, konzervační látky, hydrofobní přísady atd.

Ochranné materiály, vyrobené průmyslově v továrně jsou dobře vyváženou kombinací všech prvků, které vykazují optimální zpracovatelnost, fyzikální a mechanické vlastnosti.

5. TECHNOLOGICKÝ POSTUP APLIKACE OCHRANNÝCH POLYMERNÍCH SYSTÉMŮ

Správné dodržení technologického postupu při aplikaci ochranných polymerních systémů má zásadní vliv na jejich výslednou kvalitu, dlouhodobost a očekávané ochranné vlastnosti. Je důležité splnit všechny technologické kroky doporučené výrobcem materiálu, ať už se jedná o přípravu podkladu, mísení ochranného materiálu, jeho aplikaci či jeho následné ošetřování.

5.1 Výběr vhodného ochranného polymerního materiálu

Jedním z prvních kroků je správný výběr ochranného materiálu, který je především závislý na faktorech popsanych v této kapitole. Mimo jiné je vhodné znát druh i stav podkladu a stanovit provozní podmínky konstrukce tzn. mechanické

zatížení, chemické a tepelné zatížení, popř. další požadavky na bezpečnost, estetiku či omezení pro realizaci, apod.

5.1.1 Druh podkladu, jeho kvalita

Pro správnou funkci ochranného polymerního systému je důležitý druh podkladu, jeho stabilita a spojení se základní konstrukcí, pevnost podkladu, případně výskyt trhlin. Vhodný podkladový povrch musí plnit několik zásadních podmínek, které zajistí kvalitní spojení ochranného materiálu s podkladní vrstvou a tím jejich dobré spolupůsobení. Podkladní povrch by měl být pevný, únosný, homogenní a dobře spojený s nosnou konstrukcí, dále čistý prachu, mastnot a všech dalších nečistot, které mohou působit jako separátor. Neměl by obsahovat velké množství pórů a jeho maximální zbytková vlhkost by neměla převýšit 4 %.

Ochranné materiály je všeobecně možno použít na beton, dlažbu, teraco, kov, dřevo apod. Jelikož se tato disertační práce zabývá ochrannými prostředky na betonové konstrukce, jsou níže zmíněny jen tyto podklady.

5.1.1.1 Nové betonové desky a betonové mazaniny

Aby se vysoká mechanická pevnost finální ochranné vrstvy náležitě využila, měla by být betonová mazanina s ocelovou výztuží speciálně strojně vyhlazena (zagletována) a ve výsledku musí dosáhnout nejméně stejné pevnosti jako podkladový beton, tj. pevnost v tlaku 30 N.mm^{-2} a více. Mazanina by měla být vytvrzená cca 28 dní s max. zbytkovou vlhkostí do 4 %. Pevnost jejího povrchu by měla být min. $1,5 \text{ N.mm}^{-2}$ (při odtrhu). Doba zrání betonu závisí na druhu použitého cementu, obsahu vody v betonové směsi, tloušťce vrstvy a okolním klima; zpravidla jsou to čtyři týdny.

Požadovaná rovinnost dokončeného povrchu závisí na síle ochranné vrstvy, která činí do 1 mm pro nátěry, 2-3 mm pro samonivelační stěrky a 4-10 mm pro maltové stěrky aplikované ručně, přičemž rovinnost podkladu má být dodržena dle ČSN 74 45 05 Podlahy – společná ustanovení nebo DIN 18 202, která řeší povolené odchylky rovinnosti v tab. 3, řádku 3. [6]

5.1.1.2 Staré betonové desky a betonové mazaniny

Důležitá je dostatečná adheze stávající betonové mazaniny k základní konstrukci, která je snadno zjištělná poklepem kladívka a také pevnost betonové mazaniny, kterou lze ověřit provedením odtrhové zkoušky – která by měla dosáhnout min. $1,5 \text{ N.mm}^{-2}$ nebo orientačně Schmitovým kladívkem. Vlhkost je snadno změřitelná vlhkoměrem.

Povrchy podlah, které byly po dlouhou dobu pod vlivem hluboko pronikajících látek, např. mýdla, cukru nebo tuků apod., musí být odstraněny nejlépe plamenem či chemickým odmaštěním s následným mechanickým očištěním povrchu a okamžitým opatřením vaznou hmotou za účelem eliminace vzlínání

znečišťujících látek. Praskliny nebo díry musí být vysekány, vyčištěny vysátím, opatřeny adhezí vrstvou a vyplněny vysoce plněnou polymerní maltou. Závěrem je nezbytná mechanická úprava povrchu, tj. vytmelení a vyrovnaní, nejlépe broušením. [6]

Metody přípravy podkladu jsou podrobně popsány v kapitole 5.2. *Příprava podkladu.*

5.1.2 Provozní podmínky konstrukce

Mechanické zatížení - Při návrhu a výběru ochranného prostředku je důležité znát očekávané zatížení povrchu. Na vodorovné konstrukci je to statické zatížení (tlak) a dynamické zatížení (oděr, smyk, ohyb, apod.)

Druh dopravy - při provádění ochranných prostředků na betonové vodorovné konstrukce, které budou zároveň plnit funkci průmyslových podlah, je důležité brát v potaz následný druh dopravy. Od tohoto se odvíjí volba tvrdosti i barevnosti materiálu.

Vliv teplot - vnější nebo vnitřní prostředí, očekávané rozpětí teplot, rychlé změny teplot atd. Všechny tyto parametry ovlivňují volbu materiálu z hlediska mrazuvzdornosti, trvanlivosti a odolnosti vůči povětrnostním vlivům, resp. UV záření.

Chemické zatížení - je uvažováno především v potravinářském, chemickém průmyslu a je důležité před výběrem ochranného materiálu stanovit druhy působících chemikálií, jejich koncentrace, jejich teploty a délku styku s ochranným materiálem.

Metody čištění a intervaly čištění - např. smetákem, škrabkou, tlakovou vodou, párou, atd.

Vyžadované bezpečnostní faktory - tyto faktory mají vliv jak na výběr pojivové, tak plnivé složky výsledného ochranného systému. Dále jsou v závislosti na požadavcích na bezpečnost do systému přidávány další příměsi a přísady zajišťující jejich výsledné bezpečnostní vlastnosti, jako např. protismyk, antistatické vlastnosti, hořlavost, hygienické požadavky apod.

Vzhledové požadavky - převážně průmyslové podlahy mohou být vyžadovány v barevných odstínech. Výrobní firmy většinou nabízí širokou škálu barevných odstínů, prováděcí firmy jsou pak schopny vytvořit estetické podlahy proléváním několika odstínů apod.

Plánovaný finanční rozpočet - v neposlední řadě je nutno při výběru vhodného ochranného prostředku uvažovat o plánovaném finančním rozpočtu a volit tak kombinaci kvalita / cena dle individuálních možností investora.

5.2 Příprava podkladu

Jak již bylo uvedeno výše, podklad pod ochranné prostředky, ať už nátěry, stěrky či průmyslové podlahy musí být suchý, hladký a zbavený všech nečistot.

Správnou technologii provádění volíme na základě typu podkladní vrstvy a míry jejího poškození. Existuje několik možností přípravy podkladu:

Broušení - odstranění tenké nesoudržné či znečištěné povrchové vrstvy, otevření kapilární struktury a vyrovnaní povrchu po tmelení.

Frézování - odstranění vrstvy podkladního betonu tam, kde je nutno využít mechanického spojení podlahy s podkladem.

Pískování - dnes se používá již jen zřídka, tato metoda je výhodná pro kovové povrchy, protože kov čistí i od koroze.

Tryskání - kovem se používá pro čištění kovových, betonových i dalších povrchů; tryskání za mokra je vhodné pouze pro beton, ne pro kov. Tryskací médium (písek) je společně s odstraněným betonem odstraněn vodou. Tryskání vodou je používáno na beton, kdy je pod vysokým tlakem (200-800 barů) stříkána voda.

Ošetření plamenem - čištění betonu plamenem se používá, je-li povrch kontaminován oleji, mastnotami, zbytky nátěrů a podobnými organickými látkami.

Rotující kartáče - nejsou vhodné pro odstranění cementové vrstvičky z povrchu betonu, ale lze je použít pro jemné povrchové očištění betonů.

Chemická příprava podkladu - zředěné anorganické nebo organické kyseliny (např. HCl, $4\text{H}_3\text{PO}_4$) lze použít k odstranění cementové vrstvičky nebo malty z poškozeného betonu, ale použití těchto technologií není doporučováno.

Neutralizace látek infiltrovaných do povrchu - používá se po prvním otryskání povrchu, který již má otevřenou strukturu.

Zpevňující netlaková celoplošná injektáž - po přípravě podkladu a očištění povrchu se aplikuje tzv. vazná hmota, která se částečně vsakuje do podkladu, přičemž vytváří: a) vaznou vrstvu pro podlahu, b) utěsnění pórů a vlasových trhlinek. [6]

5.3 Příprava a aplikace jednotlivých vrstev ochranných systémů

5.3.1 Mísení

Pro vazné vrstvy, nátěry, stěrky a malty je vhodné použít pomalu-otáčkové míchadlo (do 300 ot/min) s oběžnicovým pohonem, tj. pohyblivou lopatou a pevnou nádobou. Směs se v něm připraví dle daného míšícího poměru během 3 – 6 minut s kapacitou do 200 litrů. Je výhodné po cca 3 minutách směs přelít do jiné nádoby a mísení opakovat. Důležité je pomalé míchání, aby do směsi nebyl zbytečně zamíchán vzduch.

Pro polymerbetony je vhodné použít pomalu-otáčkovou míchačku s rotujícím bubnem a pevnou lopatkou, tento typ je obvykle levnější a má výhodu v tom, že se díky pevné lopatce do směsi nezamíchá tolik vzduchu. Dobu míchání je nutné ve všech případech odzkoušet. V případě tříložkových systémů se do

míchadla naleje nejdříve pryskyřičný systém a smícháním se dosáhne vytvoření homogenní směsi. Teprve pak se přidá směs písku. [6]

5.3.2 Doba zpracovatelnosti

Vždy se namíchá jen takové množství, aby se stihlo zpracovat během doby zpracovatelnosti směsi uvedené v materiálovém listu. Velikost dávky se spočítá z doby zpracovatelnosti směsi a rychlosti, jakou lze vrstvu pokládat, teploty hmoty a okolí.

Dobu zpracovatelnosti lze prodloužit rychlou pokládkou podlahové směsi, jelikož teplo produkované při reakci pryskyřice a tvrdidla podklad snadno pohltí a tím se oddálí doba začátku gelace. [6]

5.3.3 Aplikace jednotlivých vrstev

Vazná vrstva – primer (penetrace) - Primerování (penetrace) betonu před opravou nebo aplikací podlahového systému je nutné považovat za nejdůležitější část prací. Lze je přirovnat k základům budovy, které jsou klíčové pro integritu stavby. Je důležité uvědomit si, proč je primer tak významný a naučit se nejlepší postup pro vykonávání této specifické práce (aplikovat gumovou stěrkou).

Naprimovaný povrch musí být bez pórů i za cenu dvojvrstvého primerování. Pokud se z jakýchkoliv příčin realizuje dvojvrstvá vazná hmota čili primer, nebo se pokládají další vrstvy podlahového souvrství, je nutno, aby další vrstvy byly aplikovány v čase uvedeném v materiálovém listu příslušného primeru či podlahové hmoty. V opačném případě je vhodné povrch posypat suchým a čistým křemičitým pískem 0,2-0,5 mm nebo před aplikací vrchní vrstvy povrch přebrousit a vyčistit vysátím za účelem zvýšení adheze s další aplikovanou vrstvou.

Současně je nutno mít na paměti, že pro různé typy podkladů se používají různé typy primerů. [6]

Tmelení - Po vytvrdnutí vazné hmoty je potřebné povrch kontrolovat a případné póry či defekty přetmelit tmelem ze směsi thixotropního činidla (Aerosil) a primeru nebo vlastní podlahoviny. V případě velkých defektů je vhodné do připraveného tmelu přidat i čistý a suchý křemičitý prach jako plnivo. Po jeho vytvrzení, v případě potřeby vyrovnat povrch přebroušením a vyčistit vysátím. [6]

Nátěry - Nátěry se nanášejí na připravený podklad nejlépe lakovacím (velurovým) válečkem s velmi krátkým chlupem, nástřikem Airless, štětcem, apod., nejlépe ve dvou až třech vrstvách, čímž se vytváří povrch, který do jisté míry kopíruje podklad a dosahuje tloušťky do 1 mm. Některé nátěry lze aplikovat i stěrkováním v tloušťce do 1 mm s následným převálečkováním plastovým, tzv. odvzdušňovacím válečkem, který pomůže odstranit přebytečný vzduch z podlahoviny. [6]

Samorozlévací podlahové stěrky - Samorozlévací stěrky se obvykle pokládají v tloušťce 2 - 3 mm. Vrstvy s velmi malým obsahem plniva lze pokládat pomocí ozubeného hladítka, kdy se směs nejdříve v pruzích rozlije a poté se okamžitě hladítkem rovnoměrně roztáhne po celém povrchu. Čáry zanechané hladítkem se samovolně slijí, ale lze jim pomoci válečkováním ozubeným plastovým tzv. od vzdušňovacím válečkem, který napomáhá odstranit přebytečný vzduch z podlahoviny.

Tam, kde je vyžadován protismyk, lze ještě tekutou vrchní vrstvu posypat křemičitým pískem, drtí z karbidu křemíku nebo podobným materiálem o frakci 0,3-0,8 mm a po vytvrzení tzv. zapečetit opětovným nátěrem či přestěrkováním rovnou stěrkou stejnou podlahovinou. [6]

Samorozlévací malty - Tekuté malty lze pokládat v tloušťce 3 – 6 mm pomocí stěrky bez nebo s hrubými zuby (závisí na množství a frakci obsaženého plniva), kdy se směs taktéž nejprve v pruzích rozlije a poté se okamžitě hladítkem rovnoměrně roztáhne po celém povrchu. Čáry zanechané hladítkem se částečně samovolně slijí, ale je vhodné jim pomoci válečkováním ozubeným plastovým tzv. od vzdušňovacím válečkem, který napomáhá odstranit přebytečný vzduch z podlahoviny. Maltové podlahové vrstvy vytvrdnou do hladkého, hutného povrchu s jednotným vzhledem. Maltové podlahové vrstvy se používají především tam, kde jsou požadavky nejen na vysokou mechanickou pevnost, protismykovou schopnost, chemickou odolnost, ale i estetický vzhled. [6]

Maltové vyrovnávací potěry netekuté - Pro podlahy, které budou vystaveny maximálnímu mechanickému zatížení, se doporučují polymermaltové vyrovnávací potěry s poměrem pojivo : plnivo od 1 : 8 do 1 : 12. Maltové vyrovnávací potěry se obvykle pokládají ve vrstvě nejméně 5 mm vysoké a poté, co byl podklad naprimerován.

Netekutý maltový vyrovnávací potěr se nanáší běžnými zednickými nástroji, ale i strojně okamžitě po aplikaci vazné vrstvy a předtím, než začne gelovatět. Ručně zpracované malty nelze zcela zhutnit a zatáhnout jejich povrch, a proto po vytvrzení jsou stále porézní. Povrch je proto nutné před používáním zapečetit nátěrovou hmotou či stěrkou. [6]

5.3.4 Přehled nejčastějších chyb při pokládání a opravách podlah a aplikaci nátěrů

Pro získání kvalitního ochranného systému vodorovných betonových konstrukcí je nezbytné správně vybrat nejvhodnější materiál a dále dodržovat doporučené postupy výrobce. Následující *Tab. 7 a 8* shrnují nejčastější chyby a jejich následky, ke kterým dochází při výběru a následném pokládání polymerních podlah či aplikaci nátěrů. Nejčastěji dochází k chybám u průmyslových polymerních

podlah, které jsou složeny z více vrstev. Je nutné se těmto problémům vyvarovat a v rámci možností jim předcházet.

Chyby při pokládání a opravách podlah	Následky
Nesprávná volba tloušťky podlahové vrstvy k danému tlakovému zatížení.	Destrukce podlahy vlivem překročení mechanického odolnosti hmoty, destrukce podkladního betonu vlivem volby tenké vrstvy podlahy = nedostatečný plošný rozklad tlakových sil do podkladu.
Nesprávná volba ochranného materiálu nebo skladby podlahové vrstvy k danému mechanickému zatížení.	Rychlé opotřebení podlahy vlivem nadměrného obrušování.
Nesprávná volba hmoty k chemickému zatížení.	Destrukce nebo rychlé opotřebení podlahy vlivem překročení chemické odolnosti hmoty.
Nesprávná volba hmoty k tepelnému zatížení.	Destrukce nebo rychlé opotřebení podlahy vlivem překročení tepelné odolnosti hmoty.
Nesprávná volba podkladu nebo jeho nesprávné zhodnocení.	Destrukce podlahy vlivem nedostatečné pevnosti podkladu, praskání podlahy (u podlah majících např. průhyb), jestliže nebyla použita elastická hmota.
Nesprávná volba technologie nebo nesprávné provedení přípravy podkladu.	Destrukce podlahy vlivem její nízké přilnavosti k podkladu.
Nedodržování doporučených teplot podkladu, hmoty a okolí či změna teplot následkem průvanu.	Nedosažení požadovaných estetických parametrů podlahy, vznik důlků, proláklín, vrásnění, přechod od lesku do matu. Vznik kráterků či bublin po nedostatečném odvětrání hmoty, apod. Nedosažení požadovaných mechanických a chemicko - tepelných parametrů čili odolností podlahy.
Nedodržování pravidla o rosném bodu - kondenzace vzdušné vlhkosti na podklad či podlahu.	Nedosažení požadovaných estetických parametrů podlahy především přechod od lesku do matu až k bílým flekům. Při vícevrstvých podlahách destrukce vlivem delaminace jednotlivých vrstev podlahy.
Použití nevhodné vazné vrstvy čili primeru, kombinování hmot od různých výrobců.	Dochází k nedokonalému spojení vrstev a poškození podlahy, např. vlivem rozdílu teplot, vlhkostí apod.

Tab. 7 – Přehled nejčastějších chyb při pokládání a opravách podlah

Chyby při aplikaci nátěrů	Následky
Nesprávná volba hmoty k provoznímu zatížení.	Destrukce nebo rychlé opotřebení nátěru vlivem překročení odolnosti hmoty.
Nesprávné zhodnocení podkladu.	Destrukce nátěru vlivem nedostatečné pevnosti podkladu.
Nesprávná volba technologie nebo provedení přípravy podkladu.	Destrukce nátěru vlivem jeho nízké přilnavosti k podkladu.
Nedodržování doporučených teplot podkladu, hmoty a okolí či náhlých změn teplot.	Vznik porytí, důlků, proláklín, vrásnění, přechod od lesku do matu, apod. Nedosažení požadovaných mechanických a chemicko -tepelných parametrů čili odolností nátěru.
Nedodržování pravidla o rosném bodu - kondenzace vzdušné vlhkosti na podklad či nátěr.	Nedosažení požadovaných odolností nátěru - při vícevrstvých nátěrech destrukce vlivem delaminace jednotlivých vrstev povlaku.

Tab. 8 – Přehled nejčastějších chyb při aplikaci ochranných nátěrů

6. ODPADY VE STAVEBNICTVÍ A PRŮMYSLU

Odpad definujeme ze subjektivního hlediska jako věc, které se chce majitel zbavit, nebo objektivně jako movitou věc, jejíž odstranění (zneškodnění) je nutné z hlediska péče o zdravé životní podmínky a ochrany životního prostředí. Odpady se rozdělují na nebezpečné (vyžadují zvláštní režim nakládání), na ostatní odpady (většinou inertní, vždy však neohrožující životní prostředí) a na komunální odpady. Je vytvořen obor odpadové hospodářství, zahrnující činnosti zaměřené na předcházení a omezování vzniku odpadů a na nakládání s odpady (tj. shromažďování, přeprava, skladování, zneškodňování, sběr, výkup, úprava, třídění, zpracování a využívání odpadů jako zdrojů druhotných surovin). Druhotná surovina je materiál získaný z odpadu, způsobilý k dalšímu využití, takže dochází k recyklaci, opětovnému vracení do materiálového cyklu většinou s výrazným ekologickým a někdy i ekonomickým efektem. [18]

Důležitou oblastí nejen oboru stavebnictví, ale veškerého průmyslu je snaha o co nejefektivnější a nejšetrnější využívání surovinových zdrojů vzhledem k jejich míře neobnovitelnosti, z čehož vyplývá například redukce přebytků stavebních hmot na staveništích, stavebních odpadů. Jejich eliminace je docílena recyklováním nebo využíváním velkoobjemových průmyslových odpadních materiálů, které lze s jistým

efektem využít ve stavebnictví jako pojiva, přísady a plniva zejména pro výrobu lehkých a lehčených umělých kameniv, různých druhů betonů nebo betonových výrobků, suchých směsí, nátěrů apod. Tímto způsobem lze použít různé typy produktů spalování, strusek z hutního průmyslu, recyklovaný stavební odpad, zbytky z těžby a dobývání nerostných surovin, odpad z výroby skla, kaly, slévárenské písky, odpadní sádrovce, odpadní jíly, dřevní odpad aj. Hlavním důvodem, proč se dostávají odpadní materiály do popředí zájmu, jsou tyto tři aspekty:

- **Environmentální** – znečišťování životního prostředí, nedostatek ploch pro zakládání skládek, únik nebezpečných látek, omezení exploatace primárních nenahraditelných zdrojů atd.
- **Zdravotní** – vliv na kvalitu života obyvatel v blízkosti skládek, spaloven či průmyslných objektů, kde je v souvislosti s předchozím hlediskem možnost poškození lidského zdraví
- **Ekonomický** – ubývání zdrojů, které mohou být znovu využity, zvyšování nákladů při těžbě surovin, náklady na skládkování, spalování či dodatečného řešení starých zátěží atd.

6.1 Využití průmyslových odpadů ve stavebnictví

Odpadní materiály mohou být v ideálním případě jako druhotné suroviny významně přínosné z technologického, environmentálního i ekonomického hlediska. Lze je použít jako náhradu klasické (primární) suroviny, nebo se vnášejí do technologie cíleně, a to díky vlastnostem, které mohou zlepšit výsledné parametry spolu s běžnou surovinou. Některé materiály jako energosádrovec jsou schopné zcela nahradit přírodní materiály, přičemž u nich odpadají náklady spojené s těžbou.

Využívání odpadních materiálů ve stavební výrobě však vyžaduje vyřešení celé řady problémů. Odlišný charakter jednotlivých odpadů znamená především široké spektrum různých vlastností, které ovlivňují charakter budoucí stavební hmoty. Obecně lze pro stanovení využitelnosti rozdělit odpadní materiály do následujících kategorií:

- **Ekologicky inertní odpadní materiály** – jsou produkovány v největších objemech a nejsou zdravotně závadné. Jejich fyzikální a chemické vlastnosti nesplňují všechny požadavky pro využití v běžné výrobě. Cílem je jejich zapracování do stavebních produktů vhodných užitných vlastností.
- **Odpadní materiály s obsahem toxických složek** snáze zpracovatelných jsou produkovány ve velkých objemech. Přestože obsahují toxické složky, jsou po stránce fyzikálních a chemických vlastností vhodné pro běžnou výrobu. Cílem je zajistit stabilizaci toxických složek v pevné matici výsledné hmoty;

- Odpadní materiály s toxickými složkami obtížně zpracovatelnými jsou produkovány v menších, ale stále významných objemech. Kromě obsahu toxických složek nesplňují jejich fyzikální a chemické vlastnosti většinu požadavků pro využití v běžné výrobě. Proto je lze využívat pouze v malých množstvích a jejich zpracování je náročné po ekologické i ekonomické stránce. Cílem je stabilizace toxických složek v pevné matici a dobrá technologická zpracovatelnost výsledné hmoty.

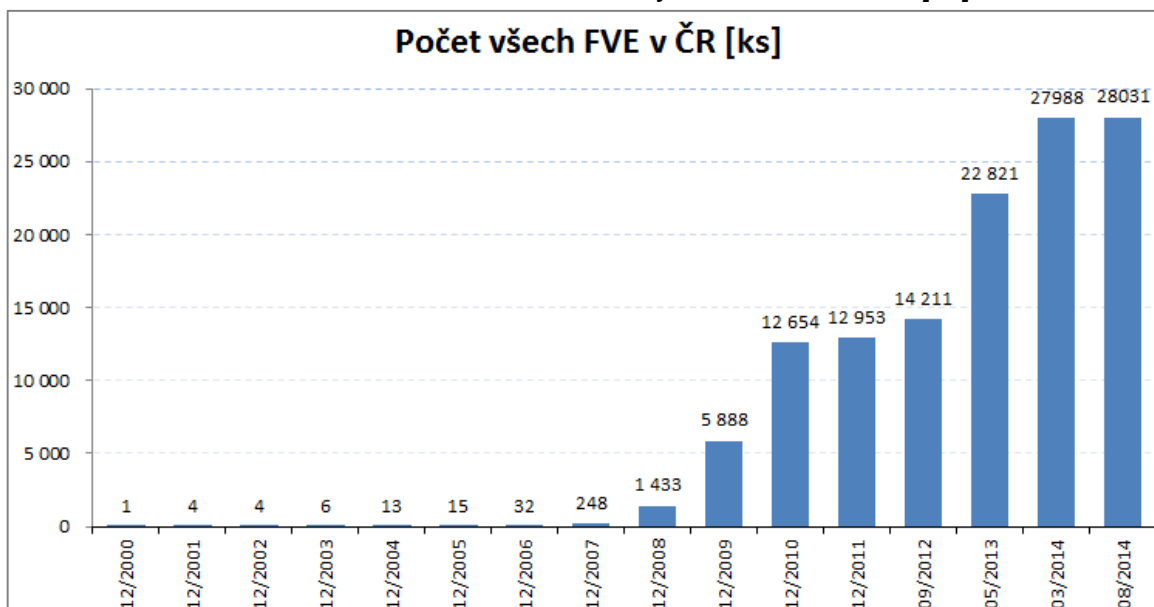
Mezi odpady, jejichž vznik je stále aktuální, patří především sklo. Do budoucna je předpoklad vzniku odpadního skla z fotovoltaických a fototermických panelů, které jsou v České republice ve velkém objemu instalovány jako fotovoltaické elektrárny.

6.2 Recyklace odpadů z fotovoltaiky

Česká republika se díky podpoře obnovitelných zdrojů řadí na špičku ve výrobě solární energie v Evropě. Ze statistik Evropské fotovoltaické průmyslové asociace vyplývá, že vyšší výkon fotovoltaiky na obyvatele mají pouze solární elektrárny v Německu a v Itálii. [19]

Největší nárůst fotovoltaických elektráren, v ČR nastal od roku 2009, kdy byly EU přiznány dotace na jejich výstavbu. Průběh vzniku fotovoltaických elektráren v ČR znázorňuje následující obrázek:

Obr. 2 – Průběh vzniku fotovoltaických elektráren v ČR [21]



Největší počet instalovaných fotovoltaických elektráren je v Jihomoravském kraji. V následujících kapitolách jsou popsány druhy fotovoltaických a fototermických panelů, využívaných v České republice.

6.2.1 Rozdělení fotovoltaických systémů

Fotovoltaické (solární) panely (FV) - jsou tvořeny solárními články, zapojenými v sérii nebo paralelně v systému FV generátoru, které obsahují polovodičové nebo organické prvky, které mění světelnou energii v energii elektrickou. [22]

FV jsou v ČR instalovány od různých výrobců a v mnoha typech. Panely jsou v závislosti na způsob výroby a dosahující účinnosti monokrystalické (účinnost 14 – 18 %), polykrystalické (účinnost 12 – 15 %), amorfnní (účinnost 12 – 15 %), plošné atd. [23]

Fototermické panely (FT) - (též nazývané kolektory) využívají sluneční energii pro získávání tepla. Fototermické kolektory jsou většinou zapojeny do solárních tepelných soustav v podstatě vždy s akumulací tepla pro vyrovnání produkce a odběru tepla.

Fototermické kolektory mají účinnost, která je mnohem vyšší nežli u FV a dosahuje 40 - 60 %, vyrábějí se jako trubcové či deskové.

Využití FT v České republice není tak rozšířeno jako využití solárních panelů. Kolektory jsou využívány většinou v menších objemech u rodinných domů.

6.2.2 Materiály použité ve fotovoltaiice

Evropská unie a její členské státy řídí ambiciózní program, který se snaží snižovat množství odpadů a zvyšovat účinnost zdrojů v řadě průmyslových odvětví. Se zpětným odběrem a recyklací FV panelů, může FV průmysl splnit tyto cíle a umožňuje obnovu důležitých materiálů, které mohou být použity pro výrobu nových materiálů a výrobků.

Sklo - dnes většina FV technologií používá sklo, aby se zabalily tenké vrstvy polovodičových materiálů, chrání je před životním prostředím a dává je do praktické formy. Přibližně 70 – 80 % z váhy modulu tvoří sklo, většinou s vysokým obsahem čistého křemíku. [34]

Kovy a plasty - fotovoltaické moduly obsahují železné a neželezné kovy, plasty na propojení, dráty, rámy nebo lamináty. Asi 10 % z celkové hmotnosti FV modulu pochází z kovů, zejména je zastoupen hliník a měď.

Polovodiče - zajišťují, že FV solární moduly mohou vytvářet energii pomocí přeměny slunečního světla na elektřinu. Polovodičové materiály tvoří přibližně 1 až 2 % hmotnosti panelu. Nejčastěji používaný polovodičový materiál pro stavbu fotovoltaických článků je křemík.

Ostatní materiály používané k výrobě fotovoltaických článků jsou tenké polykrystalické vrstvy, jako jsou: měď, indium, selen, kadmium, telur. Díky recyklaci se již obnovila velká část polovodičových materiálů používaných v solárních panelech.

6.2.3 Recyklace fotovoltaických panelů

Recyklace FV je ještě mladé odvětví průmyslu a může pouze vzkvétat. V posledních letech bylo provedeno mnoho inovací a průmysl dále silně investuje do této oblasti. Recyklace spočívá v oddělení různých materiálů, které byly k výrobě panelů použity, a následně pak v jejich vyčištění a opětovném použití druhotných surovin, popřípadě ekologické likvidaci nevyužitelných frakcí. Existují dvě hlavní technologie recyklace solárních panelů - termická a mechanicko-chemická metoda, přičemž zpracovatelské firmy používají jednu z těchto technologií nebo jejich kombinaci. [35]

Termická metoda spočívá v odpaření polymerové části panelu za vysokých teplot. Zbylé křemíkové a kovové součástky jsou pak čištěny a znovu používány v nových panelech. Tato metoda však není dostatečně efektivní, neboť vyžaduje vysoký podíl ruční práce. [35]

Mechanicko-chemická metoda je založena na mechanickém drcení, následné separaci materiálu a loužení. Tento způsob zpracování nabízí podstatně širší průmyslové využití získaných druhotných surovin i mimo fotovoltaický průmysl. [35]

V ČR vznikl neziskově hospodařící kolektivní systém REsolar s.r.o., který byl založen dvěma hlavními asociacemi sdružujícími výrobce solárních panelů a provozovatele FVE (Česká fotovoltaická průmyslová asociace a Aliance pro energetickou soběstačnost), který se zabývá recyklací solárních panelů.

Odborná recyklace odpadu ze solárních panelů je smluvně zajištěna prostřednictvím zpracovatelů vybraných na základě výběrového řízení. V případě, že výnosy z prodeje surovin převýší náklady na zpracování (skladování, separace, třídění, drcení, chemické zpracování...), je toto automaticky promítnuto do ceny za zpracování formou stanovení výkupních cen odpadu. [36]

Recyklace solárních panelů se zajišťuje v souladu s vyhláškou 2012/19/EU. V zahraničních státech je množství recyklovaných solárních panelů mnohem větší než v české republice, kde recyklace solárních panelů zatím není úplně aktuální téma. V některých státech se recyklace solárních panelů pohybuje i okolo 65 %, ale využití recyklátů ze solárních panelů je zatím velmi malé. Za recyklaci je považováno pouze materiálové využití, zatímco za využití se považuje jak materiálové tak i energetické využití odpadu.

Česká republika se zavázala dodržení směrnice EU 2012/19/EU, tedy že od roku 2015 zajistí u solárních panelů při jejich likvidaci, recyklaci minimálně 70 % panelu na druhotné suroviny, dalších 10 % se může využít např. pro výrobu energie a pouze zbylých 20 % lze likvidovat uložením na skládku.

Recyklace FV umožňuje rekuperaci drahých surovin, tedy šetří naše cenné přírodní zdroje. Zvýšením účinnosti zdrojů a snižování odpadů, přispívá k environmentálním cílům Evropské unie. Ve světě se již obnovilo velké procento skla,

železných a neželezných kovů, stejně jako některých polovodičových materiálů používaných v solárních modulech. [39]

6.2.4 Prognóza vzniku odpadu z FV panelů

FV moduly, stejně jako výrobní odpady, musí být zlikvidovány. Vzhledem k velkému počtu různých národních, regionálních a místních, odpadních a právních předpisů pro výrobu a odpady, je situace velmi komplikovaná. Mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují množství odpadu, patří poškození při přepravě, poškození při instalaci, záruka a skutečná životnost fotovoltaických modulů.

Dnes pochází většina vyřazených FV panelů ze špatné instalace nebo jsou to panely, které byly rozbity při dopravě či manipulaci, nebo se jedná o panely, které byly rozbity klimatickými vlivy apod. Proto bude velmi důležité načasování budoucích toků odpadů, které přijde až s koncem životnosti FV panelů. V současné době je v České republice teprve 10 % ze všech používaných FV panelů na konci své životnosti. FV moduly mají technickou životnost 20 - 25 let. Nejmasivnější výstavba významných staveb fotovoltaických zařízení začala v roce 1995, proto se očekává značné množství vyřazených FV panelů v roce 2015 - 2020.

Pro nocení výkonu FV systému se používá označení Wp, resp. kWp, čímž se rozumí špičkový instalovaný výkon při STC (Standard Test Condition) z čehož vyplývá, že vychází z těchto podmínek: sluneční energie dopadá kolmo na FV panel $E = 1000 \text{ W/m}^2$, průzračnost atmosféry $A_m = 1,5$, teplota FV článků $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$. V roce 2007 se na území České republiky nacházelo pouhých 248 fotovoltaických elektráren. Dle energetického regulačního úřadu byl aktualizovaný počet k srpnu roku 2014 stanoven na 28 031 FV elektráren na území ČR. K datu 03/2014 se v České republice nacházelo 525 FV elektráren větších jak 1 MW. Přičemž 1 m^2 fotovoltaické plochy vyrobí ročně přibližně 135 kWh elektrické energie (kWh je jednotka elektrické práce, která vznikne vynásobením výkonu a času, po který energie působí). 1kWp zabere asi 8 - 10 m^2 . Tato plocha je schopna vyrobit asi 1 MWh ročně. Souhrnný instalovaný výkon elektráren v ČR je 2 124 MW.

V přepočtu se jedná o 10,5 mil ks panelů na území ČR, tedy cca 13 440 km^2 , což odpovídá téměř 1/6 rozlohy celé České republiky.

C. CÍL PRÁCE

V dnešní době je problematika produkce odpadů v každodenním životě, ale i ve stavebnictví a dalších průmyslových odvětvích, velmi aktuálním tématem. Produkce odpadů a jejich následná likvidace je celosvětovým problémem, který je v současné době řešen úpravou odpadové legislativy, ale také hledáním nových možností jejich dalšího využití. Jako jedna z možností se nabízí využití odpadů do nově vyvíjených stavebních materiálů.

Tato disertační práce se bude zabývat výzkumem a vývojem progresivních ochranných prostředků na vodorovné betonové konstrukce, které jsou velmi rozvinutou oblastí stavebního průmyslu, jako správkové hmoty, průmyslové podlahy, ochranné a izolační povlaky, chemicky odolné materiály, ale také jako zdravotně nezávadné hmoty do tzv. hygienicky čistých provozů atd.

Z důvodu ekologického myšlení byly již rozpouštědlové hmoty z velké části nahrazeny hmotami bez-rozpouštědlovými a v průběhu posledních deseti let se začaly dostávat do popředí zájmu hmoty vodou-ředitelné. Toto je také důvod, proč budou tyto dva typy hmot vyvíjeny i v této disertační práci. Zatím se vůbec nebo jen velmi zřídka využívají suroviny obsažené v odpadech jako plniva do takovýchto polymerů.

Cílem výzkumných prací prováděných v této disertační práci bude nalezení optimálních receptur polymerních hmot využitelných pro různé účely a aplikace, tedy takových hmot, které budou splňovat vlastnosti požadované pro jejich využití v daném prostředí. Do matrice těchto hmot budou namísto přírodních surovin zakomponovány suroviny druhotné, získané z průmyslových odpadů a dalších odpadů nově vznikajících. V disertační práci se předpokládá, že budou jako plnivo využita především odpadní skla z různých zdrojů, neboť tato se svými vlastnostmi nejvíce blíží konvenčně užívaným plnivům. Zužitkování těchto odpadních surovin povede k úspoře nenahraditelných přírodních zdrojů (jako je například čistý křemičitý písek) a omezení jejich těžby zatěžující životní prostředí.

Důležitou částí výzkumu bude identifikace limitujících faktorů prostředí pro jejich využití a následně volba vhodných vstupních surovin. Po návrhu receptur bude provedeno ověření základních vlastností navržených směsí. Po vyřazení nevyhovujících, budou na některých materiálech provedeny doplňující zkoušky pro stanovení specifických vlastností, jako je např. antibakteriální aktivita či chemická odolnost. Cílem vědeckého výzkumu prováděného v rámci této disertační práce je v neposlední řadě ověření vlivu tvaru částic použitého plniva na výslednou chemickou odolnost ochranného nátěru.

Přínosem práce, který bude mít pozitivní dopad na životní prostředí, bude výhodné použití druhotných surovin.

D. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

7. METODIKA PROVÁDĚNÝCH PRACÍ

Práce bude rozdělena do pěti dílčích částí, tedy etap, v rámci kterých budou postupně řešeny jednotlivé úkoly a cíle práce.

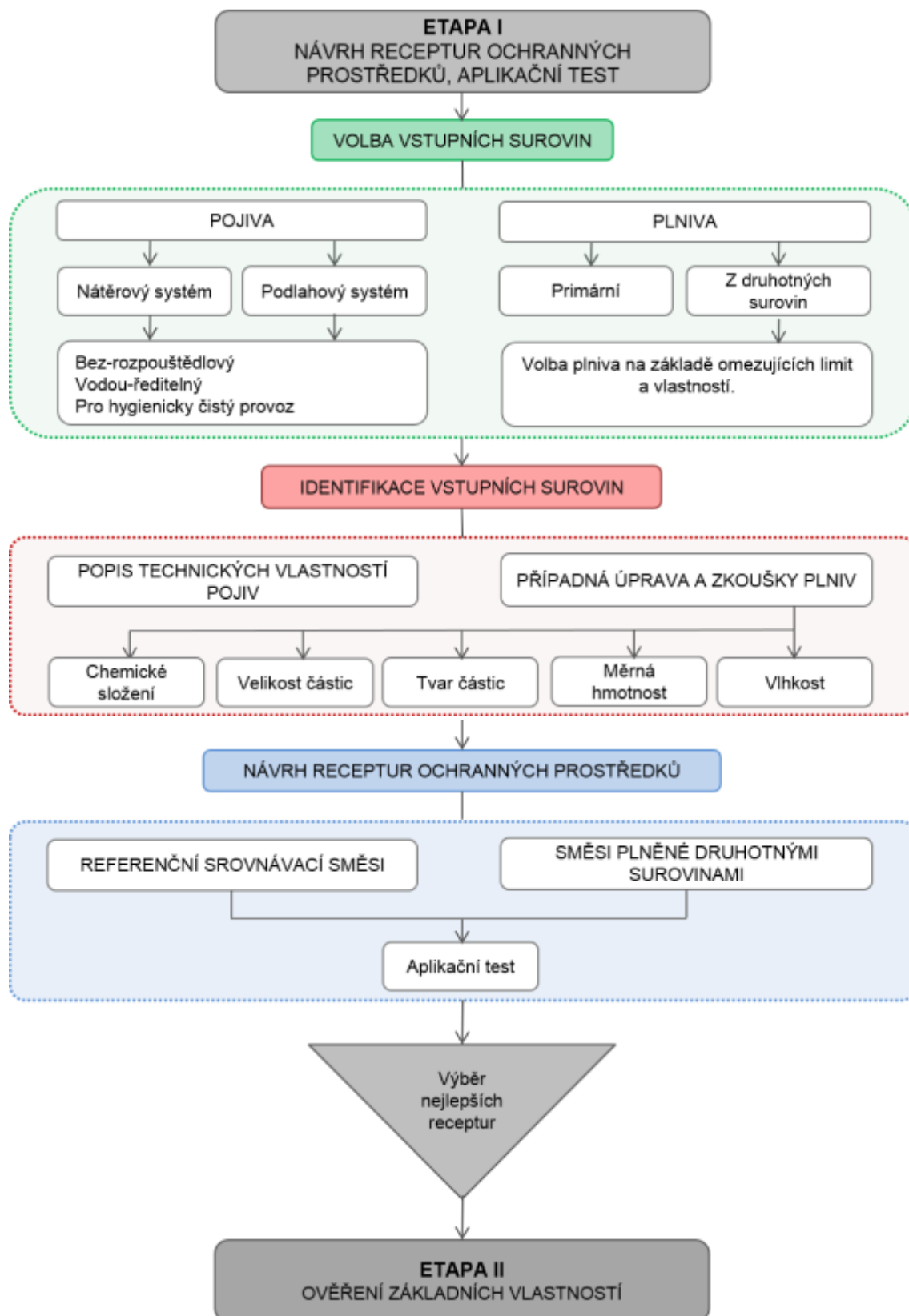
7.1 ETAPA I – Návrh receptur ochranných prostředků, aplikační test

Hlavním cílem této etapy bude návrh receptur polymerních ochranných prostředků na vodorovné konstrukce, plněných druhotnými surovinami. Tyto materiály by měly mít min. takové vlastnosti, které splňují referenční srovnávací materiály pro stejné využití. Na začátku bude důležité vybrat vhodné vstupní suroviny, tedy pojiva a plniva tak, aby splňovala případné limitující faktory a požadované vlastnosti.

Jako pojivové materiály budou využity polymerní, běžně dostupné hmoty, které jsou standardně plněny primárními, přírodními surovinami – tyto budou využity jako referenční srovnávací hmoty. Pro účely vývoje a výzkumu v rámci této disertační práce budou dodány tytéž hmoty bez plniv. Pojivové složky budou na bázi bez-rozpouštědlových a vodou-ředitelných epoxidů. Jako speciální hmoty budou vyvíjeny také materiály pro hygienicky čisté provozy, tedy se speciálními vlastnosti – fyziologicky nezávadné, antibakteriální. Plniva budou volena na základě limitujících faktorů, které budou dále podrobně popsány. V porovnání s běžně používanými plnivami se jako možné vhodné substituce jeví materiály na bázi skla z různých zdrojů. Bude tedy proveden průzkum možných odpadů a jejich využití.

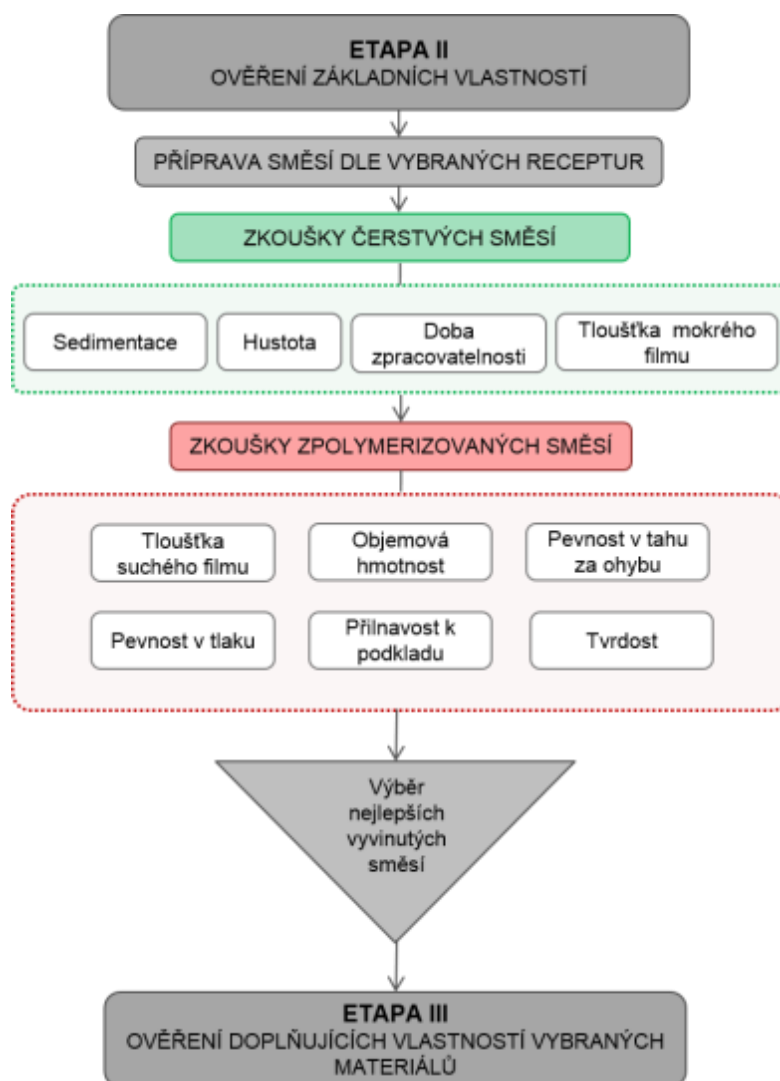
Dalším bodem bude zpracování identifikačních údajů vstupních surovin, zejména tedy popis technických vlastností pojiv, který bude vycházet z technických listů výrobce a také budou po optimalizaci výběru provedeny základní zkoušky plniv (s případnou úpravou plniv – mletí, separace, třídění atd.).

Na základě vybraných vstupních surovin budou navrženy první receptury – předpokládáný je návrh šesti sad receptur, kdy se každá bude odvíjet od jednoho konstantního druhu pojiva a různého procentuálního plnění vybraných pojivových bází různými plnivami (druhotnými surovinami), vždy se bude jednat o celkovou náhradu primárního plniva. Následně bude proveden základní aplikační test, který je nejdůležitějším parametrem pro další výběr nejlepších receptur, které postoupí do další etapy.



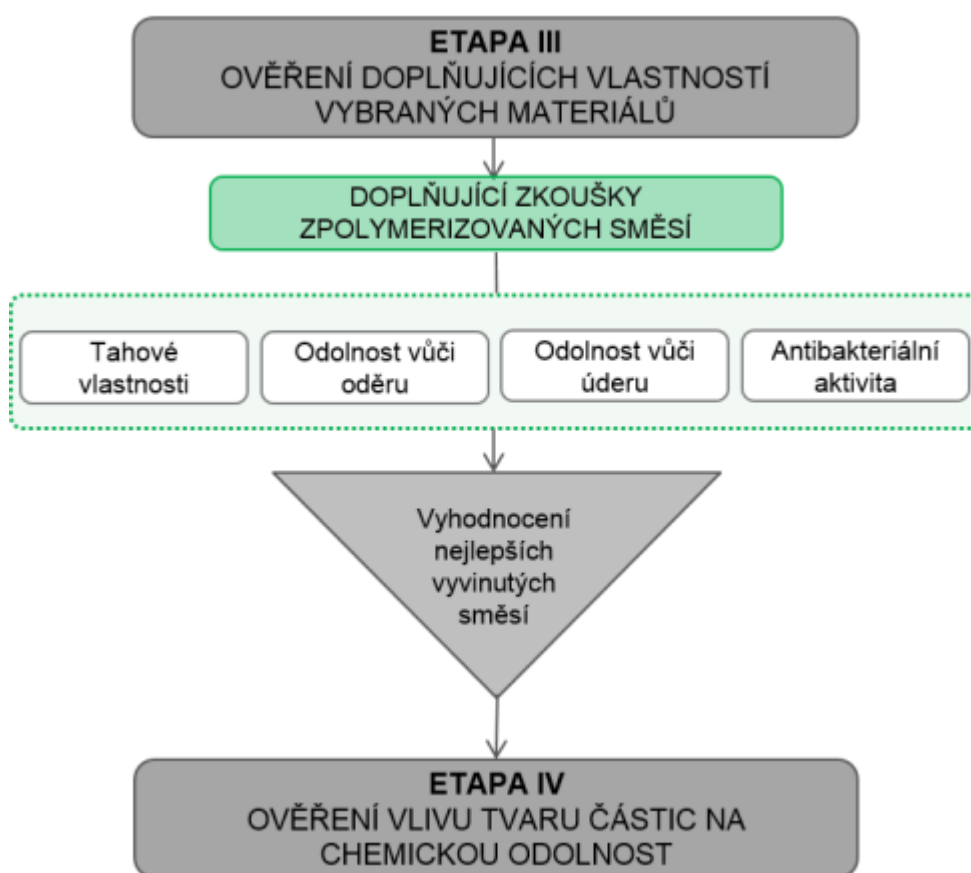
7.2 ETAPA II – Ověření základních vlastností vybraných receptur

V rámci této etapy budou provedeny zkoušky referenčních srovnávacích hmot a nově navržených receptur materiálů plněných druhotnými surovinami. Navržené receptury budou obsahovat jako plniva jen vybrané odpadní materiály v rozmezí 10 – 50 % váhových. Budou provedeny základní zkoušky na čerstvé směsi a dále budou připraveny vzorky a testovány vlastnosti směsí zpolymerizovaných. Po porovnání výsledků budou vybrány směsi hmot s nejlepšími vlastnostmi. V případě potřeby bude provedena optimalizace receptur, kdy budou vyřazeny absolutně nevyhovující receptury směsí. Na prokazatelně vyhovujících recepturách směsí budou dále v další etapě provedeny doplňující zkoušky, které zajistí výsledky pro celkové zhodnocení kvality materiálů a pro vyhodnocení a výběr nejlepších nově vzniklých materiálů.



7.3 ETAPA III – Ověření doplňujících vlastností vybraných materiálů

Jelikož mají některé z vyvíjených materiálů speciální vlastnosti, které by měly zůstat zachovány, budou provedeny zkoušky pro jejich ověření. Jedná se zejména o antibakteriální aktivitu, chemickou odolnost, ale také některé vlastnosti podlahových materiálů, jejichž provedení bylo doporučeno výrobcem pojivových složek. Tyto vlastnosti jsou taktéž uváděny v technických listech referenčních srovnávacích hmot. Jejich ověření je tedy velmi důležité pro případ budoucího komerčního prodeje vyvinutých hmot plněných druhotnými surovinami. Tyto zkoušky budou provedeny na nejlepších vyvinutých směsích, tedy materiálech vybraných v předchozí etapě.

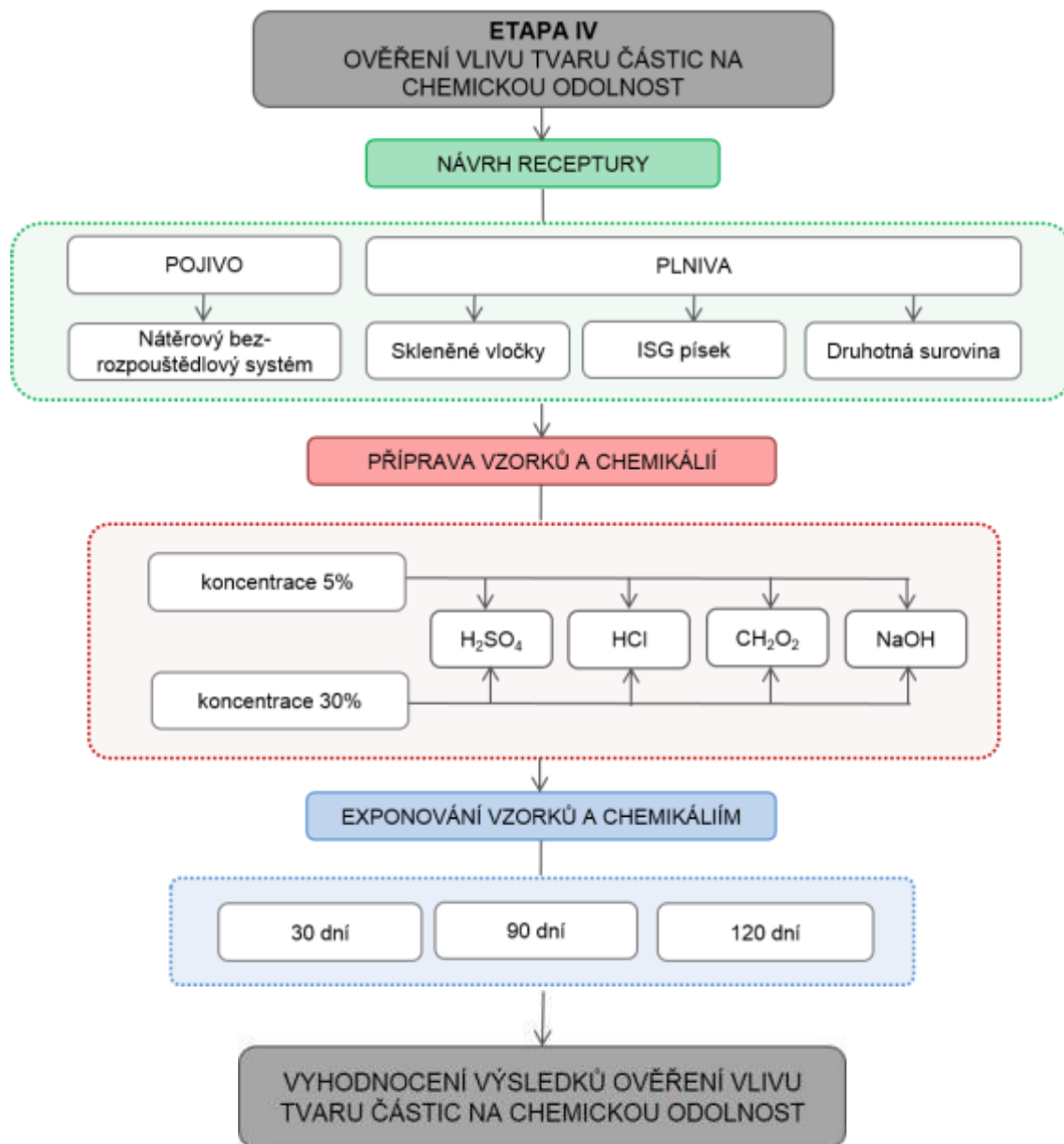


7.4 ETAPA IV – Ověření vlivu tvaru částic na chemickou odolnost materiálu

Chemická odolnost je jednou ze speciálních vlastností, které jsou od ochranných materiálů na vodorovné konstrukce vyžadovány. Některé nátěrové hmoty jsou využívány v prostorech se zvýšenou koncentrací chemických látek, jako např. průmyslové provozy chemiček, čističek, potravinářské provozy apod. Na

základě teorie, že plnivo tvaru vločky (flake) zajišťuje vyšší odolnost hmoty proti chemickým látkám, se nabízí otázka ověření tohoto vlivu také u jiných tvarů částic.

Z tohoto důvodu se bude tato kapitola věnovat ověření vlivu tvaru částic na chemickou odolnost materiálu. Bude porovnávána hmota originálně plněná primárním plnivem – směsí křemičitých písků ISG, dále bude plněna průmyslově vyráběnými skleněnými vločkami (glass flakes) a v poslední řadě nejlépe vyhovující druhotnou surovinou, jejíž tvar částic bude s největší pravděpodobností ostrohranný, tedy podobný střepu.



8. POPIS PROVÁDĚNÝCH ZKOUŠEK

8.1 Testy na plnivech

Po prvotní úpravě odpadních látek na druhotné suroviny (mletím, sušením, tříděním apod.) budou na těchto uvažovaných plnivech provedeny zkoušky upřesňující jejich chemické složení, velikost a tvar částic a jejich měrnou hmotnost. Dále bude testováno jejich využití do polymerních pojiv pomocí aplikačního testu.

8.1.1 Stanovení chemického složení

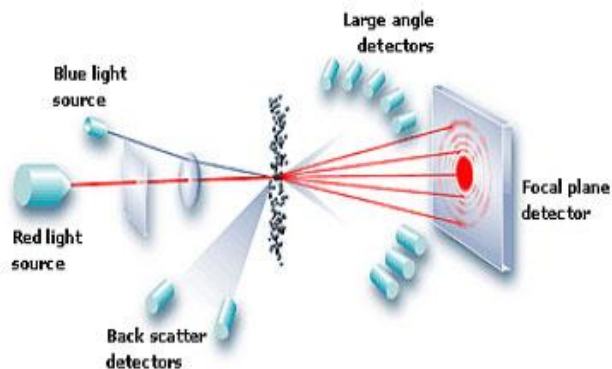
Tato zkouška bude prováděna ve zkušební laboratoři akreditované ČIA č. 1147 a to LABTECH s.r.o. Zkoušky budou provedeny na dodaných materiálech dle norem ČSN EN ISO 11885, ČSN 72001, ČSN 720103, ČSN 720100.

8.1.2 Stanovení velikosti částic pomocí laserové difrakce

Pro určení velikostí částic jemnozrnných materiálů lze využít různá moderní zařízení, jako např. laserový scanner, elektronový scanovací mikroskop, obrazovou analýzu apod. [40] Na Ústavu technologie stavebních hmot a dílců na Fakultě stavební, Vysokého učení technického v Brně byl vydán metodický pokyn MP VUT č. 5 – Stanovení granulometrie sypkých materiálů do velikosti zrna 2,0 mm pomocí přístroje Mastersizer 2000, který vychází z normy ISO 13320:2009 Particle size analysis - Laser diffraction methods.

Zkouška využívá metodu laserové difrakce, která spočívá v zaznamenávání intenzity dopadajícího laserového záření, které vychází z bodového zdroje a prochází měřeným vzorkem, který je rozptýlen v disperzním prostředí. Velké částice odrážejí laserový paprsek v malém úhlu odrazu a o velké intenzitě laseru, naopak malé částice mají velký úhel odrazu a nízkou intenzitu laseru. Úhel odrazu laserového paprsku je nepřímo úměrný velikosti částic - čím menší je velikost částic, tím větší je úhel odrazu laseru.

Obr. 3 – Princip laserové difrakční analýzy (zdroj: <http://www.malvern.com>)



8.1.3 Stanovení tvaru částic plniv - mikroskopicky

Pro použití plniv do polymerních podlahových systémů a nátěrů je nejvhodnější kulovitý tvar plniv. Výjimku tvoří materiály zvyšující chemickou odolnost výsledné hmoty, kde jsou vyžadována zrna plochého tvaru, tzv. vločky (flakes či chipsy). Pro ověření tvaru zrn druhotných surovin, které byly připraveny mletím, bylo využito mikroskopu Shape Expert od společnosti Cilas. Při 40 ti násobném zvětšení bylo možné porovnat všechna zrna jednotlivých materiálů se zrny konvenčně používaného plniva.

8.1.4 Stanovení měrné hmotnosti plniv, ČSN EN 1097-7

Měrná hmotnost plniv se stanovuje dle normy ČSN EN 1097-7 Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva - Část 7: Stanovení měrné hmotnosti fileru - Pyknometrická zkouška.

Podstata zkoušky: Podstata zkoušky je založena na nahrazení určitého množství kapaliny známé měrné hmotnosti zkušební navážkou. Objem zkušební navážky se vypočte odečtením tohoto objemu od objemu pyknometru. [101]

8.1.5 Stanovení vlhkosti, ČSN EN 1097-5

Vlhkost sklených střepů lze nejlépe stanovit dle normy ČSN EN 1097-5, Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva - Část 5: Stanovení vlhkosti sušením v sušárně. Metodou lze zjistit celkovou volnou vodu přítomnou ve zkušební navážce kameniva. Voda může být z povrchu kameniva i z přístupných pórů zrn kameniva. [102]

8.2 Aplikační test

Aplikační test není normován, vychází z požadavků kladených na zpracování materiálů pro komfortní aplikaci a použití. Pro tuto disertační práci byla navržena speciální metodika aplikačního testu pro nátěrové a podlahové hmoty, který bude sledovat a popisovat tři základní požadavky. Výsledky tohoto testu budou mít rozhodující vliv na následný výběr všech vhodných receptur – proto je test zařazen v této části. Metodikou je stanoveno sledování zpracovatelnosti, aplikovatelnosti a následně vzhledu výsledného povrchu plněného materiálu.

- **Zpracovatelnost:** se sleduje v okamžiku smíchání plniva a pojivových složek. Hodnotí se, zda je možné materiál snadno a dobře zpracovávat (promíchávat) a jestli dochází k promísení jednotlivých složek materiálu plniva, pojiva i tvrdidla, a zda toto zpracování nevyžaduje zvýšenou časovou či technickou náročnost. Měla by být co nejvíce podobná zpracovatelnosti referenční srovnávací směsi.

Hodnocení	Popis hodnocení
Vyhovující (✓)	Materiál byl dobře zpracovatelný, snadno se promíchal a došlo k dokonalému promísení jednotlivých složek.
Nevyhovující (X)	Materiál vyžadoval vyšší technickou náročnost pro promíchání, nedošlo k dokonalému propojení všech složek systému

Tab. 9 – Hodnotící systém pro zpracovatelnost materiálu

- **Aplikovatelnost:** testovaná směs bude aplikována na cementotřískovou desku o rozměrech 30 x 30 cm technologií dle doporučení výrobce referenčního srovnávacího materiálu. Při nanášení materiálu bude hodnoceno, zda lze materiál nanášet požadovanou technologií doporučenou výrobcem, jaké jsou reologické vlastnosti systému, kompatibilita pojivové složky a plniva a jestli dochází k celkovému slití a vyrovnání jeho povrchu.

Hodnocení	Popis hodnocení
Vyhovující (✓)	Materiál vykazoval dobré reologické vlastnosti, byl dobře aplikovatelný zubovou stěrkou, či štětcem, došlo k rovnoměrnému slnutí povrchu, vyplnil vymezený prostor.
Nevyhovující (X)	Materiál vykazoval nevyhovující reologické vlastnosti, byl špatně aplikovatelný, nedošlo k rovnoměrnému slnutí povrchu, špatně vyplňoval vymezený prostor.

Tab. 10 – Hodnotící systém pro aplikovatelnost materiálu

- **Hodnocení výsledného povrchu:** probíhá na zpolymerizované směsi (po 7mi dnech) a je nedílnou součástí celého aplikačního testu. Hodnotí se zde, zda materiál splňuje požadované vlastnosti na kvalitu výsledného povrchu, který by měl být hladký, lesklý, bez defektů, neměly by vznikat důlky, fleky a také nesmí docházet k separaci plniva od pojivové složky. Jedná se pouze o vizuální posouzení porovnáním s referenčním srovnávacím materiálem.

Hodnocení	Popis hodnocení
Vyhovující (✓)	Výsledný povrch byl rovný, lesklý, bez známek defektů, nebyla zde patrná segregace jednotlivých složek pojivové složky.
Nevyhovující (X)	Výsledný povrch byl nerovný, nedošlo ke slnutí, vykazoval známky segregace pojivové složky, obsahoval důlky po prachových částicích, popř. tmavé fleky- segregace pigmentů.

Tab. 11 – Hodnotící systém pro výsledný povrch materiálu

8.3 Zkoušky na čerstvých směsích

8.3.1 Stanovení sedimentace

Výsledkem této zkoušky je zjištění rychlosti sedimentace, která je důležitým faktorem pro reálné použití materiálu. Tato zkouška určuje, jak se chovají plniva v matrici, kde je sledováno, zda by plniva nadměrně nesedimentovala ve finálním produktu, a tím by docházelo k jeho rychlému znehodnocení. Pro tuto zkoušku prováděnou v rámci této disertace byla stanovena speciální metodika, kdy budou využity zkušebního válce 50 ml, které se naplní zkoušeným materiálem, tedy směsí pojiva a plniva z druhotných surovin. Takto připravené vzorky budou uloženy do nehybného a ustáleného prostředí o teplotě 21 ± 3 °C, které nesmí být vystaveno přímému slunečnímu záření. Míra sedimentace zkoušeného materiálu se porovnává s mírou sedimentace referenčního srovnávacího materiálu plněného i bez plniv. Vzorky budou hodnoceny po jednom měsíci, kdy budou zaznamenávány změny na jednotlivých vzorcích a tyto budou zatříděny do hodnotícího systému s rozsahem hodnot od 1 do 5, který je pro porovnání materiálů dostatečně vyhovující.

Hodnoty	Popis hodnocení
1	Vzorek zůstal bez pozorovatelných změn, žádná známka sedimentace
2	Počátky sedimentace: změna barevného odstínu, náznak separace vrstev
3	Lehce pozorovatelné známky sedimentace pouhým okem (hranice vrstev, barva)
4	Jasně pozorovatelná sedimentace: barva, jasné hranice jednotlivých vrstev, možnost určení separovaných vrstev
5	Výrazná sedimentace, separování jednotlivých složek disperzní soustavy

Tab. 12 – Hodnotící systém sedimentace

8.3.2 Stanovení hustoty, ČSN EN ISO 2811-1

Dle normy ČSN EN ISO 2811-1 - Nátěrové hmoty – Stanovení hustoty – Pyknometrická metoda, probíhá zkouška následujícím způsobem: Pyknometr (o objemu 25, nebo 50 ml) se zváží s maximální přesností na analytických vahách, naplní se vzorkem materiálu tak, aby byl vyloučen vznik a obsah bublin a důkladně se uzavře tak, aby zábrus zcela dosednul. Případný vyteklý materiál se důkladně očistí acetonem. Následně se pyknometr obsahující zkoušený materiál zváží s maximální přesností. Hustota čerstvé směsi, se vypočítá jako poměr hmotnosti vzorku ku objemu pyknometru. [103]

8.3.3 Stanovení doby zpracovatelnosti, ČSN EN ISO 9514

Tato zkouška bude provedena dle normy ČSN EN ISO 9514 Nátěrové hmoty - Stanovení doby zpracovatelnosti kapalných systémů. Zkouška spočívá ve stanovení maximální doby, po kterou je materiál komfortně zpracovatelný od okamžiku smíchání jednotlivých složek. Pro stanovení bude použito 300 ± 3 ml směsi. Směs bude uložena v klimatizační komoře při 20°C a odebírána v časových intervalech 2 min, kdy bude sledováno, zda je hmota zpracovatelná z hlediska aplikovatelnosti. [104]

8.3.4 Stanovení tloušťky mokrého filmu, ČSN EN ISO 2808

Zkouška bude provedena dle normy ČSN EN ISO 2808 Nátěrové hmoty – stanovení tloušťky nátěru. Norma popisuje několik metod destruktivního i nedestruktivního stanovení tloušťky nátěru.

Z důvodu absence nutného vybavení pro provedení destruktivních zkoušek bude zkouška provedena nedestruktivně, a to metodou gravimetrickou, v normě označenou jako Metoda 2 – stanovení na základě rozdílu hmotnosti. Tato metoda je vhodná pro bez-rozpouštědlové a vodou-ředitelné materiály, kde je množství vysoce těkavých látek v kapalném nátěrové hmotě nízké. [105]

Tloušťka povlaku se stanoví vydělením hmotnosti povlaku jeho hustotou a plochou povrchu s povlakem.

8.4 Zkoušky na směsích ve zpolymerizovaném stavu

Zkoušky na zpolymerizovaných směsích byly vybrány na základě normy ČSN EN 13813 Potěrové materiály a podlahové potěry - Potěrové materiály – Vlastnosti a požadavky. Tato norma mimo jiné stanovuje, jaké zkoušky mají být provedeny na potěrových materiálech pryskyřičných. [113]

8.4.1 Stanovení tloušťky nátěru suchého filmu, ČSN EN ISO 2808

Zkouška bude provedena dle normy ČSN EN ISO 2808 Nátěrové hmoty – stanovení tloušťky nátěru. Zkouška bude provedena destruktivně, a to metodou optickou – příčného řezu. U této metody se ze vzorku povlak-podklad připraví řez v rovině kolmé na povlak tak, že tloušťku povlaku je možné změřit přímo pomocí mikroskopu. [105]

8.4.2 Stanovení objemové hmotnosti

Objemová hmotnost bude stanovena na trámcích, vyrobených pro zjištění pevností. Jedná se o poměr hmotnosti tělesa k objemu tělesa (stanovený z vnějších rozměrů) neboli hmotnost objemové jednotky materiálu i s dutinami a póry. Vnější rozměry tělesa budou změřeny posuvným měřítkem.

8.4.3 Stanovení pevností, ČSN EN 13892-2

Tato zkouška bude prováděna dle normy ČSN EN 13892-2 Zkušební metody potěrových materiálů – Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. Tato norma určuje metodu pro stanovení pevnosti vtahu za ohybu a pevnosti v tlaku na zkušebních tělesech zhotovených mimo jiné také z pryskyřičných potěrových materiálů. [106] Podstatou zkoušky je výpočet pevností ze zatížení, které vede k porušení vzorků – vždy se zkouší 3 tělesa o rozměrech 40 mm x 40 mm x 160 mm, 28 dnů po zhotovení.

Zkouška pevnosti v tahu za ohybu – zkoušená tělesa jsou při zkoušce vystavena ohybovému momentu od zatížení přenášeného prostřednictvím horních zatěžovacích a spodních podpěrných válečků. Největší dosažené zatížení se zaznamená a vypočte se pevnost v tahu za ohybu.

Zkouška pevnosti v tlaku – šest částí zkušebních těles po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu se zkouší ve stejný den jako pevnost v tahu za ohybu. Zkušební těleso je opatřeno přitlačnými destičkami a je umístěno do zkušebního přístroje tak, aby bylo zatížení vyvozováno na celou šířku, která je ve styku s destičkami. Následně je vzorek zatěžován přitlačnou silou. Největší dosažené zatížení se zaznamená a vypočte se pevnost v tlaku.

8.4.4 Stanovení přilnavosti odtrhovou zkouškou, ČSN EN ISO 4624

Zkouška bude prováděna dle normy ČSN EN ISO 4624 Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti.

Podsata zkoušky: Je měřena síla potřebná k roztržení nátěru/podkladu. Výsledkem zkoušky je napětí v tahu nutné k poškození nejslabšího rozhraní (adhezní porušení) nebo nejslabší složky (kohezní porušení) zkušební sestavy. Mohou také nastat oba druhy porušení. [107]

Pro tuto zkoušku mohou být použity různé podklady. Protože materiály vyvíjené v této disertaci jsou uvažovány především na betonové podklady, bude pro zkoušku jako podklad využita betonová dlaždice.

8.4.5 Stanovení tvrdosti, ČSN EN ISO 868

Pro stanovení tvrdosti polymerních materiálů je dána norma ČSN EN ISO 868 Plasty a ebonit – Stanovení tvrdosti vtlačováním hrotu tvrdoměru (tvrdost Shore).

Podstata zkoušky: Při této zkoušce dochází k měření hloubky vtlačení specifikovaného hrotu vtlačovaného do vzorku materiálu za stanovených podmínek. Hodnota tvrdosti je nepřímo úměrná hloubce vtlačení hrotu a závisí na modulu pružnosti a na visko-elastických vlastnostech materiálu. [108]

Pro tuto zkoušku bude použit přístroj Shore durometr LD0551, zkušební hrot typu D.

8.5 Doplnkové zkoušky vybraných hmot

Doplnkové zkoušky na zpolymerizovaných směsích byly vybrány na základě normy ČSN EN 13813 Potěrové materiály a podlahové potěry - Potěrové materiály – Vlastnosti a požadavky. Tato norma mimo jiné stanovuje, jaké zkoušky mají být provedeny na potěrových materiálech pryskyřičných. [113] Dále jde o zkoušky, které ověřují speciální vlastnosti některých vyvíjených hmot.

8.5.1 Stanovení tahových vlastností, ČSN EN ISO 527-1, 527-2

Norma ČSN EN ISO 527-1, Plasty – Stanovení tahových vlastností – Část 1: Obecné principy specifikuje obecné zásady pro stanovení tahových vlastností plastů a plastových kompozitů za definovaných podmínek zkoušení. Na základě této normy budou vzorky testovány na poměrné prodloužení při přetržení a bude určeno maximální napětí. Podstatou této zkoušky je, že zkušební těleso je protahováno ve směru své osy konstantní zkušební rychlostí do jeho porušení. Během zkoušky se měří zatížení působící na zkušební těleso a prodloužení. [109]

8.5.2 Stanovení odolnosti vůči oděru, ČSN EN ISO 11998

Norma ČSN EN ISO 11998 Nátěrové hmoty – Stanovení odolnosti nátěru proti oděru za mokra a stanovení čistitelnosti.

Podstata zkoušky: Dle normy se zkoušený povlak nanese na zkušební podklad za použití nanášecího pravítka s vhodnou šterbinou. Po sušení a kondicionování se vzorek s nátěrem zváží a podrobí 200 cyklům odírání za mokra ve zkušebním odíracím zařízení. Poté se vzorek omyje, usuší a znovu se zváží. Z úbytku hmotnosti se vypočte střední hodnota úbytku tloušťky filmu. Na základě porovnání průměrného úbytku tloušťky nátěru s předem specifikovanou hodnotou, která je předmětem dohody mezi zúčastněnými stranami, se určí třída odolnosti nátěru proti oděru za mokra. [110]

8.5.3 Stanovení odolnosti vůči úderu, ČSN EN ISO 6272-2

Norma ČSN EN ISO 6272-2 Nátěrové hmoty – Zkouška rychlou deformací (odolnost vůči úderu) – Část 2: Zkouška padajícím závažím, malá plocha úderníku popisuje metodu hodnocení odolnosti suchého filmu proti praskání nebo odlupování v důsledku deformace vyvolané padajícím závažím, které bylo za normalizovaných podmínek spuštěno na úderník s polokulovou hlavou o malé ploše. Postupným zvětšováním vzdálenosti, ze které závaží padá, lze stanovit hodnotu, při které obvykle nastává poškození. U nátěrů obvykle dojde k popraskání, které je viditelné

s použitím lupy nebo nanesením roztoku síranu měďnatého. Výsledkem zkoušky je výška spuštění úderníku, při které došlo k porušení vzorku. [111]

8.5.4 Stanovení antibakteriální aktivity, ČSN EN ISO 20645

Podmínky pro provádění této zkoušky jsou stanoveny normou ČSN EN ISO 20645 – Plošné textilie – Zjišťování antibakteriální aktivity – Zkouška šíření agarovou destičkou. Tato zkouška bude provedena pouze na antibakteriálním materiálu a to z důvodu ověření zachování antibakteriální aktivity materiálu za předpokladu, že je plněn druhotnými surovinami.

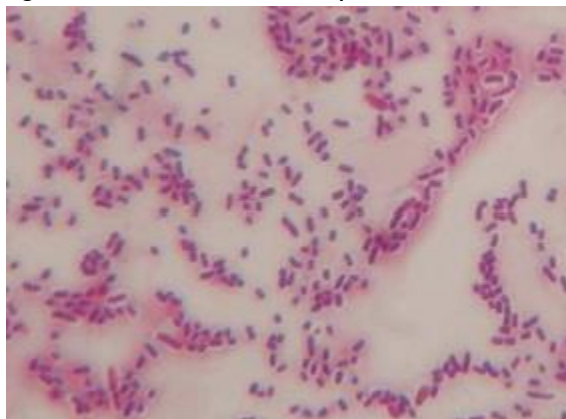
Podstata zkoušky: Zkouška je založena na principu difundování antibakteriálního přípravku do okolního prostředí. Vzorek kruhového tvaru, průměru 25 ± 5 mm je umístěn na agarovou plotnu (živné médium pro kultivaci mikroorganismů a rostlin), která je inokulována testovacími bakteriemi. Po 24 hodinách se vyhodnocuje nárůst bakterií pod vzorkem, případně v okolí vzorku a sleduje se přítomnost inhibiční zóny. Výsledek je hodnocen slovně podle tabulky v normě. Účinek je buď dobrý, dostatečný, nebo nedostatečný. Norma předepisuje testování alespoň na dvě, lépe na tři základní bakteriální kmeny:

Escherichia Coli - tyčinkovitá bakterie, která se užívá pro fyziologické, biochemické a genetické výzkumy. Je podmíněně patogenní a vyskytuje se v trávicím ústrojí člověka a u teplokrevných organismů, je pro své hostitele užitečná. Syntetizuje důležité vitamíny a přispívá k rovnováze mikroorganismů ve střevech, neboť zabraňuje růstu škodlivých bakterií tím, že s nimi soutěží o živiny a kyslík. Může vyvolat onemocnění močových cest a průjemová onemocnění. [24]

Obr. 4 – Fotografie bakterií *Escherichia coli* (el. mikroskop)



Klebsiella pneumoniae - Je gram negativní tyčinka. Vyskytuje se fyziologicky v dutině ústní, na kůži a ve střevech, kde je součástí mikroflóry. Nejčastější onemocnění, které způsobuje je pneumonie. Také může způsobit záněty močových cest, atrofie nosní sliznice, chronická plicní onemocnění, atd.

Obr. 5 – Fotografie bakterií *Klebsiella pneumoniae*, zvětšení 550krát

Staphylococcus aureus - Také se nazývá *Staphylococcus pyogenes* nebo zlatý stafylokok. Je považován za striktní patogen. Způsobuje hnisavé procesy v organismu člověka i zvířat, od lokalizovaných onemocnění (folikulitida, furunkl, karbunkl, aj.) až po nemoci invazivní (artritida, pneumonie, sepse, aj).

Obr. 6 – Fotografie bakterií *Staphylococcus aureus* (el. mikroskop)

Inhibiční zóna (mm)	Růst	Popis	Závěr
> 1	Ne	inhibiční zóna přesahuje 1 mm, žádný růst	Dobrý efekt
1 – 0	Ne	inhibiční zóna dosahuje 1 mm, žádný růst	
0	Ne	žádná inhibiční zóna, žádný růst	
0	Lehký	žádná inhibiční zóna, pár slabých kolonií, téměř úplně potlačen růst	Dostatečný efekt
0	Tlumený	žádná inhibiční zóna, v porovnání s kontrolou je růst poloviční	Nedostatečný efekt
0	Silný	žádná inhibiční zóna, v porovnání s kontrolou je růst redukován úplně či se vyskytuje silně redukováný růst	

Tab. 13 – Tabulka hodnocení výsledků dle ČSN ISO 20645 [112]

8.6 Ověření vlivu tvaru částic plniva na chemickou odolnost materiálu

Tato zkouška není normována, její metodika byla navržena tak, aby byla proveditelná v laboratorních podmínkách a byla dobře vyhodnotitelná. Při této zkoušce bude sledován vliv tvaru částic na chemickou odolnost materiálu, kterým bude bez-rozpouštědlový nátěr. Bude testován nátěr bez-rozpouštědlový (NBR) plněný následujícími plnivými:

- zaoblenými částicemi (směsí křemičitých písků ISG),
- vločkami (skleněnými vločkami),
- ostrými střepy (druhotná surovina).

Receptura bude vybrána na základě nejlepších výsledků předchozího testování. Hmoty bude nanášena na betonové dlaždice a následně bude vystavena 5 % a 30 % roztokům H_2SO_4 , HCl , CH_2O_2 , NaOH .

Uvedené chemikálie byly zvoleny po provedení rešerše možných provozů a prostředí, kde by mohly být vyvinuté hmoty využity. Vzorky budou uloženy v prostředí s teplotou $23 \pm 2^\circ\text{C}$ a vlhkostí $50 \pm 5\%$ a budou hodnoceny po 60, 90 a 120 dnech pomocí vizuálního posouzení a elektronové rastrovací mikroskopie.

8.6.1 Vizuální hodnocení

Při působení chemikálií na polymery může docházet k jejich degradaci v důsledku nežádoucích chemických reakcí polymeru s okolním prostředím. Při této reakci dochází k poruše chemických vazeb řetězce polymeru a tím k jeho degradaci. Existuje mnoho možných chemických reakcí, které vyústí v porušení polymeru. Při degradačním procesu polymeru tedy dochází k depolymerizaci.

Může docházet ke změnám jejich vlastností, které způsobují viditelné porušení povrchu, jako např. praskání, bobtnání, barevné změny a další typy degradace. Při vyšší míře působení chemikálií na polymer může dojít k chemickému odbourávání polymerů a nastává tak roztržení řetězců zesíťování apod. Veškeré změny vlastností jsou ovlivňovány druhem, teplotou a koncentrací chemikálie a v neposlední řadě dobou jejího působení. Pro vizuální hodnocení změn povrchu polymeru bude využita následující tabulka:

Hodnota změny (1 = nejmenší)	Popis pozorované změny
1	hmota nevykazuje žádné změny
2	hmota vykazuje pouze barevné změny
3	hmota se odlepuje od podkladu, ale neprojevuje se její narušení
4	hmota se odlepuje od podkladu a zároveň popraskala
5	úplné zhroucení hmoty

Tab. 14 – Systém pro vizuální hodnocení chemické odolnosti

8.6.2 Rastrovací elektronová mikroskopie

Pro tuto disertační práci bude použit přístroj MIRA 3, výrobce TESCAN. Tato nová generace rastrovacích elektronových mikroskopů poskytuje uživatelům výhody nejnovějších technologií, jako jsou vylepšené, vysoce výkonné elektroniky pro rychlejší získání obrazu, ultra rychlý skenovací systém atd. Série MIRA byla navržena s ohledem na široké spektrum aplikací a potřeb dnešního výzkumu a průmyslu.

Všechny MIRA komory (LM, XM a GM) poskytují výhodné umístění vzorků v 5-ti osé motorizované vzorkovnici. [25]

Rastrovací elektronový mikroskop je určen pro náročné vědecké a laboratorní práce a má široké použití prakticky ve všech vědních oborech zvláště pro vysokou rozlišovací schopnost. [26]

9. REALIZACE A VÝSLEDKY ETAPA I

Návrh receptur ochranných prostředků

Hlavním cílem této etapy byl návrh receptur polymerních ochranných prostředků na vodorovné konstrukce, plněných druhotnými surovinami. Tyto materiály by měly mít min. takové vlastnosti, které splňují referenční srovnávací hmoty pro stejné využití. Na začátku bylo důležité vybrat vhodné vstupní suroviny, tedy pojiva a plniva tak, aby splňovala případné limitující faktory a požadované vlastnosti.

Jako pojivové materiály byly využity polymerní, běžně dostupné hmoty, které jsou plněny přírodními surovinami – tyto byly použity jako referenční srovnávací. Pro účely výzkumu v rámci této disertační práce byly dodány tytéž hmoty bez plniv. Pojivové složky byly vybrány na bázi bez-rozpouštědlových a vodou-ředitelných materiálů. Jako speciální hmoty byly dodány také materiály pro hygienicky čisté provozy, tedy se speciálními vlastnosti – fyziologicky nezávadné, antibakteriální atd. Plniva byla volena na základě limitujících faktorů, které jsou přesně popsány a specifikovány dále. V porovnání s běžně používanými plnivý se jako možné vhodné substituce jeví materiály na bázi skla z různých zdrojů. Byl tedy proveden průzkum možných odpadů a jejich využití.

Dalším bodem bylo zpracování identifikačních údajů vstupních surovin, zejména tedy popis technických vlastností pojiv a také byly po optimalizaci výběru provedeny základní zkoušky plniv (s jejich případnou úpravou – mletí, separace, třídění atd.).

Po výběru vstupních surovin byly navrženy první receptury na základě procentuálního plnění vybraných pojivových bází různými plnivý (druhotnými surovinami), vždy se jednalo o celkovou náhradu plniva. Následně byl proveden základní aplikační test, který je nejdůležitějším sledovaným parametrem pro další výběr nejlepších receptur, které postoupí do další etapy.

9.1 Volba vstupních surovin

Prvním krokem této etapy je volba vhodných složek vyvíjených materiálů, tedy pojiv a plniv a to s ohledem na technologické, ekonomické a ekologické parametry.

Systémy polymerních pojiv byly navrženy dle předchozích zkušeností z výzkumu tak, aby byly zastoupeny materiály pro ochranu podlah i jiných vodorovných konstrukcí. Byly tedy zvoleny materiály podlahové a nátěrové, vždy v zastoupení dnes již běžně využívaných bez-rozpouštědlových a stále vyvíjených vodou-ředitelných hmot. Materiály vodou-ředitelné se stále ještě vyvíjí, což je reakcí výrobců na Směrnici evropského parlamentu a rady 2004/42/ES o omezování emisí těkavých organických sloučenin vznikajících při používání organických rozpouštědel v některých barvách a lacích a výrobcích pro opravy nátěrů vozidel o změně směrnice 1999/13/CE. Tato směrnice udává postupné snižování obsahu VOC (Volatile Organic Compounds – těkavých organických látek) na nulu a to nejpozději do roku 2020.

Při volbě vhodných plniv byla zpracována rešerše možných a především dostupných odpadních surovin, které byly zaříděny dle Katalogu odpadů, stanoveném ve vyhlášce č. 381/2001 Sb. Ta nejvhodnější plniva pro použití v polymerních ochranných prostředcích na vodorovné betonové konstrukce byla dále vybrána optimalizací na základě jejich základních vlastností a splnění limitujících faktorů pro jejich vhodné využití pro konkrétní vyvíjenou hmotu.

9.1.1 Volba pojiv

Jelikož je tato disertační práce řešena v návaznosti na vědecko-výzkumný projekt, který se zabývá výzkumem a vývojem ochranných materiálů pro vodorovné konstrukce, byl výběr pojivových materiálů zpracován ve spolupráci s jedním z řešitelů projektu. Na základě této spolupráce byly zvoleny dvě základní kategorie - podlahové materiály a nátěry. V těchto byly dále navrženy vždy systémy bez-rozpouštědlové a vodou-ředitelné, a navíc vždy jeden materiál pro využití v hygienicky čistém provozu. Všechny materiály jsou se složením na bázi epoxidových pryskyřic.

Dále byl zvolen jeden impregnační materiál (primer), který však nebude modifikován, bude sloužit pouze jako podkladní vrstva pro testování některých hmot.

Kategorie pojiva	Název pojiva	Typ pojiva	Materiál pojiva	Specifikace
Podlahový materiál	PBR	Bez-rozpouštědlový	Epoxidová pryskyřice	Potěrová hmota pro finální nášlapnou vrstvu podlah - nátěr, stěrka, QS systém.
	PVR	Vodou-ředitelný	Epoxidová pryskyřice	Tenkovrstvý hladký nebo protismykový potěr betonových podlah a jiných podkladů.
	PAN	Pro hygienicky čisté provozy, bez-rozpouštědlový	Epoxidová pryskyřice	Antibakteriální potěrová hmota pro podlahy s pololesklým povrchem.
Nátěrový materiál	NBR	Bez-rozpouštědlový	Epoxidová pryskyřice	Chemicky odolný nátěrový systém se zvýšenou odolností pro kyseliny, alkoholy a ropné látky.
	NVR	Vodou-ředitelný	Epoxidová pryskyřice	Univerzální nátěr betonových povrchů.
	NAN	Pro hygienicky čisté provozy, bez-rozpouštědlový	Epoxidová pryskyřice	Fyziologicky nezávadný nátěrový systém.
Penetrační materiál - primer	PEN	Bez-rozpouštědlový	Epoxidová pryskyřice	Penetrační potěrová hmota na suchý i mokrý či čerstvý beton, stávající epoxidové podlahy a další problematické povrchy.

Tab. 15 – Vybraná pojiva

9.1.2 Volba plniv z druhotných surovin

V rámci rešerše provedené v rámci řešení výzkumného projektu, byly zvoleny vhodné odpadní suroviny, které by mohly být použity jako plniva do vyvíjených polymerních hmot. V úvahu byly brány odpady vyskytující se v celé ČR s obsahem SiO₂. Dle katalogu odpadů (přílohy č.1, vyhlášky MŽP 381/2001 Sb., ve znění vyhlášky č. 503/2004 Sb.) přichází v úvahu především tyto skupiny odpadních materiálů (pozn.: * označuje nebezpečné odpady):

- 10 11 11* Odpadní sklo v malých částicích a skelný prach obsahující těžké kovy (např. z obrazovek, odpady z výroby skla a skleněných výrobků),
- 10 11 12 Odpadní sklo neuvedené pod číslem 10 11 11 (odpady z výroby skla a skleněných výrobků),
- 15 01 07 Skleněné obaly (kategorie obaly včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu),
- 16 01 20 Sklo (z autovraků),

- 17 02 02 Sklo (ze stavebních a demoličních odpadů),
- 19 12 05 Sklo (z úpravy odpadů jinde neuvedených – např. třídění, drcení, lisování, peletizace),
- 20 01 02 Sklo (z komunálního odpadu),
- 20 01 21* Zářivky a jiný odpad obsahující rtuť,
- 20 01 35* Vyřazené elektrické a elektronické zařízení obsahující nebezpečné látky – Nebezpečné součástky z elektrického a elektronického příslušenství mohou zahrnovat akumulátory a baterie uvedené v podskupině 16 06 a označené jako nebezpečné; rtuťové přepínače, sklo z obrazovek a jiné aktivované sklo atd.

Na základě dostupnosti, množství a možnosti dalšího využití byly potom vybrány jako možná plniva následující:

Kód odpadu	Název	Ozn.	Druh odpadu
10 09 03	Struska vysokopevní	A	Odpady ze slévání železných odlitků – Pecní struska
10 11 99	Přelisky z výroby skloviny Simax	B	Odpady z výroby skla a skleněných výrobků – Odpady jinak blíže neurčené
10 01 02	Popílek fluidní	C	Odpady z elektráren a jiných spalovacích zařízení - Popílek ze spalování uhlí
10 01 02	Popílek klasický	D	Odpady z elektráren a jiných spalovacích zařízení - Popílek ze spalování uhlí
10 13 06	Křemičitý úlet	E	Odpady z výroby cementu, vápna a sádry a předmětů a výrobků z nich vyráběných - Úlet a prach
16 02 16	Sklo z displejů dotykových telefonů	F	Odpady z elektrického a elektronického zařízení - Jiné složky odstraněné z vyřazených zařízení neuvedené pod číslem 16 02
16 02 16	Sklo z CRT televizorů - čela	G	Odpady z elektrického a elektronického zařízení - Jiné složky odstraněné z vyřazených zařízení neuvedené pod číslem 16 02 15
16 02 16	Sklo z CRT televizorů - konusy	H	Odpady z elektrického a elektronického zařízení - Jiné složky odstraněné z vyřazených zařízení neuvedené pod číslem 16 02 15
16 02 16	Sklo z LCD obrazovek	I	Odpady z elektrického a elektronického zařízení - Jiné složky odstraněné z vyřazených zařízení neuvedené pod číslem 16 02 15
16 02 16	Sklo ze solárních panelů	J	Odpady z elektrického a elektronického zařízení - Jiné složky odstraněné z

	trubicových - vnější		vyřazených zařízení neuvedené pod číslem 16 02 15
16 02 16	Sklo ze solárních panelů trubicových - vnitřní	K	Odpady z elektrického a elektronického zařízení - Jiné složky odstraněné z vyřazených zařízení neuvedené pod číslem 16 02 15
16 02 16	Sklo ze solárních panelů typu LDK	L	Odpady z elektrického a elektronického zařízení - Jiné složky odstraněné z vyřazených zařízení neuvedené pod číslem 16 02 15
16 02 16	Sklo ze solárních panelů typu QS	M	Odpady z elektrického a elektronického zařízení - Jiné složky odstraněné z vyřazených zařízení neuvedené pod číslem 16 02 15
16 02 16	Sklo z monitorů NTB a PC	N	Odpady z elektrického a elektronického zařízení - Jiné složky odstraněné z vyřazených zařízení neuvedené pod číslem 16 02 15
16 01 20	Autosklo	O	Vyřazená vozidla (autovraky) z různých druhů dopravy a odpady z demontáže těchto vozidel a z jejich údržby - Sklo
17 02 02	Sklo okenní tabulové	P	Stavební a demoliční odpady - Sklo
20 01 02	Obalové sklo	Q	Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru - Sklo
20 01 21	Zářivkové sklo	R	Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01) – Zářivky a jiný odpad obsahující rtuť (N)

*Tab. 16 – Možné odpadní materiály, jejichž druhotné suroviny mohou být využity jako
plniva v polymerních ochranných systémech*

Optimalizace volby plniv z druhotných surovin

Vypracovaná rešerše odpadů využitelných jako druhotné suroviny se stala podkladem pro další postup, tedy pro vývoj a výzkum v rámci této disertační práce. Na jejím základě byl proveden optimalizační výpočet, dle kterého bylo vybráno 7 odpadů, které byly využity jako plniva do vyvíjených materiálů.

	Kriterium	Optimum	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Cena	min	3	2	3	3	3	3	3	3	3
2	Dostupnost	max	2	3	3	2	2	0	1	1	0
3	Stálost složení	min	0	1	0	1	0	1	1	1	1
4	Dosavadní využití odpadu	max	0	2	0	0	1	2	1	1	2
5	Vhodnost odpadu pro vybraná pojiva	max	0	2	0	0	0	1	1	1	1
6	Předpokládané produkované množství v následujících letech	max	1	1	1	1	1	1	0	0	1

Tab. 17 – Rozhodovací matice – výběr plniv – část 1

	Kriterium	Optimum	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Cena	min	3	3	1	3	3	2	1	2	3
2	Dostupnost	max	3	3	3	4	1	3	3	3	3
3	Stálost složení	min	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Dosavadní využití odpadu	max	2	2	2	2	2	1	0	1	1
5	Vhodnost odpadu pro vybraná pojiva	max	2	2	2	2	1	2	2	2	1
6	Předpokládané produkované množství v následujících letech	max	2	2	2	2	1	2	1	2	0

Tab. 18 – Rozhodovací matice – výběr plniv – část 2

Cena		Dostupnost		Stálost složení	
nejdražší	4	velmi snadno dostupný	4	stabilní	1
	3	snadno dostupný	3	proměnná	0
	2	dostupný	2		
	1	obtížně dostupný	1		
nejlevnější	0	nedostupný	0		
Dosavadní využití odpadu		Vhodnost pro vybraná pojiva		Předpokládané produkované množství v následujících letech	
nevyužívá se	2	vhodný	2	velké	2
méně využitý	1	méně vhodný	1	střední	1
využívá se	0	nevhodný	0	nízké	0

Tab. 19 – Popis kritérií

	Optimum	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	min	0,000	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	max	0,077	0,115	0,115	0,077	0,077	0,000	0,038	0,038	0,000
3	min	0,115	0,000	0,115	0,000	0,115	0,000	0,000	0,000	0,000
4	max	0,000	0,154	0,000	0,000	0,077	0,154	0,077	0,077	0,154
5	max	0,000	0,231	0,000	0,000	0,000	0,115	0,115	0,115	0,115
6	max	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,000	0,000	0,096
	suma*100	28,846	67,308	32,692	17,308	36,538	36,538	23,077	23,077	36,538

Tab. 20 – Výpočtová matice – metoda párového srovnání – část 1

	Optimum	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	min	0,000	0,000	0,154	0,000	0,000	0,077	0,154	0,077	0,000
2	max	0,115	0,115	0,115	0,154	0,038	0,115	0,115	0,115	0,115
3	min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	max	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,077	0,000	0,077	0,077
5	max	0,231	0,231	0,231	0,231	0,115	0,231	0,231	0,231	0,115
6	max	0,192	0,192	0,192	0,192	0,096	0,192	0,096	0,192	0,000
	suma*100	69,231	69,231	84,615	73,077	40,385	69,231	59,615	69,231	30,769

Tab. 21 – Výpočtová matice – metoda párového srovnání – část 2

Dle optimalizačního výpočtu se jeví jako nevhodnější materiály uvedené v následující tabulce. Použitelnost a vhodnost těchto plniv do pojivových materiálů byla ověřena v následujících etapách.

Vybraná plniva		Ozn.
B	Přelisky z výroby skloviny Simax	Simax
J	Sklo ze solárních panelů trubicových - vnější	T. vnější
K	Sklo ze solárních panelů trubicových - vnitřní	T. vnitřní
L	Sklo ze solárních panelů typu LDK	LDK
M	Sklo ze solárních panelů typu QS	QS
O	Autosklo	Auto
Q	Obalové sklo	Obal

Tab. 22 – Vybraná plniva a jejich označení

9.2 Identifikace vstupních surovin – pojiva

Jako pojiva byly vybrány materiály běžně používaných polymerních nátěrových a podlahových hmot. Tyto byly plněny vybranými druhotnými surovinami.

9.2.1 Podlahový bez-rozpouštědlový materiál - PBR

Toto pojivo je tvořeno bez-rozpouštědlovou hmotou na epoxidové bázi, která je vysoce pigmentovaná, nízkoviskózní a dvou komponentní. Výsledná hmota s tímto pojivem je použitelná pro finální nášlapnou vrstvu podlah, která může být tvořena nátěrem, stěrkou či QS systémem. Výsledný materiál je vhodný pro vytváření podlah ve skladech, autoopravnách, elektrárnách, obchodech, parkovištích, školách, jídelnách atd. Podlahy tvořené hmotou PBR vykazují velmi dobré mechanické vlastnosti, velmi dobrou oděruvzdornost, velmi dobrou odolnost vůči chemikáliím, vodotěsnost, stálobarevnost, rychlé zprovoznění podlahy, snadné čištění. Hmota vytváří pololesklý, lehce strukturovaný povrch.

Doporučená spotřeba pro vytvoření lité podlahy je 2 kg/m² při tloušťce vrstvy cca 1,3 mm, přičemž je materiál nanášen zubovou stěrkou na penetrovaný čistý podklad.

9.2.2 Podlahový vodou-ředitelný materiál - PVR

Pojivo PVR je vodou-ředitelná hmota na epoxidové bázi, která je nízkoviskózní, dvou komponentní a vodou emulgovatelná. Výsledná hmota s tímto pojivem je použitelná pro vytváření polymerní vrchní ochranné a odolné vrstvy, tedy pro nátěr podlah a stěn v průmyslových halách, skladech, obchodech atd. s dobrou chemickou odolností. Podlahy tvořené hmotou PVR vykazují velmi dobré mechanické vlastnosti, velmi dobrou odolnost obrusu a rázu, velmi dobrou odolnost vůči chemikáliím, výbornou adhezi k podkladu, stálobarevnost, snadné čištění a v neposlední řadě estetický vzhled.

Doporučená spotřeba je 0,5 – 1,0 kg/m², přičemž např. na podklady s vyšší porézností je doporučena spotřeba 0,65 kg/m² a případně s větším počtem vrstev. Materiál je nanášen hladkou nebo zubovou stěrkou a následně velurovým válečkem.

9.2.3 Podlahový antibakteriální materiál - PAN

Jedná se o pojivo, které je tvořeno bezrozpouštědlovou hmotou na epoxidové bázi, která je pigmentovaná, nízkoviskózní, dvou komponentní a vykazuje vynikající antibakteriální účinek. Výsledná hmota je určena pro nátěr podlah, ve všech provozech kde je potřeba zajistit dobré hygienické podmínky tzn. nemocnice, potravinářský průmysl, farmaceutický průmysl, kuchyně, atd. Povrch tvořený hmotou PAN vykazuje vynikající antibakteriální vlastnosti, velmi dobré mechanické vlastnosti, excelentní odolnost vůči water-spottingu, velmi dobrou odolnost vůči chemikáliím, vodotěsnost, stálobarevnost, rychlé zprovoznění podlahy a také snadné čištění. Hmota vytváří pololesklý, lehce strukturovaný povrch.

Doporučená aplikace pro vytvoření antibakteriálního nátěru podlahy je ve 3 vrstvách při spotřebě 0,55 kg/m² na 1 vrstvu, přičemž je materiál nanášen ocelovým hladítkem, velurovým válečkem nebo štětcem.

9.2.4 Nátěrový bez-rozpouštědlový materiál - NBR

Pojivový materiál NBR je bez-rozpouštědlový nátěr na epoxidové bázi, která je pigmentovaná, nízkoviskózní, dvou komponentní s vysokou chemickou odolností. Výsledná hmota vykazuje odolnost pro kyseliny, alkoholy a ropné látky, proto je určena pro použití jako antikorozi a protichemická ochrana ocelových konstrukcí (nádrží) a pro vnitřní izolační ochranu betonových sedimentačních nádrží, čističek odpadních vod, záchytných jímek apod. Tento materiál je možno také využít jako podlahový nátěr.

Doporučená aplikace materiálu je ve třech vrstvách při spotřebě 0,4 kg/m² na vrstvu (tloušťka nátěru cca 300 – 400 μm), a to při nanášení štětcem, nebo stříkáním, na větších plochách je doporučeno roztažení ocelovým hladítkem a následné použití velurového válečku.

9.2.5 Nátěrový vodou-ředitelný materiál - NVR

Toto pojivo je tvořeno vodou-ředitelnou hmotou na epoxidové bázi, která je vysoce pigmentovaná, nízkoviskózní a dvou komponentní. Výsledný materiál je použitelný pro bezprimerové impregnační zpevnění a uzavření betonu za účelem vytvoření zpevněné, nepropustné a vysoce odolné vrstvy se stávajícím podkladem. Může být využit jako potěr podlah a stěn v průmyslových halách, autoopravnách, elektrárnách, obchodech, skladech atd. s dobrou chemickou odolností a vynikající přilnavostí i na mokrý beton. Výsledný povrch má pak velmi dobré mechanické vlastnosti, odolnost v obrusu, chemickou odolnost. Vykazuje výbornou adhezi na podklad a paropropustnost. Dále je vhodný na ochranu betonových, ocelových a jiných konstrukcí, do tunelů, do svislých kanalizačních šachet, podzemních betonových jímek, sedimentačních jímek atd.

Doporučená aplikace materiálu je ve dvou vrstvách a to 1. vrstva při spotřebě 0,20 kg/m² na 2. vrstva při spotřebě 0,15 kg/m², přičemž je materiál nanášen ocelovým hladítkem, velurovým válečkem nebo štětcem.

9.2.6 Nátěrový fyziologicky nezávadný materiál - NAN

Pojivo NAN je tvořeno bez-rozpouštědlovou hmotou na epoxidové bázi, která je pigmentovaná, nízkoviskózní, dvou komponentní a zároveň fyziologicky nezávadný. Výsledná hmota je tedy určena pro vnitřní antikorozi a izolační ochranu kovových vodojemů, zásobníků na pivo, víno a poživatiny, dále na antikorozi a protichemickou ochranu ocelových konstrukcí a zásobníků na chemikálie, vnitřní izolační ochranu betonových sedimentačních nádrží, čističek odpadních vod, záchytných jímek apod. Tento materiál je možno také využít jako

podlahový nátěr v potravinářském průmyslu, skladech, prodejnách atd. Výsledný povrch má pak velmi dobré mechanické vlastnosti, odolnost v obru, chemickou odolnost, fyziologickou nezávadnost, stálobarevnost, velmi snadno se čistí a zajišťuje estetický vzhled povrchu.

Doporučená aplikace materiálu je ve dvou vrstvách a to při spotřebě 0,35 kg/m² na vrstvu. Nanášení je doporučeno štětcem, nebo stříkáním, na větších plochách je doporučeno roztažení ocelovým hladítkem a následné použití velurového válečku.

Pozn.: Všechny výše uvedené hmoty byly připraveny dle originální receptury Lena Chemical s.r.o. Při jejich přípravě je nezbytné dodržet míscí poměr uvedený výrobcem. Před aplikací je nutné dokonalé smísení všech složek pomocí pomalu obrátkového míchadla (300 - 400 ot/min) po dobu 3 minut. Při mísení je nutno dbát, aby do materiálu nebyl zbytečně zamíchán vzduch. Takto připravený materiál musí být zpracován během jeho doby zpracovatelnosti vhodnou technologií.

9.2.7 Penetrační materiál - PEN

Tato vazná penetrační potěrová hmota (primer) je určena na suchý i mokrý či čerstvý beton, stávající epoxidové podlahy a další problematické povrchy. Tento penetrační materiál je nebarevná, nízkoviskózní, dvou komponentní, bez-rozpouštědlová hmota na epoxidové bázi. Je určena na vytváření vazné vrstvy či laminování na suché betony a jiné minerální podklady, vlhké a mokré betony, nevyzrálé betony, na kovy a původní pryskyřičné povrchy, jako pojící vrstva mezi starý a čerstvý beton a na další problematické povrchy.

9.3 Identifikace vstupních surovin - plniva

Na základě optimalizačního výpočtu bylo vybráno 7 druhů odpadních surovin, které se jeví jako nejlépe použitelné pro náhradu primárního plniva pro výše uvedené pojivové matrice. V této kapitole jsou uvedeny jejich popisy a základní vlastnosti. Navíc jsou zde popsány dvě plniva primární, průmyslově vyráběná, která budou použita pro ověření vlivu tvaru částic na chemickou odolnost materiálu.

Odpadní skla byla upravena na druhotné suroviny (sušením, mletím, drcením, tříděním atd.) a dále byly zjištěny některé z jejich základních vlastností, jako např. vlhkost, chemické složení, hustota, velikost a tvar částic.

9.3.1 Plniva z druhotných surovin

9.3.1.1 Přelisky z výroby skloviny SIMAX

Sklovina SIMAX se řadí svým chemickým složením a vlastnostmi do skupin čirých, tvrdých borito-křemičitých skel, která vynikají vysokou teplotní a chemickou odolností. Vyrábí se z ní široké spektrum výrobků technického a laboratorního skla,

průmyslových aparatur a kuchyňského varného skla. Výrobky ze skloviny SIMAX jsou hladké a neporézní, dokonale průhledné, korozně odolné i v náročném provozu až do 300 °C bez náhlé změny teploty. Sklo SIMAX je velice šetrné k životnímu prostředí a je z ekologického pohledu naprosto nezávadné.

Pro své vlastnosti se sklo SIMAX používá tam, kde jsou na výrobky kladeny nejvyšší nároky z hlediska teplotní a chemické odolnosti a neutrality vůči látkám či preparátům, jež jsou s nimi v kontaktu, tj. v chemii, petrochemii, potravinářství, energetice, metalurgii, zdravotnictví, mikrobiologii, farmacii, strojírenství a v laboratořích. Sklo rozleptává pouze kyselina fluorovodíková a koncentrovaná kyselina trihydrogenfosforečná a koncentrované horké alkalické roztoky sklo korodují. Korozi také zvyšuje trvalé střídání kyselého a alkalického prostředí. Při výrobě na strojích Kavalieru Sázava vzniká nechtěný odpad v podobě přelisků, které však již nejsou znovu použitelné. [28]

KARTA ODPADU Č. 1	
1. OBECNÉ INFORMACE	
Název odpadní látky	PŘELISKY Z VÝROBY SKLOVINY SIMAX
Producent odpadní látky	KAVALIERGLASS, a.s. Výrobní závod: Sklářská 359, 285 06 Sázava
Fyzikální nebezpečnost	Ne
Nebezpečnost pro zdraví	Ne
Environmentální nebezpečnost	Ne
2. POŽADAVKY NA PŘEDÚPRAVU	
Sušení	Ne
Mletí	Ano – laboratorní mlýn Fritsch
Třídění	Ano – na frakci $\leq 0,063$ mm
3. VLASTNOSTI ODPADU	
Skupenství odpadní látky	Pevné
Hořlavost	Ne
Rozpustnost ve vodě	Ne
Fotodokumentace:	
	

KARTA PŘIPRAVENÉ DRUHOTNÉ SUROVINY

Předúprava suroviny: 25 min. mletí v laboratorním mlýně Fritsch (navážka cca 150 g), třídění na frakci $\leq 0,063$ mm

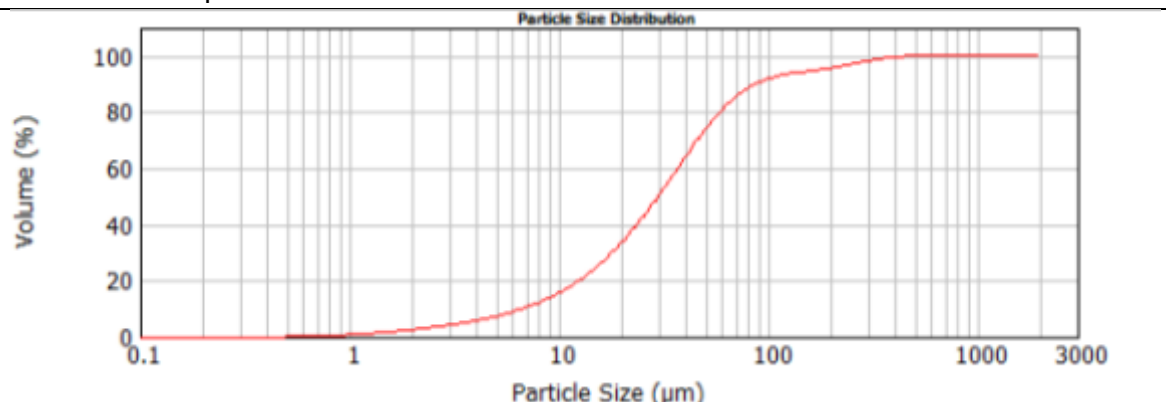
1. VLASTNOSTI DRUHOTNÉ SUROVINY PO ÚPRAVĚ

Hustota:	2490 kg/m ³
Vlhkost:	0 %

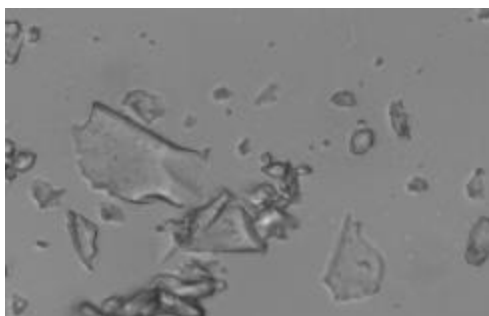
Chemické složení:

SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Na ₂ O+K ₂ O
80,3	13,0	2,4	4,3

Velikost částic pomletého materiálu:



Tvar částic:



Zvětšeno 40x

9.3.1.2 Sklo ze solárních panelů trubicových – vnitřní, vnější

Jedná se o první typ solárních panelů. Trubice solárních modulů sestávají ze dvou v sobě uložených válců. Vnitřní válec (tmavé sklo) obklopuje solární články CIGS (Copper Indium Gallium DiSelenide), jenž je sám chráněn speciální silikonovou tekutinou v meziprostoru a ve vnějším válci. Vnější válec (světlé sklo) láme dopadající světlo a vede je přímo ke článku zcela bez ohledu na to, v jakém úhlu světelné paprsky na modul dopadají. Tímto způsobem se využívá maximum sluneční energie od jednotlivého článku až po celou střechu.

V podstatě se již nejedná o panely v pravém smyslu slova, ale jde o kovový rám s rozměry 1,08 x 1,82 m, na kterém je vodotěsně namontováno 40 trubíc z odolného technického skla. Mezi trubícemi jsou dostatečné mezery. V každé trubici

je druhá trubice složená ze 150 fotovoltických článků na bázi CIGS. Prostor mezi těmito dvěma trubicemi je vyplněn chemickým materiálem tvořícím optickou čočku. Ta napomáhá koncentraci dopadajících paprsků, které dopadají na fotovoltickou vrstvu vždy kolmo. Trubicové moduly jsou hermeticky utěsněny, aby nedocházelo k degradaci vrstvy CIGS vlhkostí. Elektricky jsou články v rámci jedné trubice zapojeny sériově a všechny trubice pak spojeny paralelně. Díky tomu při zastínění jedné části panelu může zbytek fungovat normálně, pouze s výkonovým omezením. [28]



Obr. 7 – Řez trubicovým solárním panelem [29]

Trubicový panel, který byl použit v této disertační práci, dodala firma iSolar s.r.o., jako vyřazený rozbitý kus. Panel byl rozebrán – byl odstraněn kovový rám a jednotlivé trubice byly rozebrány podle druhu materiálu na vnitřní tmavé sklo, plastovou trubici, hliníkovou fólii, silikonovou tekutinu a na vnější světlé sklo. Vnitřní tmavé sklo, které je v kontaktu se silikonovou tekutinou, a proto je hodně mastné, bylo nutné proprat v odmašťovacím prostředku a následně sušit v sušárně.

KARTA ODPADU Č. 2	
1. OBECNÉ INFORMACE	
Název odpadní látky	SKLO ZE SOLÁRNÍCH PANELŮ TRUBICOVÝCH
Producent odpadní látky	iSolar s.r.o. Hronovická 663 530 02 Pardubice
Fyzikální nebezpečnost	Ne
Nebezpečnost pro zdraví	Ne
Environmentální nebezpečnost	Ne
2. POŽADAVKY NA PŘEDÚPRAVU	
Demontáž potřebných částí	Ano - demontáž skla
Propírka	Ano
Sušení	Ano

Mletí	Ano – laboratorní mlýn Fritsch
Třídění	Ano – na frakci $\leq 0,063$ mm
3. VLASTNOSTI ODPADU	
Skupenství odpadní látky	Pevné
Hořlavost	Ne
Rozpusťnost ve vodě	Ne
Fotodokumentace	



KARTA PŘIPRAVENÉ DRUHOTNÉ SUROVINY

Předúprava suroviny: ruční demontáž panelu, oddělení jednotlivých částí trubíc a ruční drcení kladivem, následně mokrá propírka v saponátu a technickém odmašťovacím přípravku, sušení při 105 °C, následně 25 min. mletí v laboratorním mlýně Fritsch (navážka cca 150 g), třídění na frakci $\leq 0,063$ mm

1. VLASTNOSTI DRUHOTNÉ SUROVINY PO ÚPRAVĚ – vnitřní sklo

Měrná hmotnost:	2500 kg/m ³
Vlhkost:	21 %

Chemické složení vnitřní (tmavé) sklo panelu:

Ztráta sušením (105°C)	Ztráta žháním 1100°C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Mno	CaO
0,30	0,48	70,4	3,72	0,045	0,013	0,001	5,02
MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Li ₂ O	Cr ₂ O ₃	BaO	ZrO ₂	SrO
2,55	2,74	12,1	< 0,002	0,004	1,99	0,021	0,0248

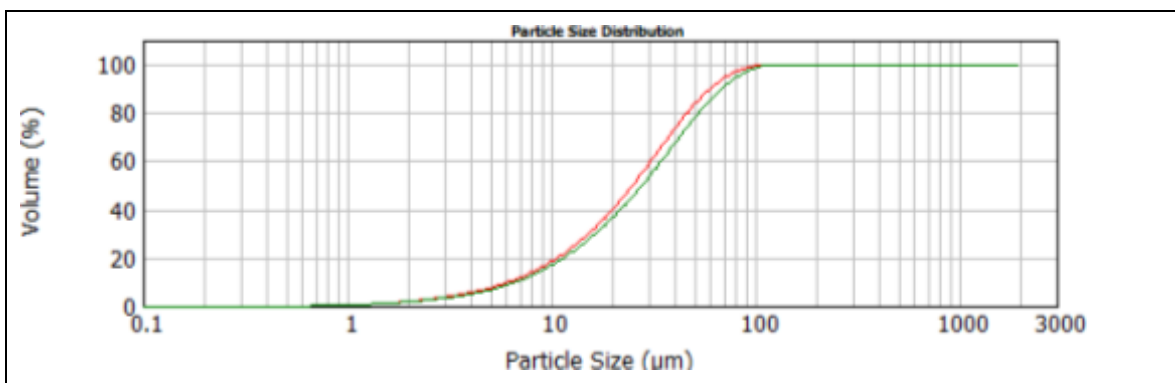
2. VLASTNOSTI DRUHOTNÉ SUROVINY PO ÚPRAVĚ – vnější sklo

Měrná hmotnost:	2520 kg/m ³
Vlhkost:	24 %

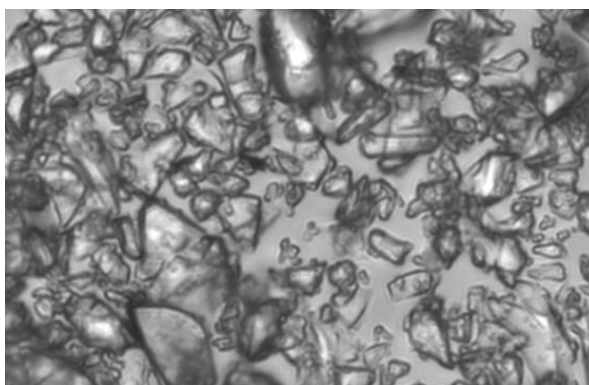
Chemické složení vnější (světlé) sklo panelu:

Ztráta sušením (105°C)	Ztráta žháním 1100°C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Mno	CaO
0,07	0,33	70,2	3,75	0,049	0,014	0,001	5,01
MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Li ₂ O	Cr ₂ O ₃	BaO	ZrO ₂	SrO
2,54	2,87	11,7	< 0,002	0,004	1,99	0,019	0,0302

Velikost částic pomletého materiálu:



Tvar částic:



Zvětšeno 40x

9.3.1.3 Sklo ze solárních panelů typu LDK

Společnost LDK Solar, která byla založena v Číně, je předním výrobcem polykrystalického křemíku, který vyniká vysokou čistotou, je také jedním z předních výrobců fotovoltaických modulů, které jsou odolné proti povětrnostním vlivům a jsou schopny odolat ultrafialovému záření a vlhkosti.

Jedná se o polykrystalický článek, což znamená, že článek má přesně čtvercový průřez, který je odlišný technologií výroby, kdy roztavený křemík je postupně vytahován a ochlazován, když dochází k jeho krystalizaci. Obecně platí, že polykrystalický článek má nižší účinnost oproti monokrystalickému, nicméně celkovou účinnost je schopen nahnat právě svým tvarem (větší plochou) a v závěru je účinnost modulů srovnatelná. [30]

Z rozbitého panelu, byl nejdříve odstraněn hliníkový rám a panel byl nařezán nožem na menší kousky. Tyto kousky byly mlety v kulovém mlýně. V kulovém mlýně se oddělí vrchní temperované sklo od polymerního EVA (etylvinylacetát) fólie a podkladu. Další úpravy byly prováděny pouze s vrchním sklem. Dále byl skelný recyklát proset na frakci $\leq 0,063$ mm.

KARTA ODPADU Č. 3**1. OBECNÉ INFORMACE**

Název odpadní látky	SKLO ZE SOLÁRNÍCH PANELŮ TYPU LDK
Producent odpadní látky	iSolar s.r.o. Hronovická 663 530 02 Pardubice
Fyzikální nebezpečnost	Ne
Nebezpečnost pro zdraví	Ne
Environmentální nebezpečnost	Ne

2. POŽADAVKY NA PŘEDÚPRAVU

Demontáž potřebných částí	Ano, demontáž skla
Sušení	Ne
Mletí	Ano – kulový mlýn
Třídění	Ano – na frakci $\leq 0,063$ mm

3. VLASTNOSTI ODPADU

Skupenství odpadní látky	Pevné
Hořlavost	Ne
Rozpustnost ve vodě	Ne

Fotodokumentace**KARTA PŘIPRAVENÉ DRUHOTNÉ SUROVINY**

Předúprava suroviny: ruční demontáž skla z podkladu panelu, následně 45 min. mletí v kulovém mlýně (navážka 6 kg), třídění na frakci $\leq 0,063$ mm

1. VLASTNOSTI DRUHOTNÉ SUROVINY PO ÚPRAVĚ

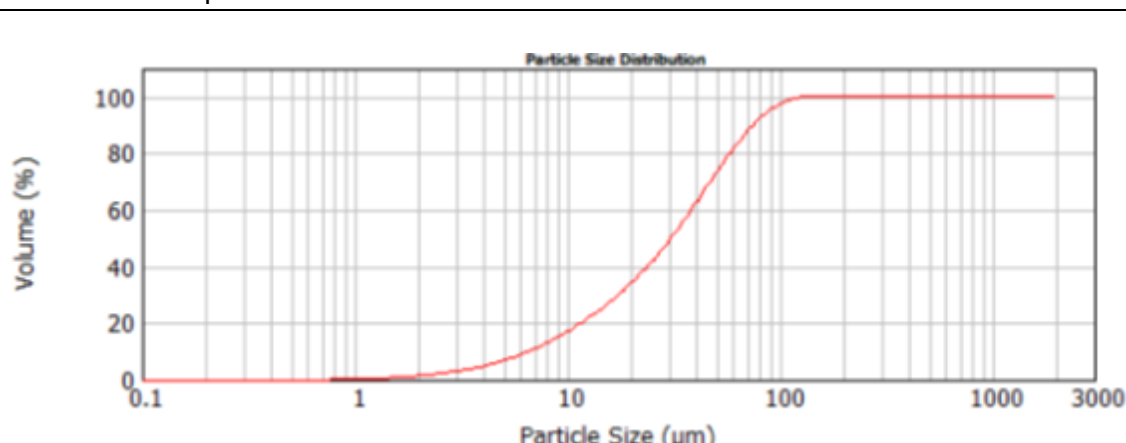
Měrná hmotnost:	2520 kg/m ³
Vlhkost:	0 %

Chemické složení:

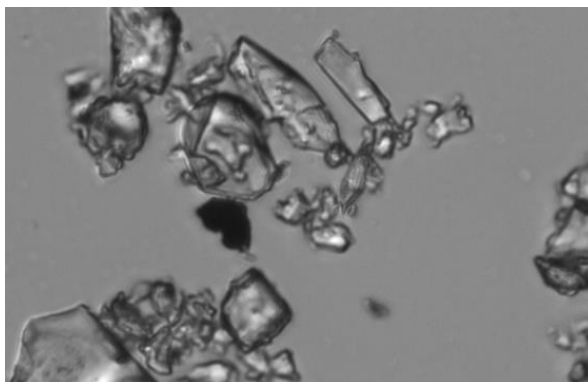
Ztráta sušením (105°C)	Ztráta žháním 1100°C	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	TiO₂	Mno	CaO
0,23	1,08	69,5	1,23	0,172	0,023	0,005	10,2

MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Li ₂ O	Cr ₂ O ₃	BaO	ZrO ₂	SrO
1,44	0,032	12,9	<0,002	0,005	0,005	0,008	0,0083

Velikost částic pomletého materiálu:



Tvar částic:



Zvětšeno 40x

9.3.1.4 Sklo ze solárních panelů typu QS

Tento modul je vyráběn společností QS Solar jako tzv. thin film module – tedy tenkovrstvý, což znamená, že není znečištěn jinými materiály, obsahuje především amorfní křemík. [31]

Základní technologie tenkovrstvé fotovoltaiky se dělí do několika skupin dle použitých materiálů a jejich možnosti využití slunečního spektra. Technologie používané pro laminování tenkovrstvých panelů velmi dobře známe z výroby bezpečnostních skel u automobilů, výloh obchodů, LCD a plazmových obrazovek. [31]

Z panelů byl nejdříve odstraněn hliníkový rám. Sklo, které se nachází na povrchu, je velmi těžké oddělit od podkladu, proto byl celý panel i s polymerním podkladem nařezán na malé kusy. Tyto byly cca 1 hodinu mlety v kulovém mlýně, kde dojde k oddělení skla od tvrdého polymerního podkladu. Při mletí je možné, že dojde k částečnému vymletí polymerního podkladu. Proto je možné, že jistý podíl polymeru obsažený ve skle dále ovlivní výsledky ať už pozitivně či negativně. Dále byl materiál domlet v laboratorním mlýně FRITSCH a vytříděn na frakci $\leq 0,063$ mm.

KARTA ODPADU Č. 4

1. OBECNÉ INFORMACE

Název odpadní látky	SKLO ZE SOLÁRNÍCH PANELŮ TYPU QS
Producent odpadní látky	iSolar s.r.o. Hronovická 663 530 02 Pardubice
Fyzikální nebezpečnost	Ne
Nebezpečnost pro zdraví	Ne
Environmentální nebezpečnost	Ne

2. POŽADAVKY NA PŘEDÚPRAVU

Demontáž potřebných částí	Ano, demontáž skla
Sušení	Ne
Mletí	Ano – kulový mlýn a mlýn Fritsch
Třídění	Ano – na frakci $\leq 0,063$ mm

3. VLASTNOSTI ODPADU

Skupenství odpadní látky	Pevné
Hořlavost	Ne
Rozpustnost ve vodě	Ne

Fotodokumentace



KARTA PŘIPRAVENÉ DRUHOTNÉ SUROVINY

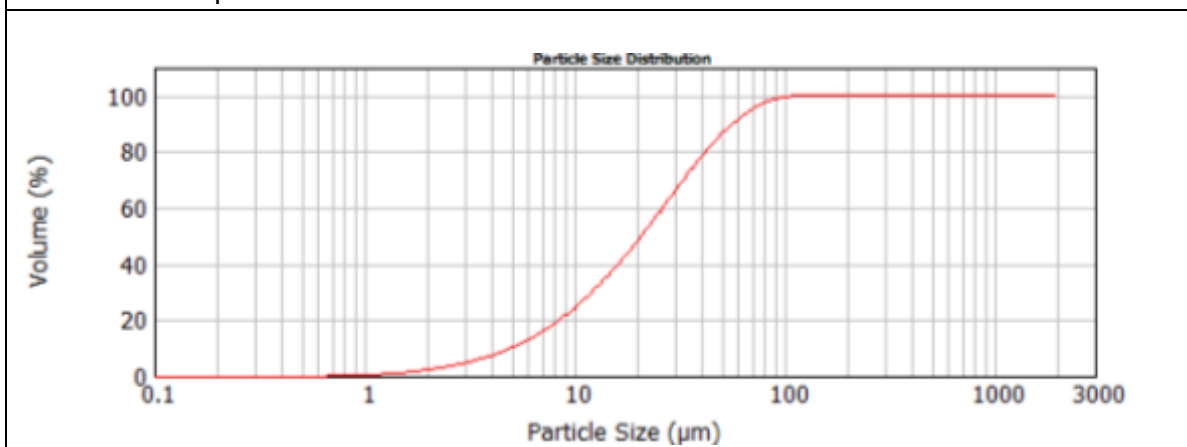
Předúprava suroviny: ruční demontáž skla z podkladu panelu, následně 60 min. mletí v kulovém mlýně (navážka 3 kg), případně domletí v laboratorním mlýně Fritsch, třídění na frakci $\leq 0,063$ mm

1. VLASTNOSTI DRUHOTNÉ SUROVINY PO ÚPRAVĚ

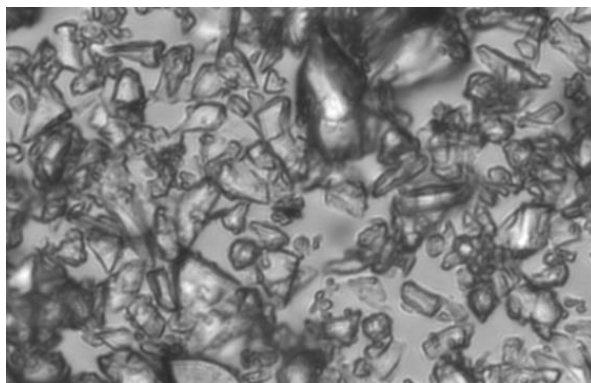
Měrná hmotnost:	2510 kg/m ³						
Vlhkost:	0 %						
Chemické složení:							
Ztráta sušením (105°C)	Ztráta žíháním 1100°C	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	TiO₂	Mno	CaO

0,22	0,5	71,0	0,499	0,110	0,023	0,006	8,45
MgO	K₂O	Na₂O	Li₂O	Cr₂O₃	BaO	ZrO₂	SrO
4,04	0,171	12,4	<0,002	0,005	0,009	0,009	0,005

Velikost částic pomletého materiálu:



Tvar částic:



Zvětšeno 40x

9.3.1.5 Autosklo

V dnešní době existuje mnoho druhů autoskel, která slouží pro akustický, atmosférický, tepelný, vizuální komfort, bezpečí a ochranu.

Složení autoskel se od klasického skla velmi liší, protože některá z nich obsahují pryskyřice, tónovací pokovení a zejména vloženou bezpečnostní fólii. Běžná dotřídňovací linka na obalové sklo nedokáže automobilová skla vytřídit ani upravit. Také klasické sklárny nemají na zpracování autoskla potřebnou výbavu, a proto se většinou skládkují.

Autoskla můžeme dělit v zásadě na dva druhy a to podle jejich využití. Jsou to skla, která obsahují bezpečnostní fólii a skla bez fólie. Bezpečnostní fólie se vyskytuje pouze u čelních skel. Občas se však setkáváme, že boční nebo zadní skla mohou také obsahovat tónovací fólii, která snižuje propustnost světla do vozidla. Tato fólie nemá žádný vliv na složení autoskla. Tyto dva druhy autoskel je před recyklací nutno od sebe oddělit. Recyklace skel s bezpečnostní fólií je náročnější proces, a tudíž je i cenově náročnější.

První fáze recyklace je dokonalé nadrcení autoskla za pomoci vstupní linky, která je vybavena vysoce funkčním drtičem, schopným rozdrtit autoskla z osobních a nákladních vozů, autobusů i kamionů. Pro autoskla bez bezpečnostní fólie po této fázi proces recyklace končí. Autoskla s bezpečnostní fólií pokračují dále na dopravníky a separátory, které vytřídí kovy a ostatní příměsi. Drobné střípky jsou dále dopraveny k soustavě optických čidel, s jejichž pomocí se z drti odstraní nečistoty, zbytky fólie, vytěšňovací gumy apod. Výsledná směs z nadrcených skel má své specifické vlastnosti a stále obsahuje jisté procento nečistot, proto se na výrobu nového skla používá jen velmi malé množství. Větší množství se používá při výrobě izolací nebo sklokrystalických desek. Velká část těchto odpadů však zůstává bez využití a nabízí se tak jako vhodná a dostupná druhotná surovina pro využití ve stavebnictví. [32, 33]

Autosklo, které bylo v práci použito, bylo dovezeno ze skládky ve Frýdku - Místku. Byla dovezena celá čelní okna s bezpečnostní fólií. Sklo oken bylo polámáno, folie byla nejdříve nařezána odlamovacím nožem na menší části, které se následně mlely v kulovém mlýně, kde došlo k oddělení skla od polymerní fólie, která se v autosklu nachází. Mletí trvalo cca 1 hodinu při navážce 3 kg střepů. Dále bylo namleté sklo ručně proséváno na frakci $\leq 0,063$ mm.

KARTA ODPADU Č. 5	
1. OBECNÉ INFORMACE	
Název odpadní látky	AUTOSKLO
Producent odpadní látky	Frýdecká skládka, a.s. Panské Nové Dvory 3559 738 01 Frýdek-Místek
Fyzikální nebezpečnost	Ne
Nebezpečnost pro zdraví	Ne
Environmentální nebezpečnost	Ne
2. POŽADAVKY NA PŘEDÚPRAVU	
Sušení	Ano
Mletí	Ano – kulový mlýn
Třídění	Ano – na frakci $\leq 0,063$ mm
3. VLASTNOSTI ODPADU	
Skupenství odpadní látky	Pevné
Hořlavost	Ne
Rozpustnost ve vodě	Ne
Fotodokumentace:	



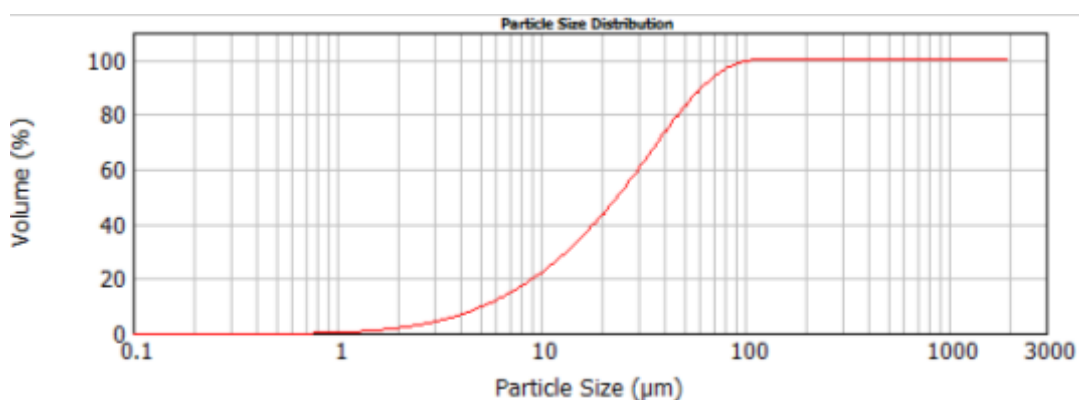
KARTA PŘIPRAVENÉ DRUHOTNÉ SUROVINY

Předúprava suroviny: ruční nařezání skla přes bezpečnostní folii, sušení při 105 °C, následně 60 min. mletí v kulovém mlýně (navážka 3 kg), třídění na frakci $\leq 0,063$ mm

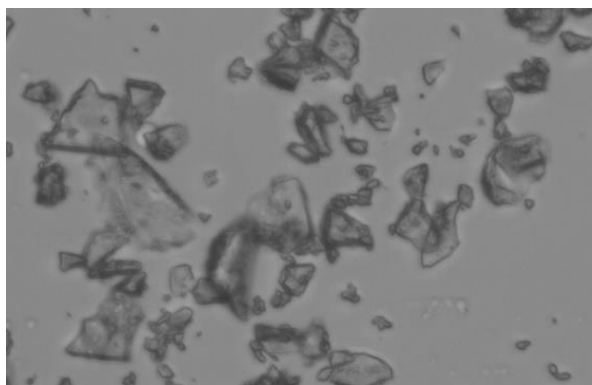
1. VLASTNOSTI DRUHOTNÉ SUROVINY PO ÚPRAVĚ

Měrná hmotnost:	2540 kg/m³						
Vlhkost:	8 %						
Chemické složení:							
Ztráta žíháním 1100°C	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	Na₂O	Li₂O	CaO	MgO
0,65	69,16	0,69	0,14	12,00	0,004	9,19	3,71
K₂O	BaO	TiO₂	Cr₂O₃	ZnO	PbO	ZrO₂	
0,32	0,17	0,03	0,005	0,01	0,02	0,029	

Velikost částic pomletého materiálu:



Tvar částic:



Zvětšeno 40x

9.3.1.6 Obalové sklo

Do této skupiny patří zejména lahvé sklo, které se vyrábí z 50 % křemičitého písku, 16 % sody, 12 % vápence, 18 % odpadního skla a 4 % tvoří odpadní látky. Čiré sklo, ať už se jedná o jakékoliv běžné sklo je téměř 100 % recyklovatelné a používá se opět ve výrobním procesu daných výrobků. Problémem je ovšem sklo barevné, tato skutečnost je dána hlavně tím, že třídící systém nerozlišuje sklo hnědé od zeleného, faktem je také to, že každé barevné sklo má jiné chemické složení, proto se zpětně využívá jen k výrobě barevného skla, většinou obalového.

V praxi je nejdůležitější při recyklaci obalového skla jeho prvotní třídění na sklo bílé a barevné. V rámci třídění odpadu má svůj vlastní prostor vyhrazeno i sklo hnědé a zelené. K recyklaci je nejvhodnější sklo bílé tabulové, protože je u něj zajištěna vysoká čistota materiálu. Po důkladném roztřídění skleněného odpadu dojde k jeho rozdrčení v drtičce. Střepey se drtí na odrazovém drtiči, následuje třídění na sítích a na vzduchovém drtiči se odstraňují hrubé nečistoty, zejména etikety a staniol. Při drcení obalového skla se musí dodržovat normové hodnoty. Ve sto kilogramech materiálu může zůstat pouze deset gramů keramického materiálu, šest gramů kovového a feromagnetického odpadu, půl gramu nemagnetického opadu a žádný netavitelný materiál. Tyto příměsi se odstraňují před vlastním drcením na třídící lince, v níž jsou zabudované sběrné magnety na kov nebo fukar na lehké materiály. [36]

Obalové sklo zaujímá největší podíl druhotných surovin z odpadového skla. Avšak je také nejsnadněji recyklovatelné, jelikož neobsahuje nebezpečné či znečišťující látky, které je třeba odstranit, či jakkoliv s nimi složitými technologiemi nakládat. Obalové sklo použité pro tuto práci bylo dovezeno ze skládky ETROPACK MORAVIA GLASS, a.s. v Kyjově.

KARTA ODPADU Č. 6**1. OBECNÉ INFORMACE**

Název odpadní látky	OBALOVÉ SKLO
Producent odpadní látky	ETROPACK MORAVIA GLASS, a.s. Havlíčková 180/18 Kyjov
Fyzikální nebezpečnost	Ne
Nebezpečnost pro zdraví	Ne
Environmentální nebezpečnost	Ne

2. POŽADAVKY NA PŘEDÚPRAVU

Odstranění nečistot	Ano – odstranění případných zbytků etiket a původního obsahu
Třídění	Ano – obalové sklo je různých barev, může být požadavek na jeho barevnou separaci
Drcení	Ano – dodávány jsou kusy skla
Sušení	Ano
Mletí	Ano – kulový mlýn
Třídění	Ano – na frakci $\leq 0,063$ mm

3. VLASTNOSTI ODPADU

Skupenství odpadní látky	Pevné
Hořlavost	Ne
Rozpustnost ve vodě	Ne

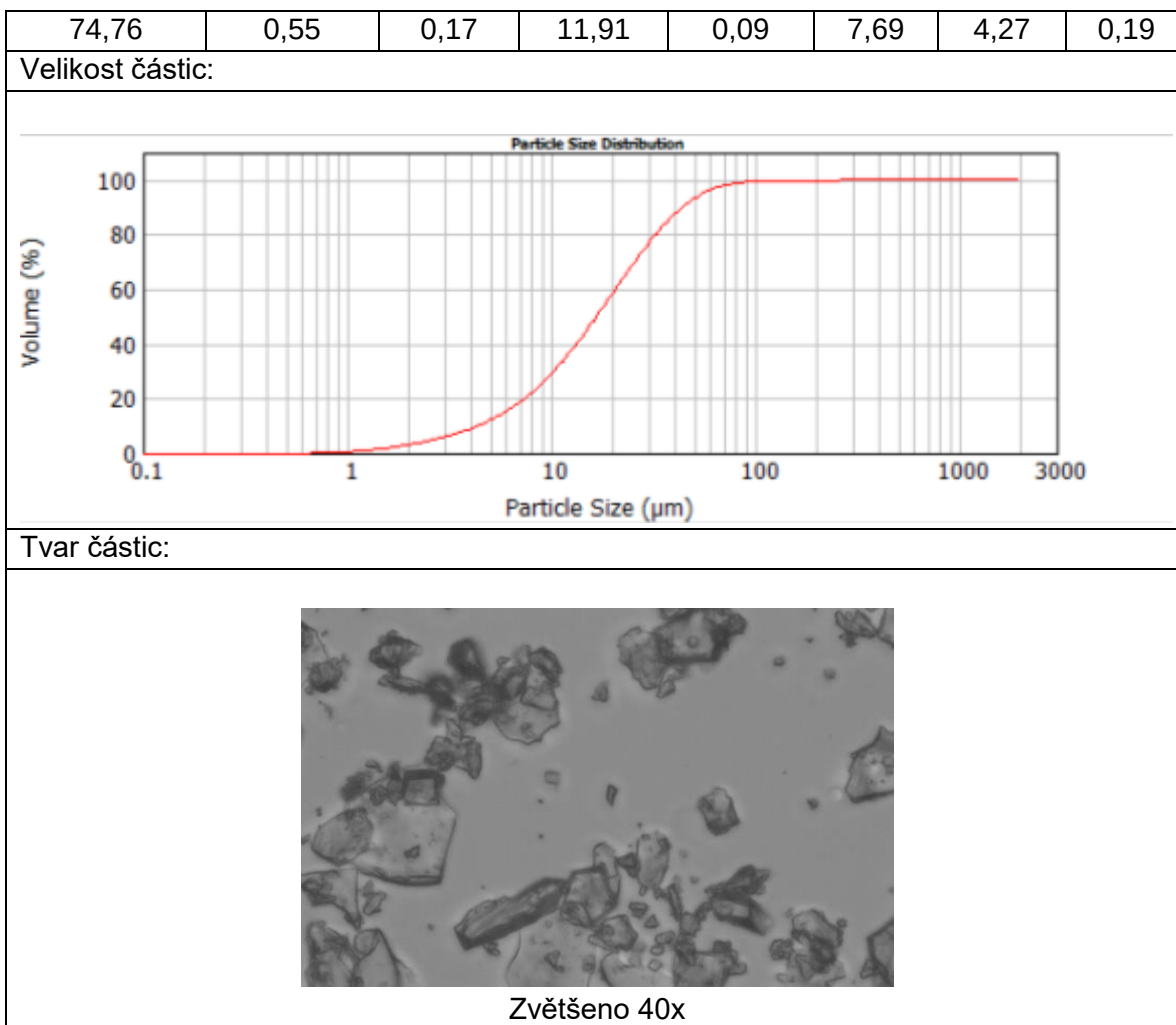
Fotodokumentace

**KARTA PŘIPRAVENÉ DRUHOTNÉ SUROVINY**

Předúprava suroviny: ruční nařezání skla přes bezpečnostní folii, sušení při 105 °C, následně 60 min. mletí v kulovém mlýně (navážka 3 kg), třídění na frakci $\leq 0,063$ mm

1. VLASTNOSTI DRUHOTNÉ SUROVINY PO ÚPRAVĚ

Měrná hmotnost:	2530 kg/m ³						
Vlhkost:	6 %						
Chemické složení:							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	BaO	CaO	MgO	K ₂ O



9.3.2 Primární plniva

9.3.2.1 Směs křemičitých písků ISG

ISG směs je připravována ze sušených křemičitých písků v odstupňovaných zrnitostech. Směsi umožňují v systémech s umělými pryskyřicemi dosažení vyšší hustoty než jednotlivé frakce. Tím snižují spotřebu pryskyřice a zvyšují pevnosti výsledného produktu.

Směsi křemičitých písků ISG jsou prosté nečistot, mají optimální, kulový tvar zrna. Zjednodušují práci, neboť není třeba při zhotovení hmoty míchat jednotlivé frakce. Jsou použitelné jako plnivo do pryskyřic, malt, stěrek a zásypů.

KARTA PRIMÁRNÍHO PLNIVA Č. 1

1. OBECNÉ INFORMACE

Název odpadní látky	Směs křemičitých písků ISG
Výrobce	CHEJN spol. s r.o. Pražská 1194 342 01 Sušice

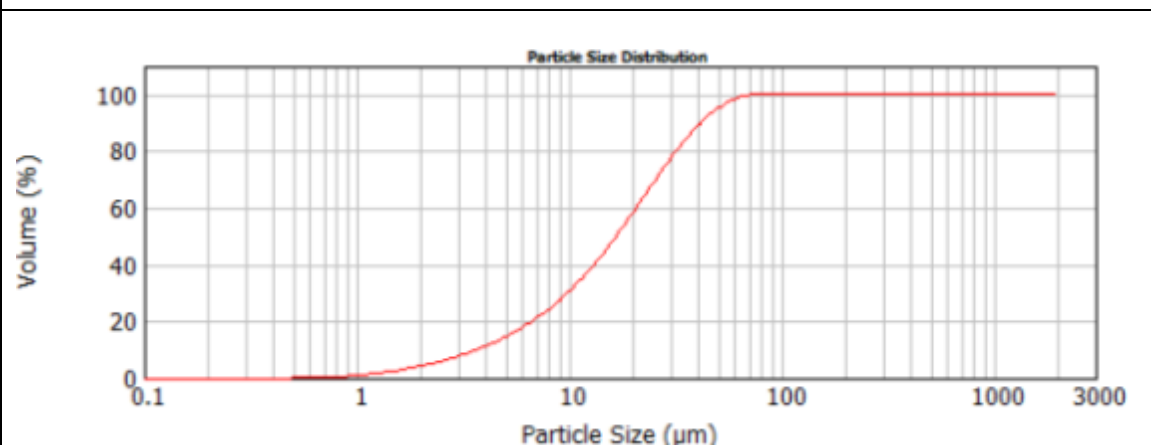
2. VLASTNOSTI MATERIÁLU

Skupenství odpadní látky	Pevné
Hořlavost	Ne
Rozpustnost ve vodě	Ne
Měrná hmotnost	2660 kg/m ³
Vlhkost	0 %

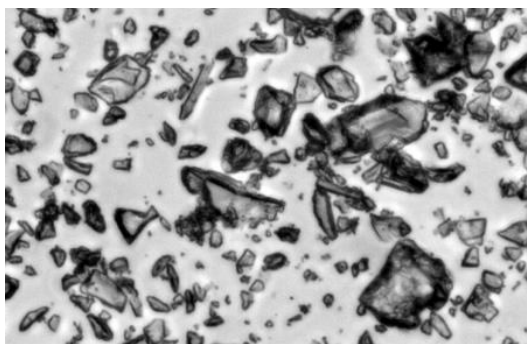
Chemické složení

Ztráta žháním 1100°C	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	Na₂O	Li₂O	CaO	MgO
0,29	99,5	0,612	0,028	0,029	<0,001	0,038	0,010
K₂O	BaO	TiO₂	Cr₂O₃	ZnO	PbO	ZrO₂	MnO
0,222	0,013	0,031	<0,004	0,01	0,02	0,008	0,001

Velikost částic:



Tvar částic: nepravidelný, většina hran zakulacená



Zvětšeno 20x

9.3.2.2 Skleněné vločky

Skleněné vločky jsou velmi tenké rovinné destičky s hladkým povrchem, které jsou průhledné a mají neutrální barvu.

Ochranné nátěry využívající toto plnivo se využívají již od r. 1970 v různých odvětvích průmyslu, především tam, kde je nutné zajistit vyšší ochranu proti agresivním látkám (chemický průmysl, petrochemický průmysl, potravinářský průmysl, zdravotnictví apod.).

Používají se pro zlepšení odolnosti proti vnějším vlivům, speciálně proti chemikáliím a také pro zlepšení pevnosti, neboť působí jako výztuž. V barevném provedení jsou použitelné také jako pigmenty s jedinečným efektem.

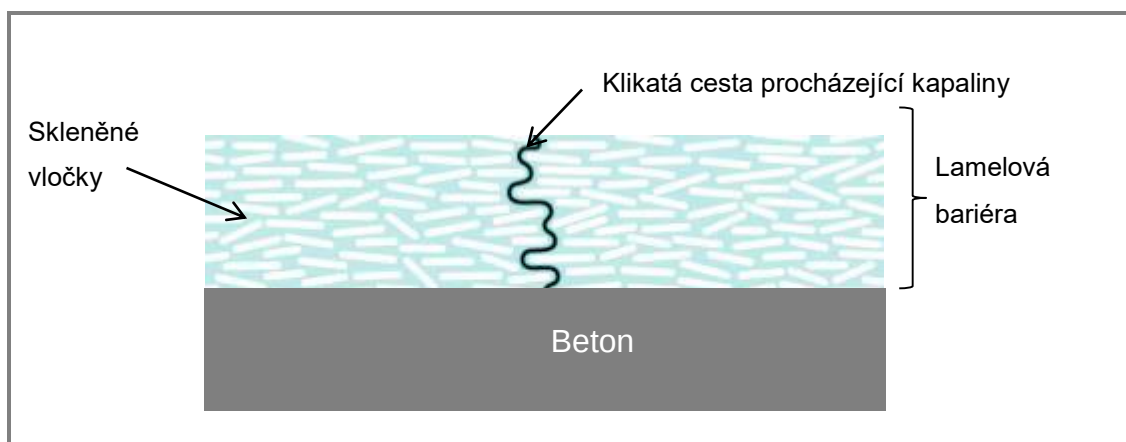
Skleněné vločky jsou charakterizovány v závislosti na tloušťce, velikosti a také na složení skla, ze kterého jsou vyrobeny. Tloušťka vloček může být měřena ručně rastrovacím elektronovým mikroskopem nebo automaticky inovačními spektroskopickými technikami. Firma Glassflake Ltd vyrábí produkty s tloušťkou v rozmezí od 100 μm do 7 mikronů.

Princip využití skleněných vloček v polymerních nátěrových hmotách je následující: díky morfologii vloček, tedy vysokému poměru stran vůči ploše vločky a díky jejich schopnosti dokonalého rovinného uspořádání vzájemně vůči sobě a podkladu vytváří vločky ve hmotě lamelovou bariéru. V případě styku povrchu hmoty s agresivní látkou, vytváří tato bariéra klikatou cestu a tím prodlužuje délku dráhy, kterou musí látka přes povlak projít. Takto je zajištěna časově delší odolnost povrchu než-li u hmot neplněných, nebo hmot plněných zrnitým, nebo vláknitým plnivem. [37, 42]

Nevýhodou je jejich vysoká cena, která se pohybuje okolo 50 – 60,- Kč bez DPH/kg.

Skleněné vločky budou v práci použity pouze pro ověření vlivu tvaru částic plniva na chemickou odolnost materiálu, ne pro samotný vývoj nových hmot.

Obr. 8 – Řez vrstvou polymerního nátěru plněného skleněnými vločkami



KARTA PRIMÁRNÍHO PLNIVA Č. 2

1. OBECNÉ INFORMACE

Název odpadní látky	SKLENĚNÉ VLOČKY (Glassflakes)
Výrobce	Glassflake Ltd Dodavatel: Worlee-Chemie GmbH Grusonstrasse 22 22113 Hamburg Německo

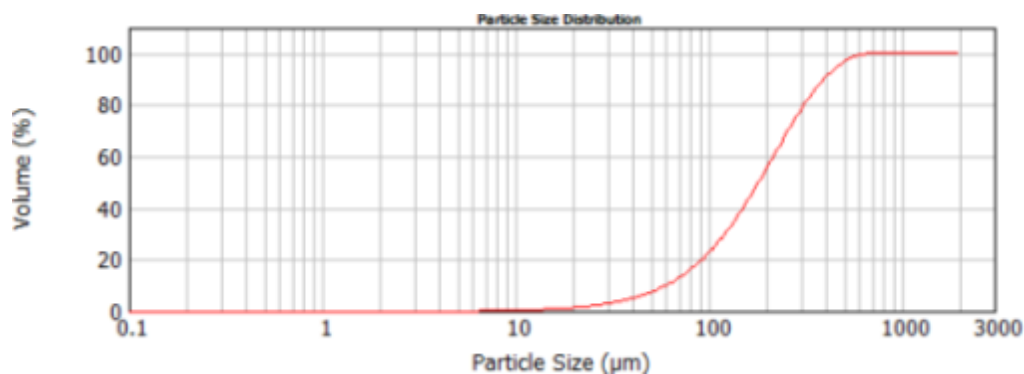
2. VLASTNOSTI MATERIÁLU

Skupenství odpadní látky	Pevné
Hořlavost	Ne
Rozpustnost ve vodě	Ne
Měrná hmotnost	2470 kg/m ³
Vlhkost	0 %

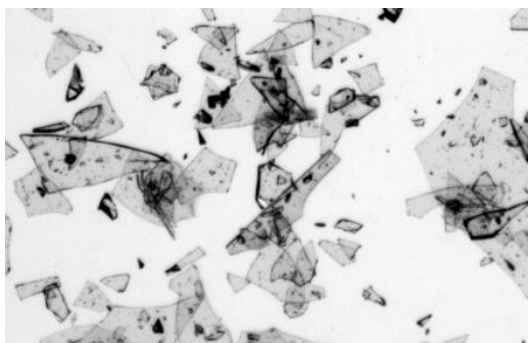
Chemické složení:

Ztráta žiháním 1100°C	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	Na₂O	Li₂O	CaO	MgO
0,32	65,1	4,11	0,121	8,42	0,002	6,41	2,28
K₂O	BaO	TiO₂	Cr₂O₃	ZnO	PbO	ZrO₂	MnO
2,50	0,007	0,021	<0,004	0,01	<0,005	0,021	0,006

Velikost částic:



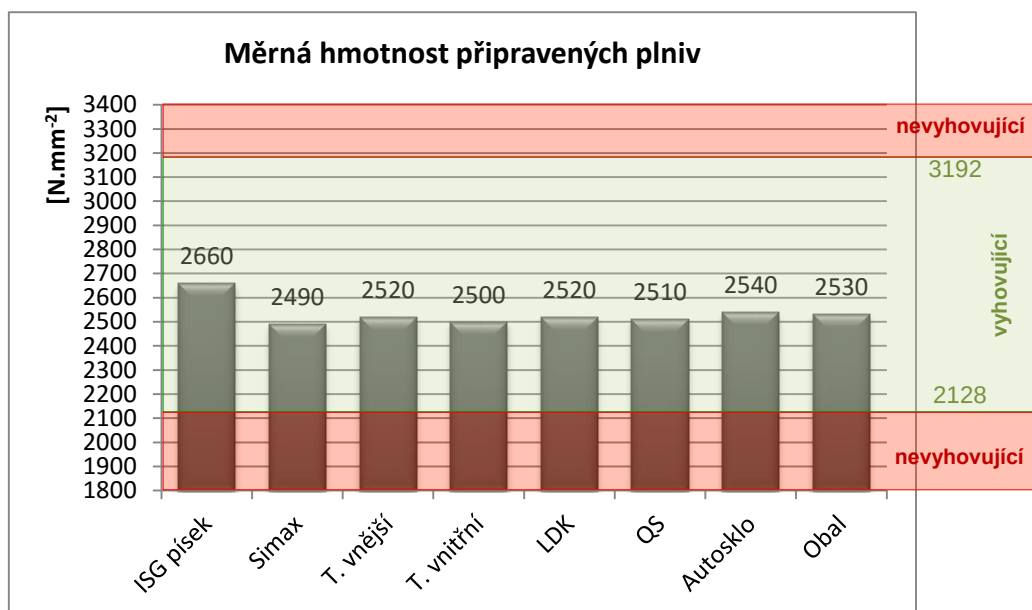
Tvar částic: šupinovitý, vločkovitý



Zvětšeno 40x

Plniva (druhotné suroviny), která byla pro vývoj nových hmot připravena z odpadních materiálů, musí mít obdobnou měrnou hmotnost, jako plniva běžně užívaná do referenčních srovnávacích směsí. Tyto by se neměly lišit o $\pm 20 \%$. Jelikož u referenčních srovnávacích směsí je využit jako plnivo směs křemičitých písků ISG, je tedy hraniční hodnotou právě jeho měrná hmotnost. Porovnání měrných hmotností jednotlivých připravených plniv ukazuje, že uvažovaná plniva z druhotných surovin vyhovují této podmínce.

Obr. 9 – Porovnání měrných hmotností plniv



9.4 Návrh receptur ochranných prostředků, aplikační test

Prvotní receptury vyvíjených ochranných prostředků byly navrženy jako hmotnostní procentuální podíl plniva k pojivové složce. Navržený podíl plniva je vždy s odstupem 5 %, tedy 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 % pojivové složky, přičemž toto platí u všech druhů pojiv a plniv.

Pojivo Plnivo	PBR	PVR	PAN	NBR	NVR	NAN
Simax / T. vnější / T. vnitřní / LDK / QS / Autosklo / Obal	10	10	10	10	10	10
	15	15	15	15	15	15
	20	20	20	20	20	20
	25	25	25	25	25	25
	30	30	30	30	30	30
	35	35	35	35	35	35
	40	40	40	40	40	40
	45	45	45	45	45	45
	50	50	50	50	50	50

Tab. 23 – Návrh prvotních receptur - % plnění hmot

Výběr receptur pro další testování a vývoj záleží nejvíce na výsledcích aplikačního testu, který byl proveden na všech uvedených směsích.

9.4.1 Ověření navržených receptur – aplikační test

Navržené směsi byly testovány tzv. aplikačním testem, který je blíže popsán v kap. 8.2. *Aplikační test*. Přesné a podrobně rozpočítané receptury jednotlivých ochranných materiálů jsou uvedeny v následujících tabulkách a to v přepočtu na plochu 30 x 30 cm, což odpovídá ploše vzorku aplikačního testu. Je nutno podotknout, že každý materiál je navržen pro specifické využití a byl testován ve spotřebě a počtu vrstev, který je pro jeho použití optimální.

9.4.1.1 Receptury pro aplikační test

U každé hmoty je v tabulce výpočtu receptury vždy uvedeno procentuální plnění, přepočtená hmotnost plniva a dále množství složky A - pojiva a dále B - tvrdidla. Dále je v tabulce uveden počet vrstev, které budou pro danou hmotu aplikovány. U referenčních hmot není uveden přesný obsah plniva, což je know-how dodavatelské společnosti, ale je uveden rozsah, ve kterém je plnivo využito. U referenčních hmot je plnivo obsaženo ve složce A.

- **PBR** – referenční srovnávací směs byla namíchána v poměru složek pojiva A : B = 4,5 : 1 při spotřebě 2 kg/m² - celkem navážka 180 g. Další testované směsi s obsahem plniva z druhotné suroviny byly namíchány v poměru složek pojiva A : B = 2,4 : 1 při spotřebě 2 kg/m² - celkem navážka 180 g. Směs byla nanášena v 1 vrstvě na penetrovaný podklad.

Obsah plniva [% hmotnostní]	Hmotnost plniva [g]	Složka A [g]	Složka B [g]	Pozn.
ref. srov. směs 25 – 40 %	---	147,3 již obsahuje plnivo	32,7	1 vrstva
10	18,0	114,4	47,6	1 vrstva
15	27,0	108,0	45,0	1 vrstva
20	36,0	101,6	42,4	1 vrstva
25	45,0	95,3	39,7	1 vrstva
30	46,0	94,6	39,4	1 vrstva
35	63,0	82,6	34,4	1 vrstva
40	72,0	76,2	31,8	1 vrstva
45	81,0	69,9	29,1	1 vrstva
50	99,0	57,2	23,8	1 vrstva

Tab. 24 – Receptury pro aplikační test - pojivo PBR

- **PVR** – referenční srovnávací směs byla namíchána v poměru složek pojiva A : B = 3,6 : 1 při spotřebě 0,5 kg/m² 1. vrstva, 0,8 kg/m² 2. vrstva. Další testované směsi s obsahem plniva z druhotné suroviny byly namíchány v poměru složek pojiva A : B = 2,5 : 1 při spotřebě 0,5 kg/m² 1. vrstva, 0,8 kg/m² 2. vrstva byla nanášena válečkem na podklad bez penetrace, 2. vrstva zubovou stěrkou.

Obsah plniva [% hmotnostní]	Hmotnost plniva [g]	Složka A [g]	Složka B [g]	Pozn.
ref. srov. směs 15 – 25 %	---	35,2 již obsahuje plnivo	9,8	1. vrstva
	---	56,3 již obsahuje plnivo	15,7	2. vrstva
10	6,8	27,3	10,9	1. vrstva
	10,8	43,7	17,5	2. vrstva
15	11,3	24,1	9,6	1. vrstva
	18,0	38,6	15,4	2. vrstva
20	15,8	20,9	8,4	1. vrstva
	25,2	33,4	13,4	2. vrstva
25	20,3	17,7	7,1	1. vrstva
	32,4	28,3	11,3	2. vrstva
30	24,8	14,5	5,8	1. vrstva
	39,6	23,1	9,3	2. vrstva
35	0,0	35,2	9,8	1. vrstva
	0,0	56,3	15,7	2. vrstva
40	6,8	27,3	10,9	1. vrstva
	10,8	43,7	17,5	2. vrstva
45	11,3	24,1	9,6	1. vrstva
	18,0	38,6	15,4	2. vrstva
50	15,8	20,9	8,4	1. vrstva
	25,2	33,4	13,4	2. vrstva

Tab. 25 – Receptury pro aplikační test - pojivo PVR

- **PAN** – referenční srovnávací směs byla namíchána v poměru složek pojiva A : B = 4,6 : 1 při spotřebě 0,55 kg/m² a 3 vrstvách. Další testované směsi s obsahem plniva z druhotné suroviny byly namíchány v poměru složek pojiva A : B = 2,5 : 1 při spotřebě 0,55 kg/m² a 3 vrstvách nanášeny na penetrovaný podklad válečkem či štětcem.

Obsah plniva [% hmotnostní]	Hmotnost plniva [g]	Složka A [g]	Složka B [g]	Pozn.
ref. srov. směs 25 – 35 %	---	40,7 již obsahuje plnivo	8,8	3 vrstvy
10	5,0	31,8	12,7	3 vrstvy
15	7,4	30,1	12,0	3 vrstvy
20	9,9	28,3	11,3	3 vrstvy
25	12,4	26,5	10,6	3 vrstvy
30	14,9	24,8	9,9	3 vrstvy
35	17,3	23,0	9,2	3 vrstvy
40	19,8	21,2	8,5	3 vrstvy
45	22,3	19,4	7,8	3 vrstvy
50	24,8	17,7	7,1	3 vrstvy

Tab. 26 – Receptury pro aplikační test - pojivo PAN

- **NBR** – referenční srovnávací směs byla namíchána v poměru složek pojiva A : B = 3 : 1 při spotřebě 0,4 kg/m² a 2 vrstvách. Další testované směsi s obsahem plniva z druhotné suroviny byly namíchány v poměru složek pojiva A:B = 2,2 : 1 při spotřebě 0,4 kg/m² a 2 vrstvách nanášeny na penetrovaný podklad válečkem či štětcem.

Obsah plniva [% hmotnostní]	Hmotnost plniva [g]	Složka A [g]	Složka B [g]	Pozn.
ref. srov. směs 10 – 20 %	---	27,0 již obsahuje plnivo	9,0	2 vrstvy
10	3,6	22,3	10,1	2 vrstvy
15	5,4	21,0	9,6	2 vrstvy
20	7,2	19,8	9,0	2 vrstvy
25	9,0	18,6	8,4	2 vrstvy
30	10,8	17,3	7,9	2 vrstvy
35	12,6	16,1	7,3	2 vrstvy
40	14,4	14,9	6,8	2 vrstvy
45	16,2	13,6	6,2	2 vrstvy
50	18,0	12,4	5,6	2 vrstvy

Tab. 27 – Receptury pro aplikační test - pojivo NBR

- **NVR** – referenční srovnávací směs byla namíchána v poměru složek pojiva A : B = 2,5 : 1 při spotřebě 0,25 kg/m². Další testované směsi s obsahem plniva z druhotné suroviny byly namíchány v poměru složek pojiva A : B = 1,4 : 1 při spotřebě 0,25 kg/m² a 1 vrstvě nanášené na penetrovaný podklad válečkem či štětcem.

Obsah plniva [% hmotnostní]	Hmotnost plniva [g]	Složka A [g]	Složka B [g]	Pozn.
ref. srov. směs 20 – 30%	---	16,1 již obsahuje plnivo	6,4	1 vrstva
10	3,15	11,29	8,06	1 vrstva
15	4,73	10,37	7,41	1 vrstva
20	6,30	9,45	6,75	1 vrstva
25	7,88	8,53	6,09	1 vrstva
30	9,45	7,61	5,44	1 vrstva
35	11,03	6,69	4,78	1 vrstva
40	12,60	5,78	4,13	1 vrstva
45	14,18	4,86	3,47	1 vrstva
50	15,75	3,94	2,81	1 vrstva

Tab. 28 – Receptury pro aplikační test - pojivo NVR

- **NAN** – referenční srovnávací směs byla namíchána v poměru složek pojiva A : B = 2 : 1 při spotřebě 0,4 kg/m² a 2 vrstvách. Další testované směsi s obsahem plniva z druhotné suroviny byly namíchány v poměru složek pojiva A : B = 2 : 1 při spotřebě 0,4 kg/m² a 2 vrstvách nanášených na penetrovaný podklad válečkem či štětcem.

Obsah plniva [% hmotnostní]	Hmotnost plniva [g]	Složka A [g]	Složka B [g]	Pozn.
ref. srov. směs 0 – 10 %	---	24,0 již obsahuje plnivo	12,0	2 vrstvy
10	3,6	19,9	12,5	2 vrstvy
15	5,4	18,8	11,8	2 vrstvy
20	7,2	17,7	11,1	2 vrstvy
25	9,0	16,6	10,4	2 vrstvy
30	10,8	15,5	9,7	2 vrstvy
35	12,6	14,4	9,0	2 vrstvy
40	14,4	13,3	8,3	2 vrstvy
45	16,2	12,2	7,6	2 vrstvy
50	18,0	11,1	6,9	2 vrstvy

Tab. 29 – Receptury pro aplikační test - pojivo NAN

9.4.1.2 Výsledky aplikačního testu – zpracovatelnost

Zpracovatelnost hodnotí, zda byl materiál dobře zpracovatelný, snadno se promíchával a došlo k dokonalému promísení jednotlivých složek. Zpracovatelnost byla vždy porovnávána s referenčními srovnávacími hmotami.

Plnivo Pojivo	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Auto- sklo	Obal
PBR	45	45	45	45	45	50	45
PVR	35	35	35	35	35	35	35
PAN	40	40	35	40	40	40	40
NBR	30	35	35	30	35	30	30
NVR	45	45	45	45	45	45	45
NAN	15	15	20	20	20	20	15

Tab. 30 – Výsledky testu zpracovatelnosti směsí – max. vyhovující plnění [%]

9.4.1.3 Výsledky aplikačního testu – aplikovatelnost

Při nanášení materiálu bylo hodnoceno, zda lze materiál nanášet požadovanou technologií doporučenou výrobcem, jaké jsou reologické vlastnosti systému, kompatibilita pojivové složky a plniva a jestli dochází k jeho celkovému slití a vyrovnání.

Obr. 10 – Příklad aplikovatelnosti vyhovujícího vzorku (hmota NAN + 10 % plniva Simax)



Obr. 11 – Příklad aplikovatelnosti nevyhovujícího vzorku (hmota NAN + 35 % plniva LDK)



Plnivo Pojivo	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Auto- sklo	Obal
PBR	45	40	45	45	45	45	45
PVR	35	35	35	35	35	35	35
PAN	40	35	35	35	40	40	40
NBR	25	25	25	30	25	30	25
NVR	40	40	45	45	40	45	40
NAN	10	10	15	15	15	20	15

Tab. 31 – Výsledky testu aplikovatelnosti směsí – max. vyhovující plnění [%]

9.4.1.4 Výsledky aplikačního testu – výsledný povrch

Výsledný povrch byl posuzován pouze u směsí, které vyhověly testu aplikovatelnosti. Hodnotí se, zda materiál splňuje požadované vlastnosti na kvalitu výsledného povrchu, který by měl být hladký, lesklý, bez defektů, neměly by vznikat důlky, fleky a také nesmí docházet k separaci plniva od pojivové složky.

Plnivo Pojivo	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autos klo	Obal
PBR	25	25	25	35	25	45	25
PVR	25	25	25	25	25	25	25
PAN	35	35	35	35	35	35	35
NBR	25	20	20	25	15	25	25
NVR	35	35	35	35	35	35	35
NAN	10	10	15	15	10	20	10

Tab. 32 – Výsledky testu výsledného povrchu - max. vyhovující plnění [%]

9.5 Vyhodnocení výsledků ETAPY I

Jako nejlepší byly vybrány směsi, které vyhověly aplikačnímu testu a zároveň měly nejvyšší plnění druhotnou surovinou. Tyto postupují dále a budou podrobeny dalším zkouškám, které ověří jejich vlastnosti. Z ekonomického pohledu je nejlepší maximální plnění, které zajišťuje nižší množství drahé polymerní matrice a tím zlevňuje výsledný materiál. U žádné ze směsí nedošlo ke snížení plnění pod spodní hranici plnění referenční hmoty.

Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Auto- sklo	Obal
PBR	25-40	25	25	25	35	25	45	25
PVR	15-25	25	25	25	25	25	25	25
PAN	25-35	35	35	35	35	35	35	35
NBR	10-20	25	20	20	25	15	25	25
NVR	20-30	35	35	35	35	35	35	35
NAN	0-10	10	10	15	15	10	20	10

Tab. 33 – Výběr nejlepších směsí s max. vyhovujícím plněním [%]

10. REALIZACE A VÝSLEDKY ETAPA II

Ověření základních vlastností vybraných receptur

10.1 Základní zkoušky na čerstvé směsi

10.1.1 Stanovení sedimentace

Pro porovnání sedimentace byly hodnoceny referenční srovnávací hmoty standardně plněné, referenční srovnávací hmoty bez plniv a tyto byly porovnány s nově vyvíjenými materiály. Vždy byla testována pouze složka A, která běžně obsahuje plniva. Složka B pak slouží jako tvrdidlo a zajišťuje polymeraci celého systému. Sedimentace závisí nejvíce na množství plniva, tvaru částic a granulometrii. Je-li sedimentace vyvíjených hmot o více jak jeden hodnotící bod vyšší oproti referenční srovnávací hmotě, je pravděpodobné, že je plnění příliš vysoké (může docházet k sedání plniva při práci s hmotou, hmotu nelze skladovat apod.). I takováto hmota však postoupí do dalšího testování, jelikož je případně možné modifikovat pojivovou matici tak, aby byla sedimentace vyhovující.

Plnivo Pojivo	Ref.	Ref. neplněná	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	4	5	2	2	2	3	2	4	2
PVR	3	5	3	3	3	3	4	3	3
PAN	4	5	4	4	4	4	4	3	3
NBR	3	5	4	3	3	4	2	4	4
NVR	4	5	4	4	5	4	4	4	4
NAN	3	5	3	3	4	4	3	5	3

Tab. 34 – Sedimentace [-]

Obr. 12 – Příklad sedimentace referenční srovnávací hmoty



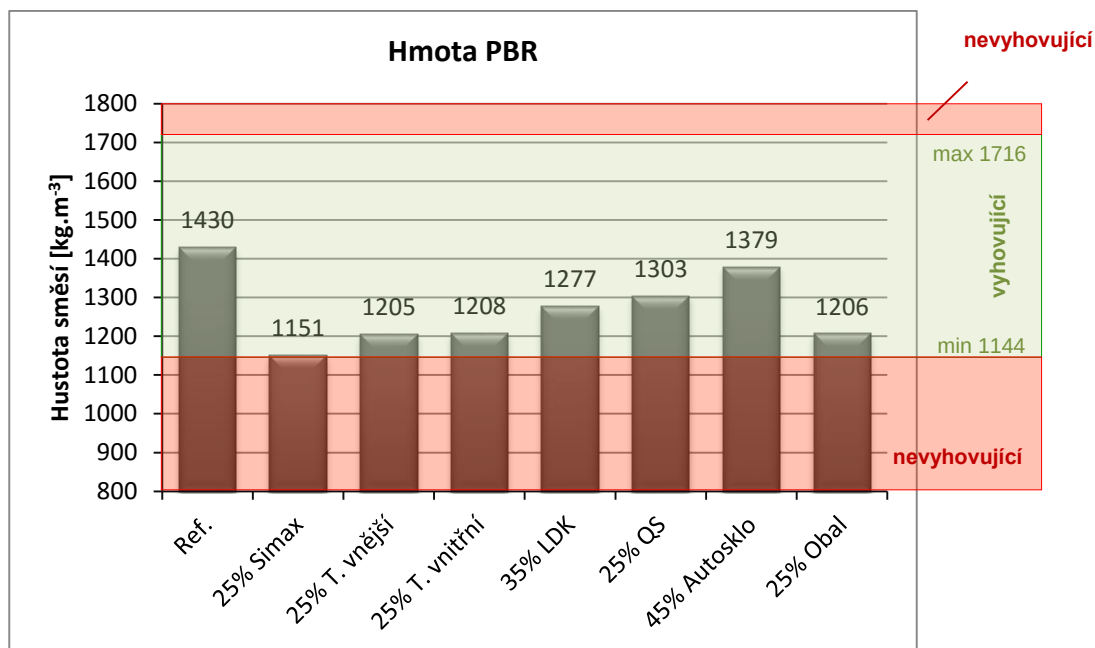
10.1.2 Stanovení hustoty směsí

Hustota vyvíjených směsí by neměla být více jak o 20 % rozdílná oproti referenční srovnávací směsi. Tato vlastnost udává, jak se bude s materiálem pracovat, jaké bude mít rozlivové vlastnosti apod. Dále na ní závisí technologie aplikace výsledného systému.

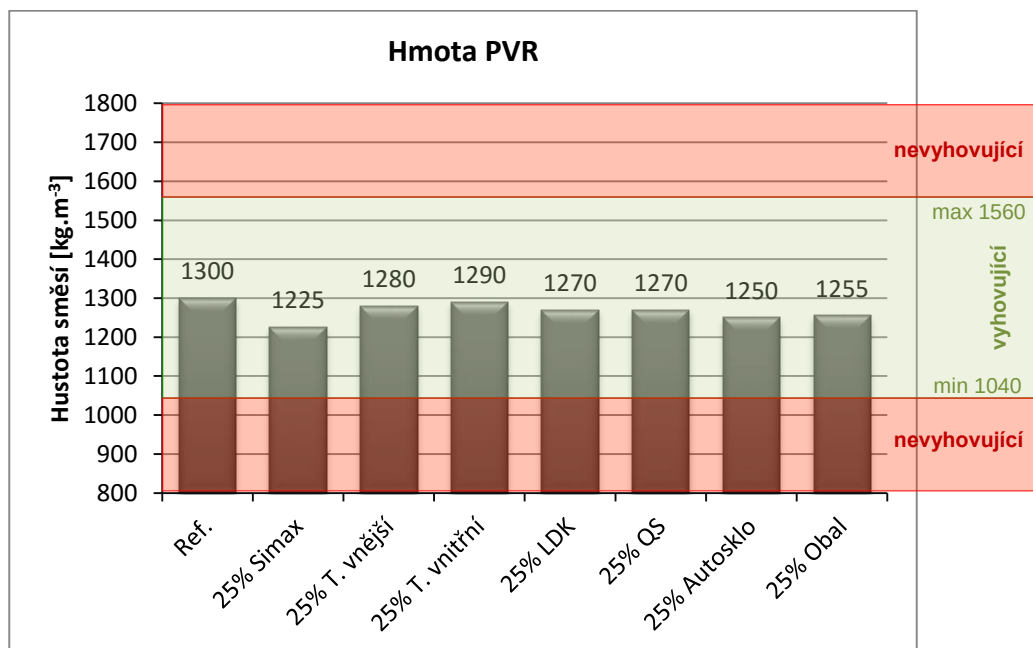
Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	1430	1151	1205	1208	1277	1303	1379	1206
PVR	1300	1225	1280	1290	1270	1270	1250	1255
PAN	1480	1390	1438	1428	1403	1462	1490	1448
NBR	1230	1285	1270	1330	1290	1240	1320	1320
NVR	1285	1275	1276	1267	1270	1370	1303	1289
NAN	1203	1216	1190	1189	1183	1180	1246	1204

Tab. 35 – Hustota směsí [kg.m^{-3}]

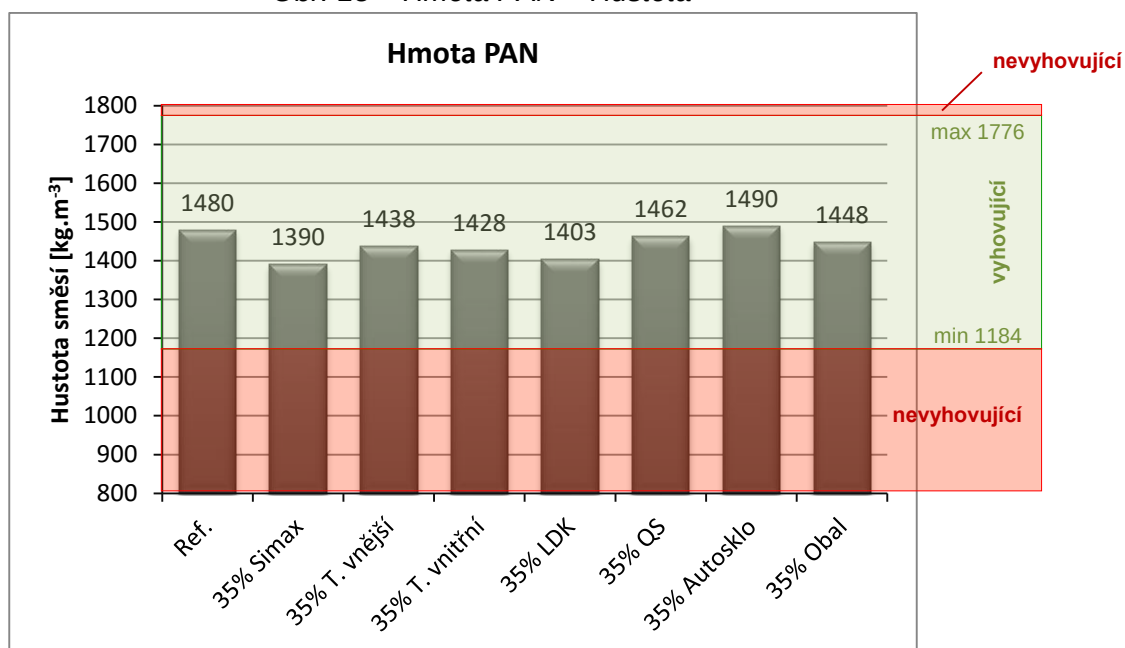
Obr. 13 – Hmota PBR – Hustota



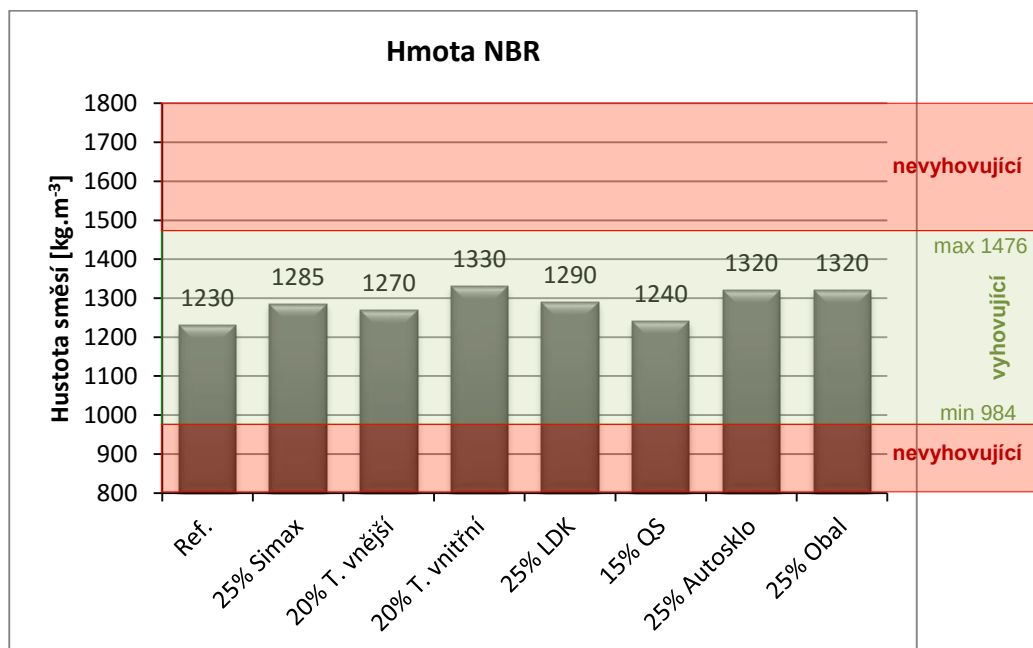
Obr. 14 – Hmota PVR – Hustota



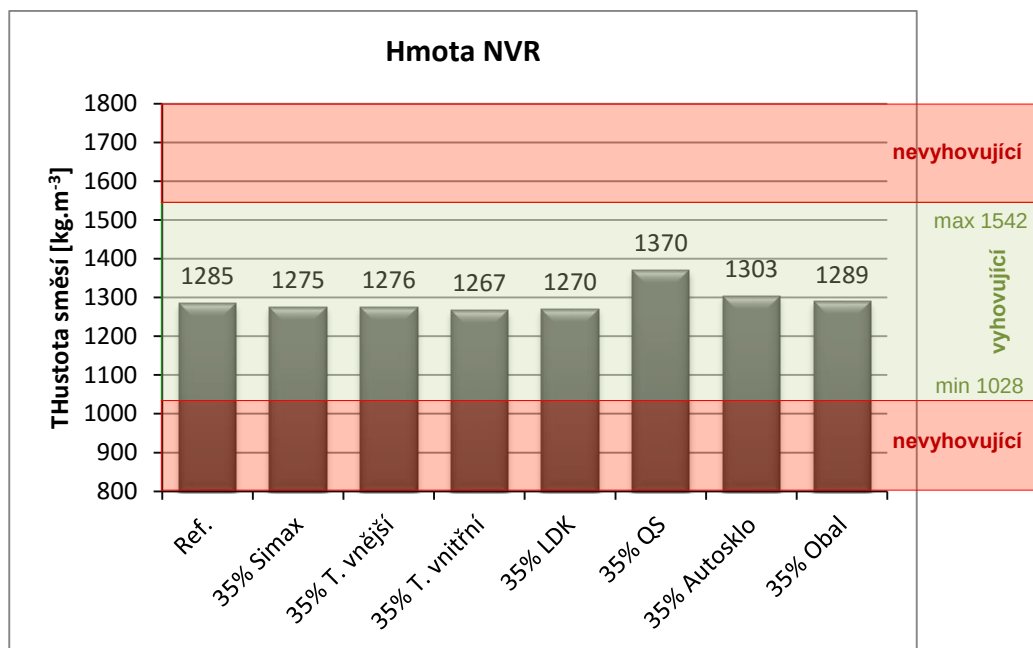
Obr. 15 – Hmota PAN – Hustota



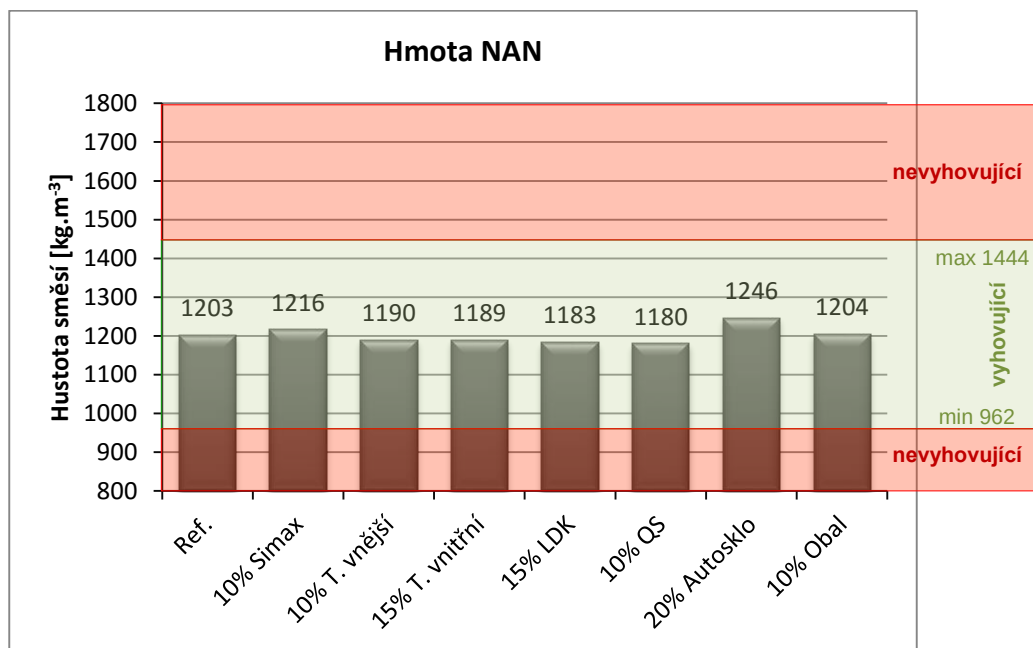
Obr. 16 – Hmota NBR – Hustota



Obr. 17 – Hmota NVR – Hustota



Obr. 18 – Hmota NAN – Hustota



10.1.3 Stanovení doby zpracovatelnosti

Doba zpracovatelnosti víceméně nezávisí na obsahu plniva systému, ale je ovlivněna především polymerním pojivem, proto byla u směsí jednotlivých ochranných systémů velice podobná.

Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	20	18	18	18	20	18	21	18
PVR	60	60	60	60	60	60	60	60
PAN	20	20	20	20	20	20	20	20
NBR	20	21	20	20	21	19	21	21
NVR	120	120	120	120	120	120	120	120
NAN	40	40	40	42	42	40	43	40

Tab. 36 – Doba zpracovatelnosti směsí [min]

10.1.4 Stanovení tloušťky mokrého filmu

Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	1198	1210	1240	1150	1234	1220	1195	1176
PVR	389	310	353	381	393	306	413	339
PAN	1320	1216	1346	1394	1197	1634	1138	1324
NBR	640	642	662	581	586	605	631	603
NVR	464	493	467	467	453	502	493	482
NAN	667	642	650	630	661	662	670	658

Tab. 37 – Tloušťka mokrého filmu směsí [μm]

10.2 Základní zkoušky na zpolymerizované směsi

Zkoušky prováděné na zpolymerizovaných směsích byly vybrány na základě normy ČSN EN 13813 Potěrové materiály a podlahové potěry - Potěrové materiály – Vlastnosti a požadavky. Tato norma mimo jiné stanovuje, jaké zkoušky mají být provedeny na potěrových materiálech pryskyřičných. [113]

10.2.1 Stanovení tloušťky suchého filmu

Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	1073	1085	1107	1030	1070	1103	1070	1054
PVR	331	251	301	321	326	256	364	288
PAN	1210	1100	1297	1293	1187	1500	1113	1200
NBR	503	506	553	450	463	483	500	480
NVR	403	437	403	403	400	443	427	420
NAN	502	483	490	477	500	500	507	500

Tab. 38 – Výsledky stanovení tloušťky suchého filmu [μm]

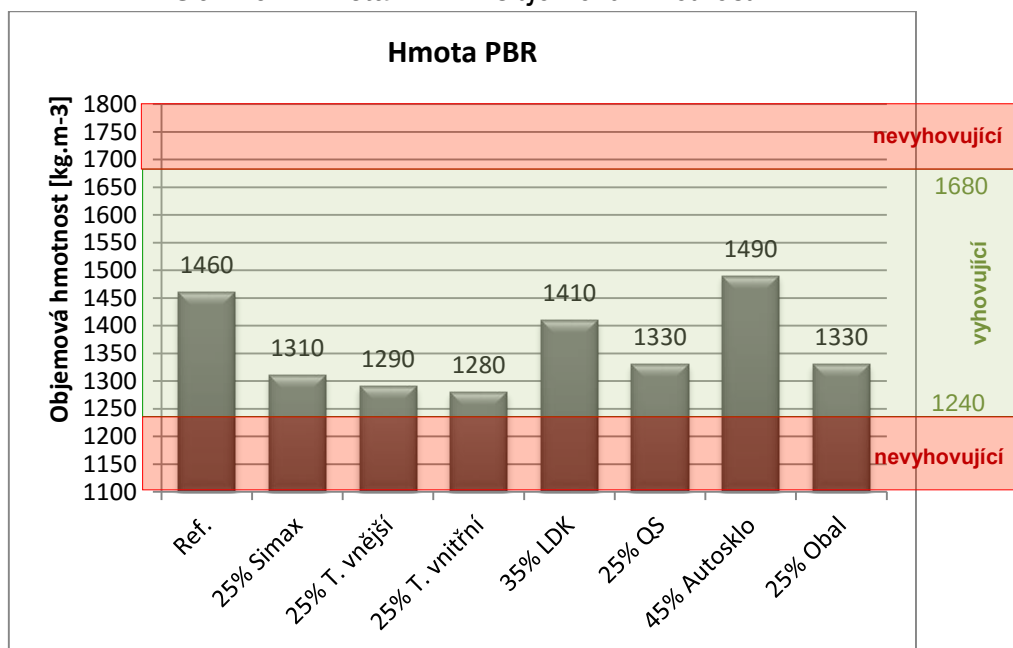
10.2.2 Stanovení objemové hmotnosti

Objemová hmotnost vyvíjených hmot by se od hodnot objemové hmotnosti referenční srovnávací směsi neměla odlišovat o více jak 15 %. Objemovou hmotnost je možné určit pouze u hmot bez-rozpouštědlových, neboť hmoty vodou-ředitelné vykazují ve větších vrstvách velké smrštění a není tak možné vytvořit z nich požadované vzorky.

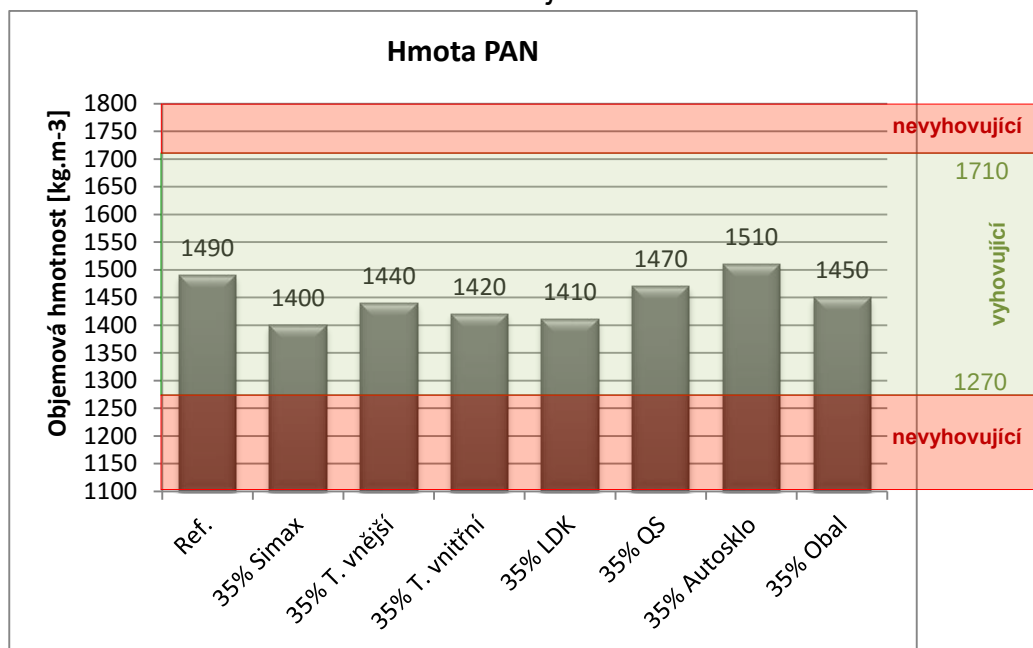
Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	1460	1310	1290	1280	1410	1330	1490	1330
PAN	1490	1400	1440	1420	1410	1470	1510	1450
NBR	1370	1340	1365	1405	1350	1390	1380	1350
NAN	1210	1220	1200	1200	1190	1190	1250	1210

Tab. 39 – Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]

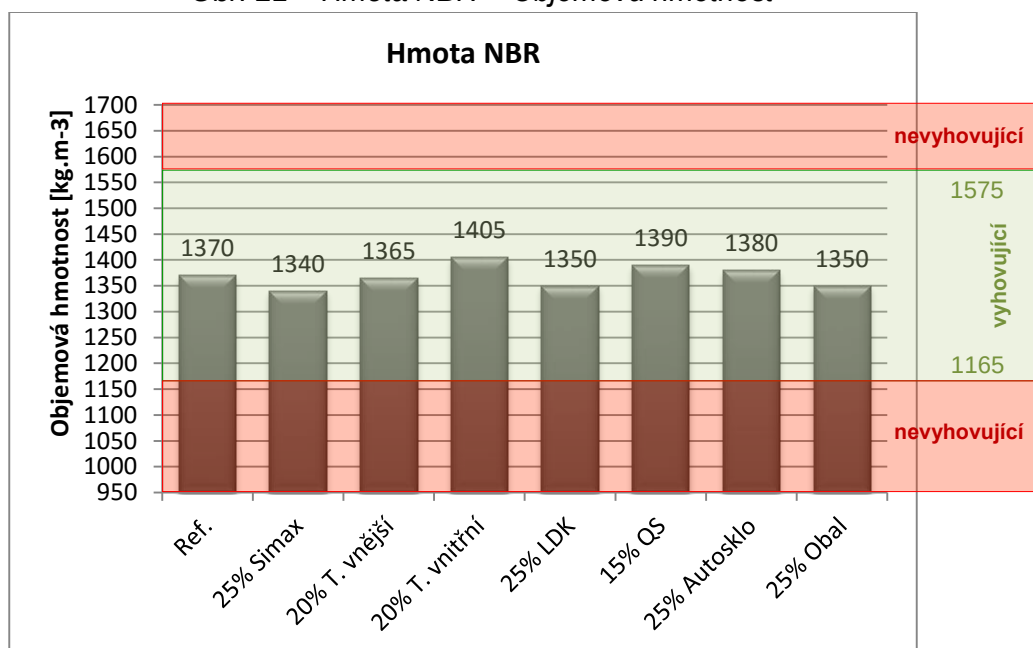
Obr. 19 – Hmoty PBR – Objemová hmotnost



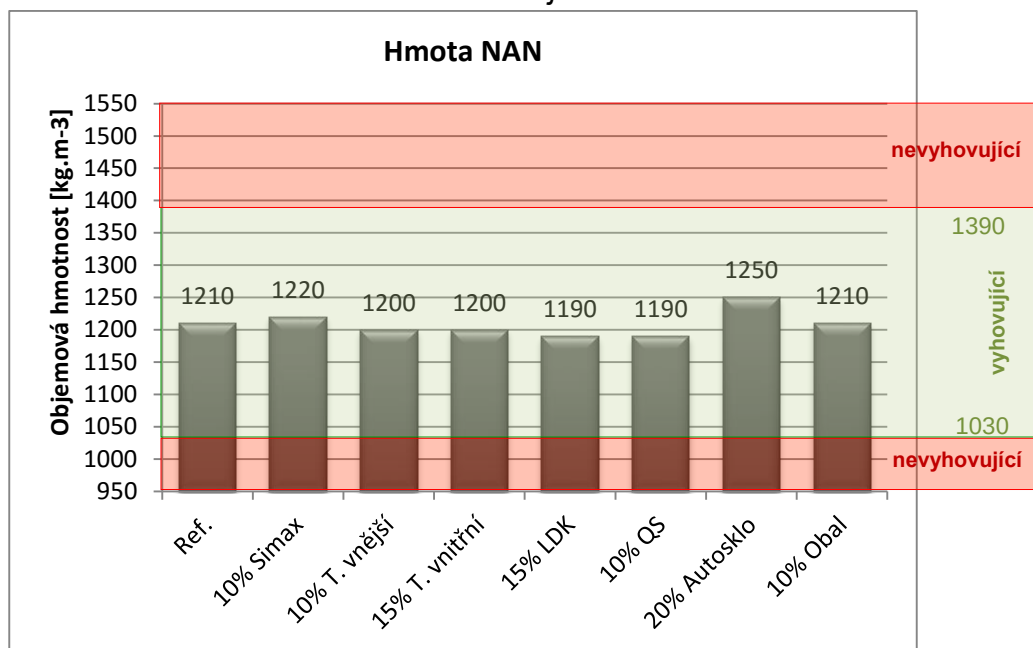
Obr. 20 – Hmota PAN – Objemová hmotnost



Obr. 21 – Hmota NBR – Objemová hmotnost



Obr. 22 – Hmoty NAN – Objemová hmotnost



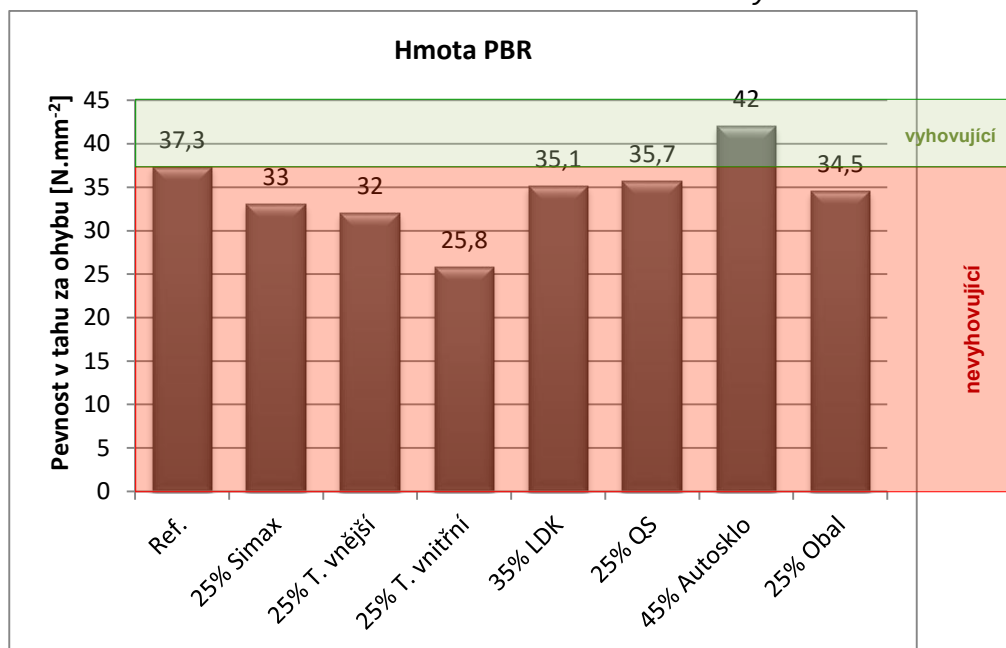
10.2.3 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu

Pevnost v tahu za ohybu vyvíjených hmot by měla být rovna, nebo vyšší jak pevnost v tahu za ohybu referenční srovnávací směsi. Pevnost v tahu za ohybu je možné určit pouze u hmot bez-rozpouštědlových, neboť hmoty vodou-ředitelné vykazují ve větších vrstvách velké smrštění a není tak možné vytvořit z nich požadované vzorky.

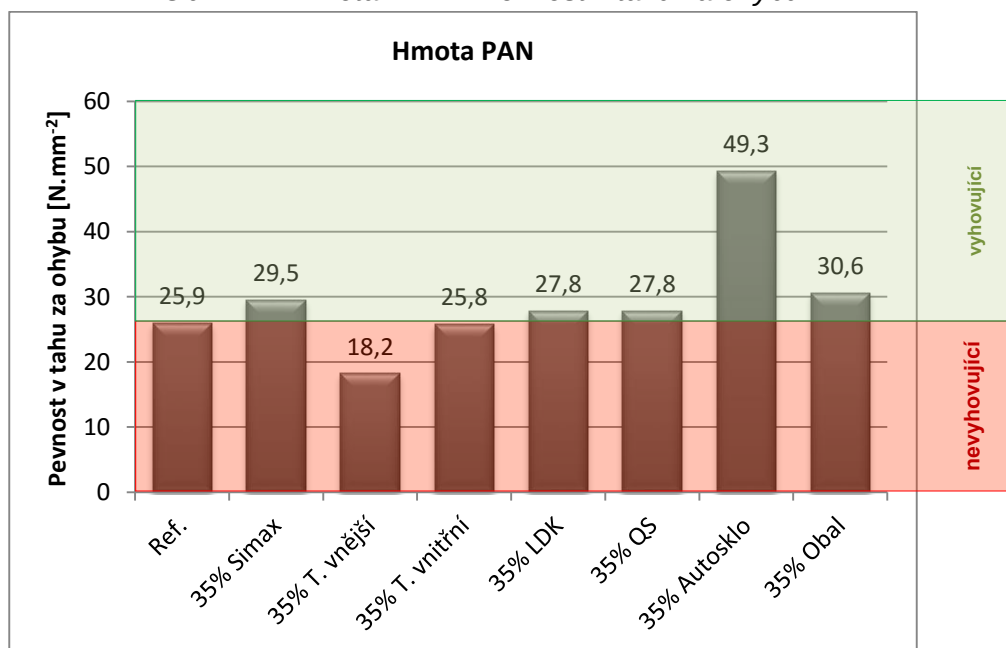
Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	37,3	33,0	32,0	25,8	35,1	35,7	42,0	34,5
PAN	25,9	29,5	18,2	25,8	27,8	27,8	49,3	30,6
NBR	54,6	45,0	45,7	50,1	38,4	47,5	59,6	42,3
NAN	40,0	61,7	43,2	48,1	39,8	42,1	43,5	60,9

Tab. 40 – Pevnost v tahu za ohybu [N.mm⁻²]

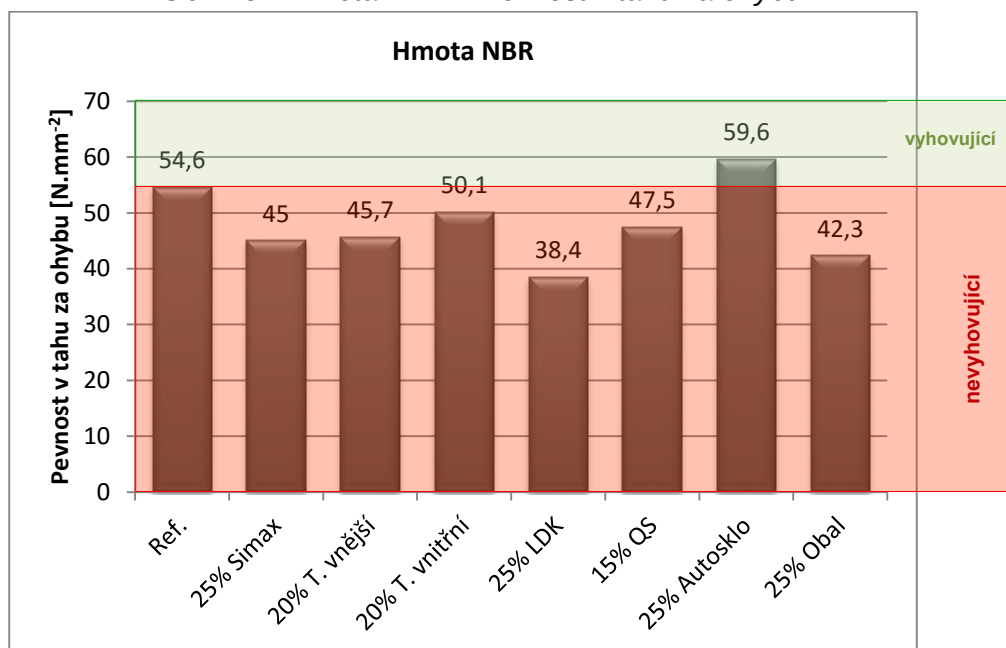
Obr. 23 – Hmota PBR – Pevnost v tahu za ohybu



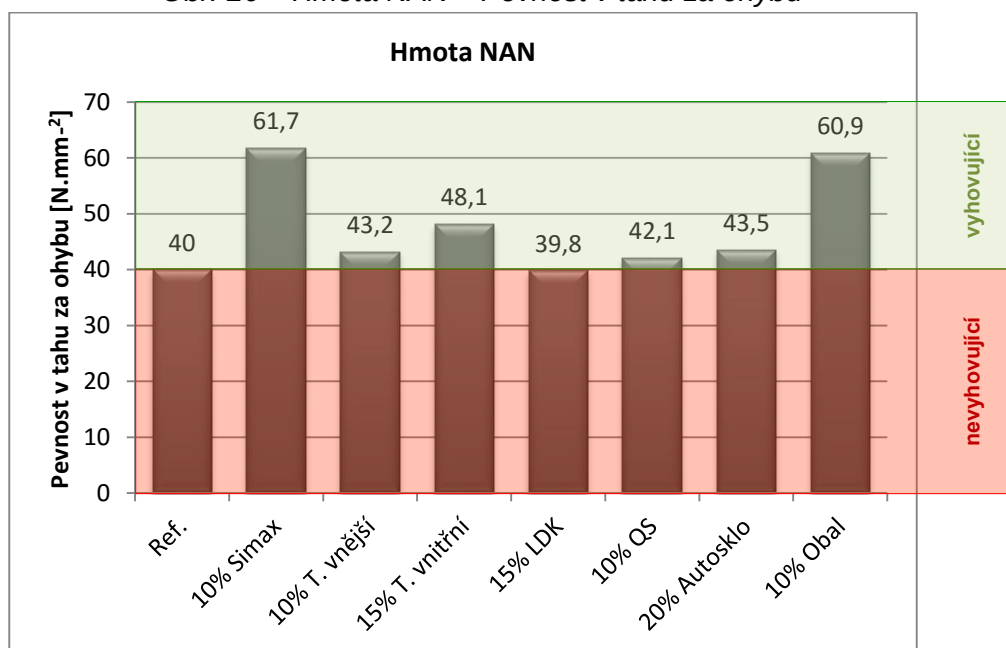
Obr. 24 – Hmota PAN – Pevnost v tahu za ohybu



Obr. 25 – Hmoty NBR – Pevnost v tahu za ohybu



Obr. 26 – Hmoty NAN – Pevnost v tahu za ohybu



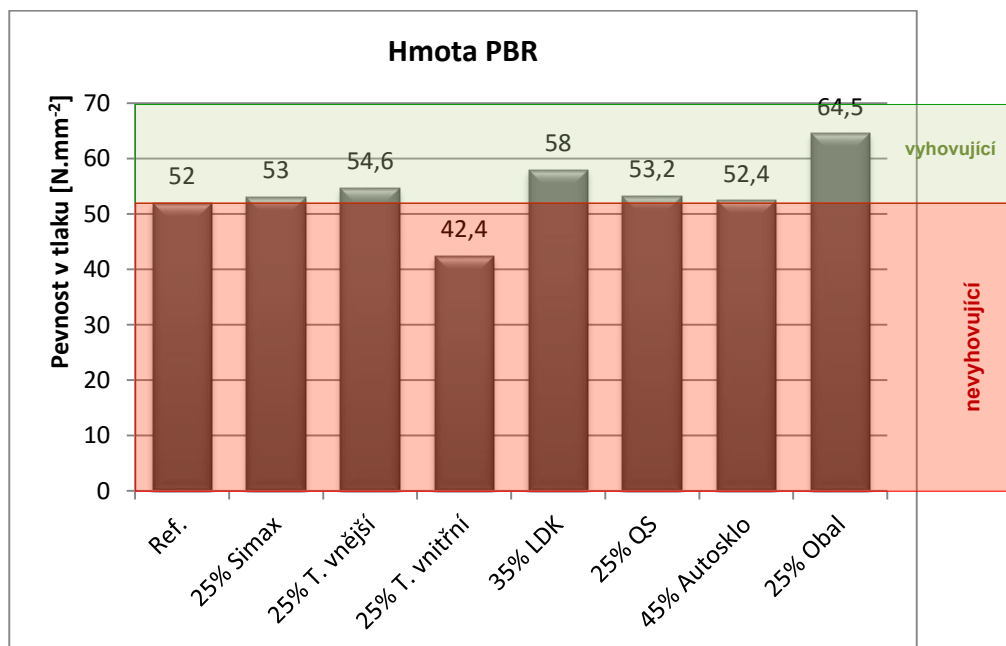
10.2.4 Stanovení pevnosti v tlaku

Pevnost v tlaku vyvíjených hmot by měla být rovna, nebo vyšší jak pevnost v tlaku referenční srovnávací směsi. Pevnost v tlaku je možné určit pouze u hmot bez-rozpouštědlových, neboť hmoty vodou-ředitelné vykazují ve větších vrstvách velké smrštění a není tak možné vytvořit z nich požadované vzorky.

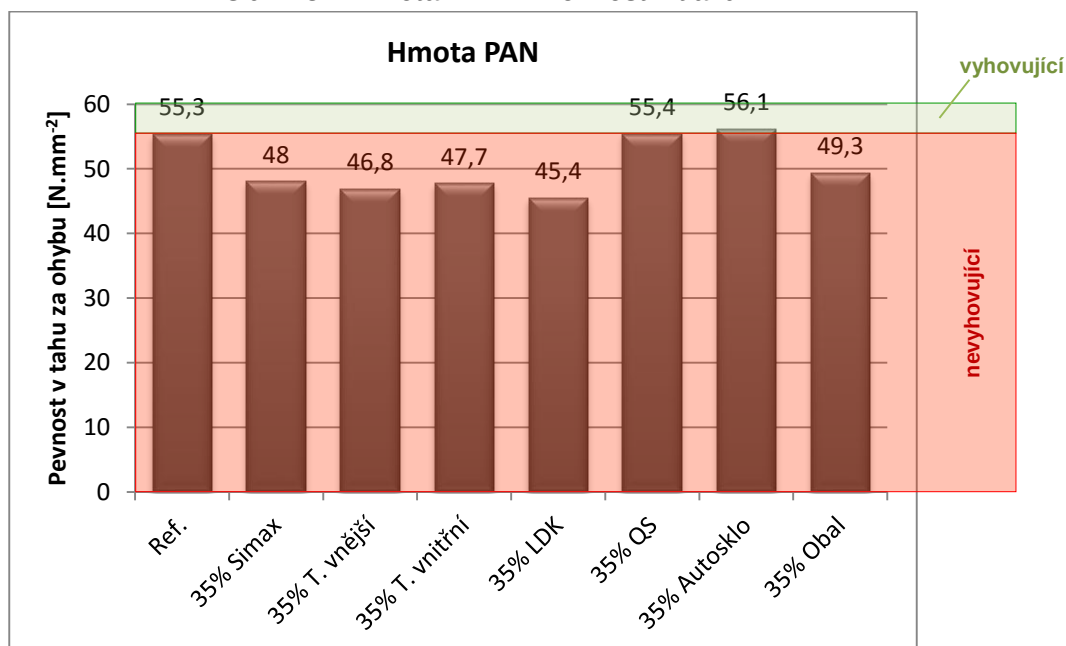
Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	52,0	53,0	54,6	42,4	58,0	53,2	52,4	64,5
PAN	55,3	48,0	46,8	47,7	45,4	55,4	56,1	49,3
NBR	85,4	87,5	80,8	88,3	84,2	88,3	86,7	90,0
NAN	63,5	71,3	65,1	67,3	62,5	64,1	68,1	79,2

Tab. 41 – Pevnost v tlaku [N.mm^{-2}]

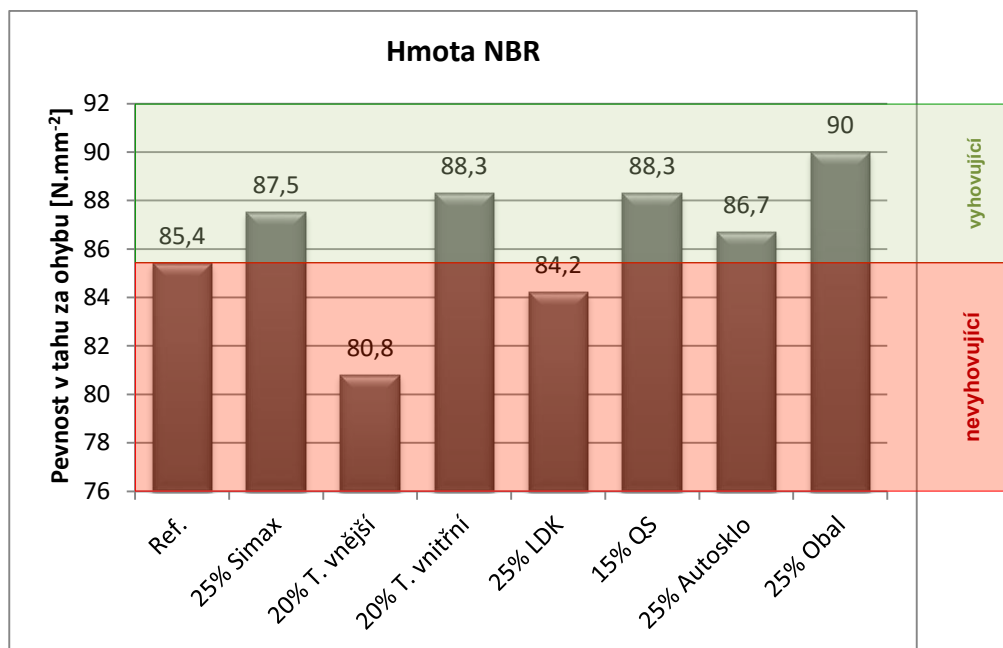
Obr. 27 – Hmota PBR – Pevnost v tlaku



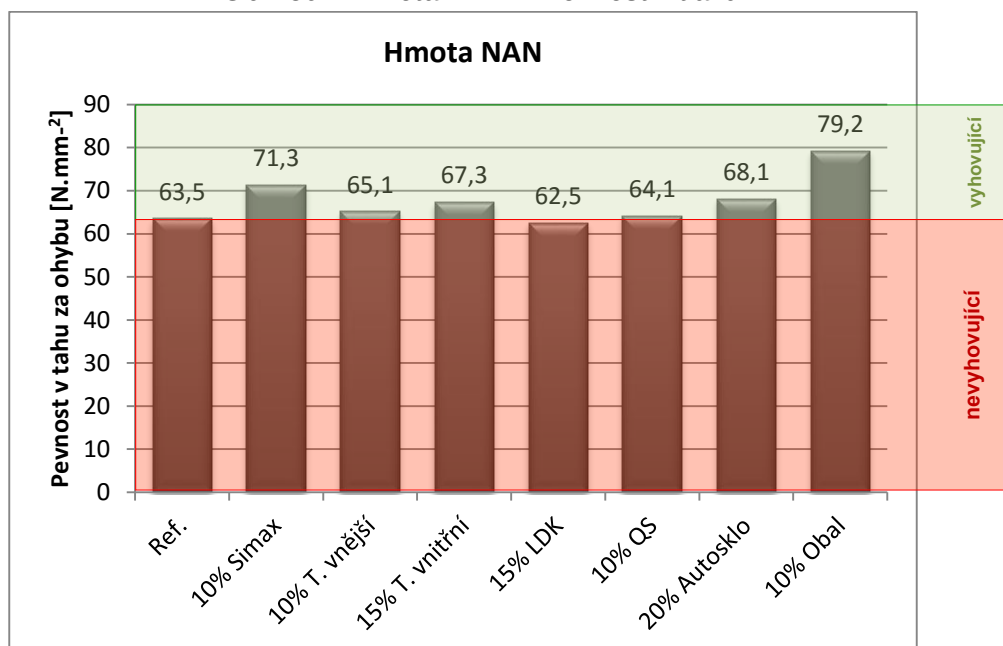
Obr. 28 – Hmota PAN – Pevnost v tlaku



Obr. 29 – Hmota NBR – Pevnost v tlaku



Obr. 30 – Hmota NAN – Pevnost v tlaku



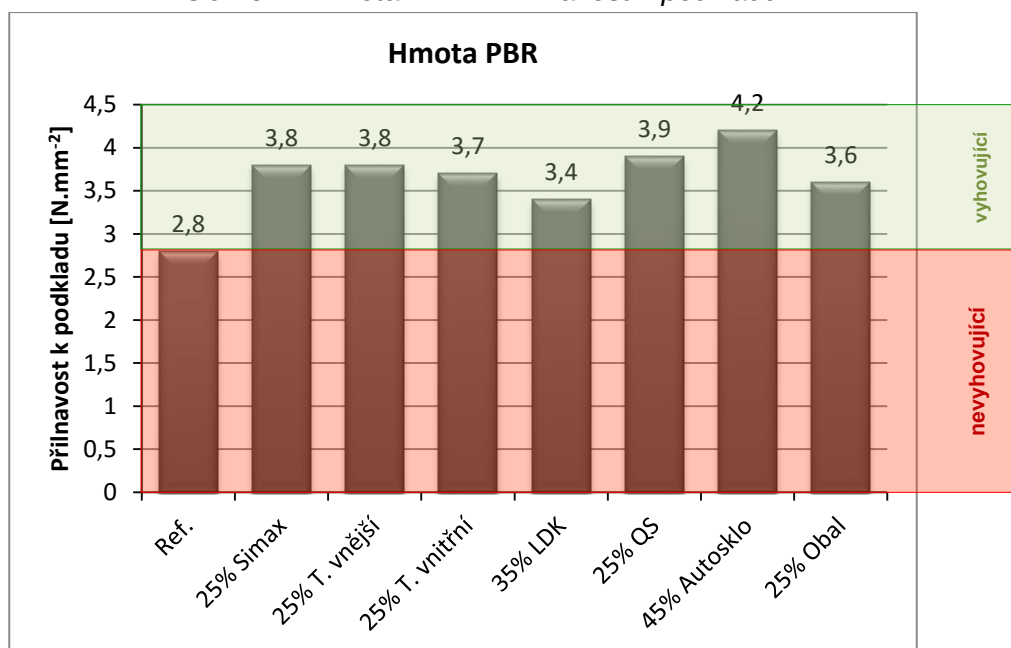
10.2.5 Stanovení přilnavosti k podkladu

Přilnavost k podkladu vyvíjených hmot by měla být rovna, nebo vyšší jak přilnavost k podkladu referenční srovnávací směsi. Pouze u hmoty PBR došlo k utržení terče, na styku testované hmoty s podkladem. Ostatní testované hmoty byly vždy natolik přídržné, že byl terč utržen v podkladovém betonu, proto není možné tyto hodnoty považovat za hodnoty přilnavosti s podkladem ochranných hmot, ale za hodnoty minimální přilnavosti k podkladu, které tyto směsi vykazují.

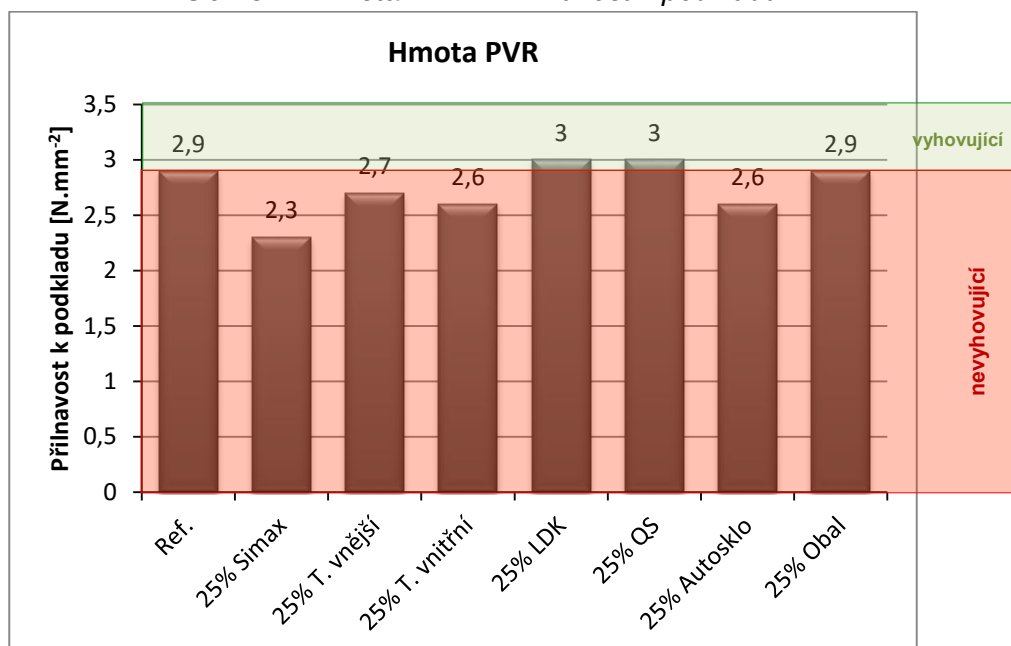
Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	2,8	3,8	3,8	3,7	3,4	3,9	4,2	3,6
PVR	2,9	2,3	2,7	2,6	3,0	3,0	2,6	2,9
PAN	3,4	3,3	3,4	2,9	3,2	3,5	3,5	2,9
NBR	4,9	3,3	3,2	3,0	3,3	3,3	2,3	4,9
NVR	2,9	2,8	3,0	2,9	2,7	2,9	3,2	2,5
NAN	5,3	5,1	5,5	5,3	5,4	5,3	5,5	5,2

Tab. 42 – Přílnavost k podkladu [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]

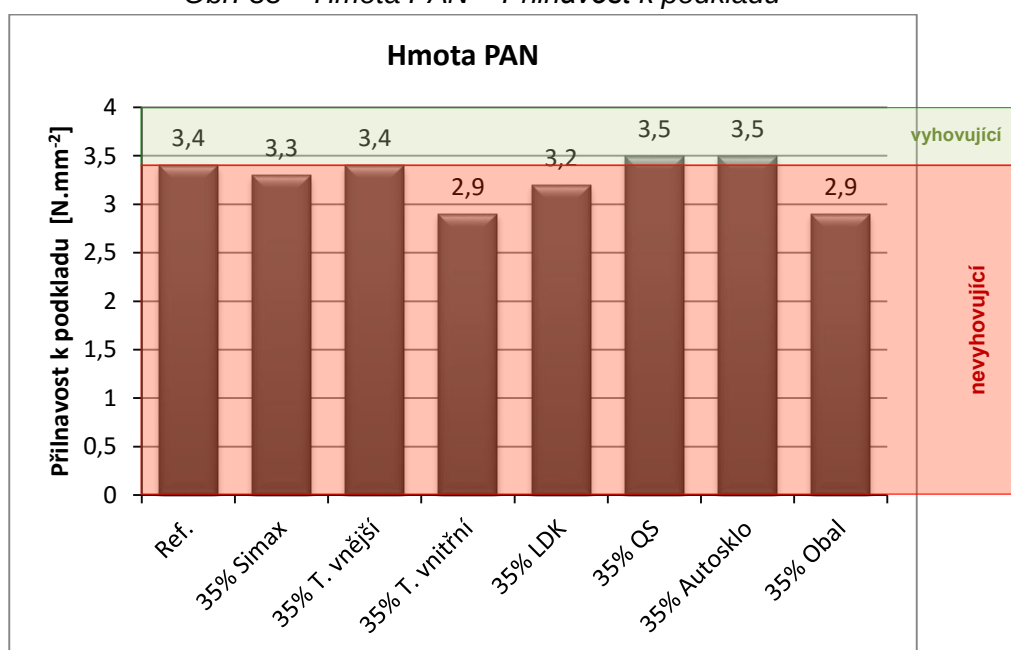
Obr. 31 – Hmota PBR – Přílnavost k podkladu



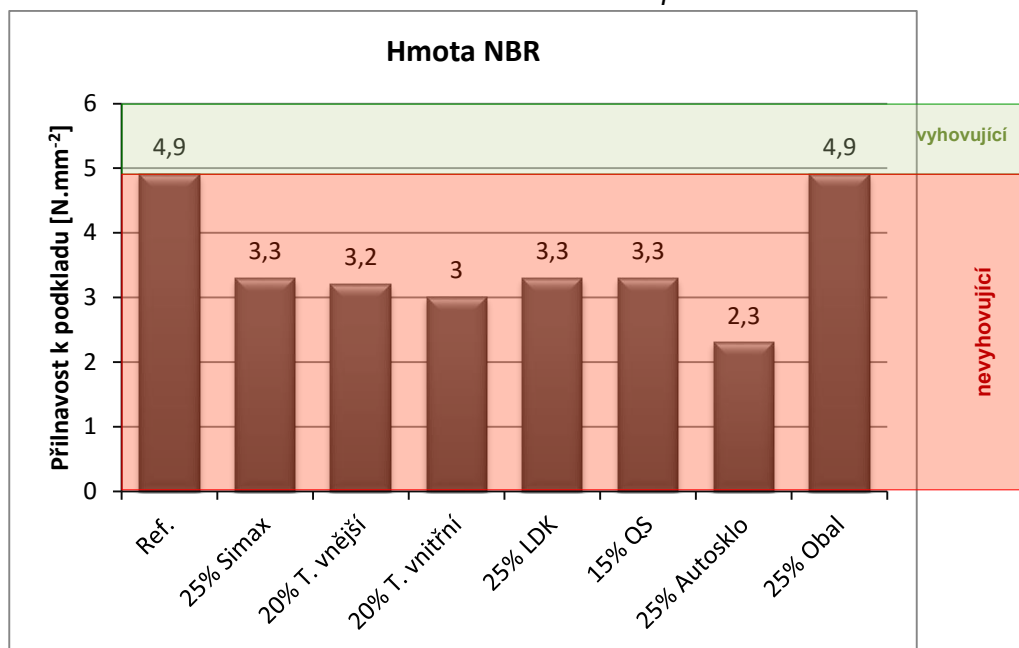
Obr. 32 – Hmota PVR – Přilnavost k podkladu



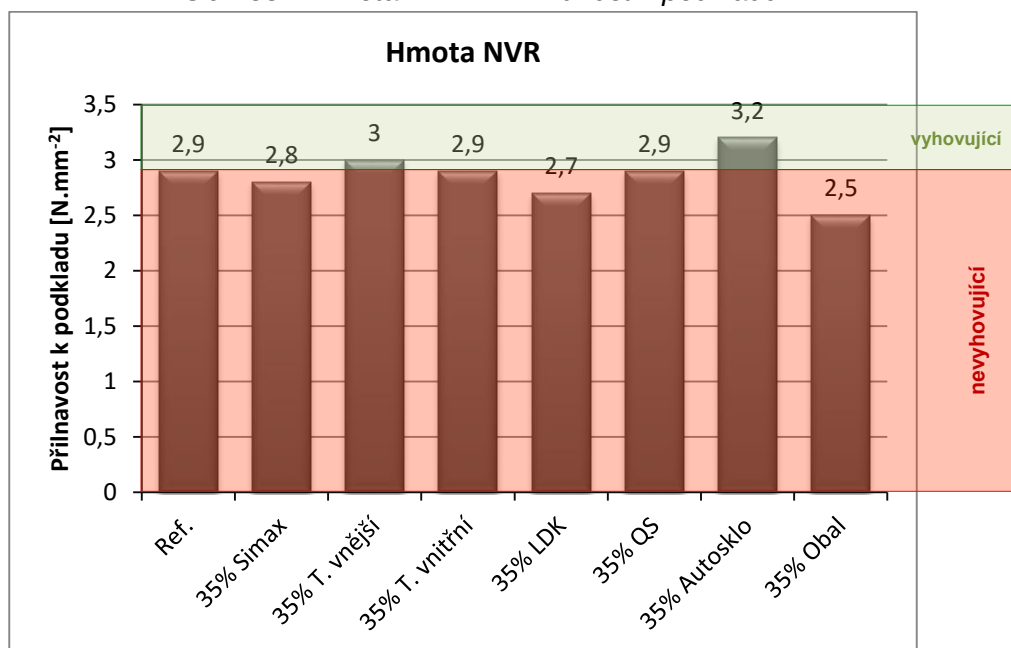
Obr. 33 – Hmota PAN – Přilnavost k podkladu



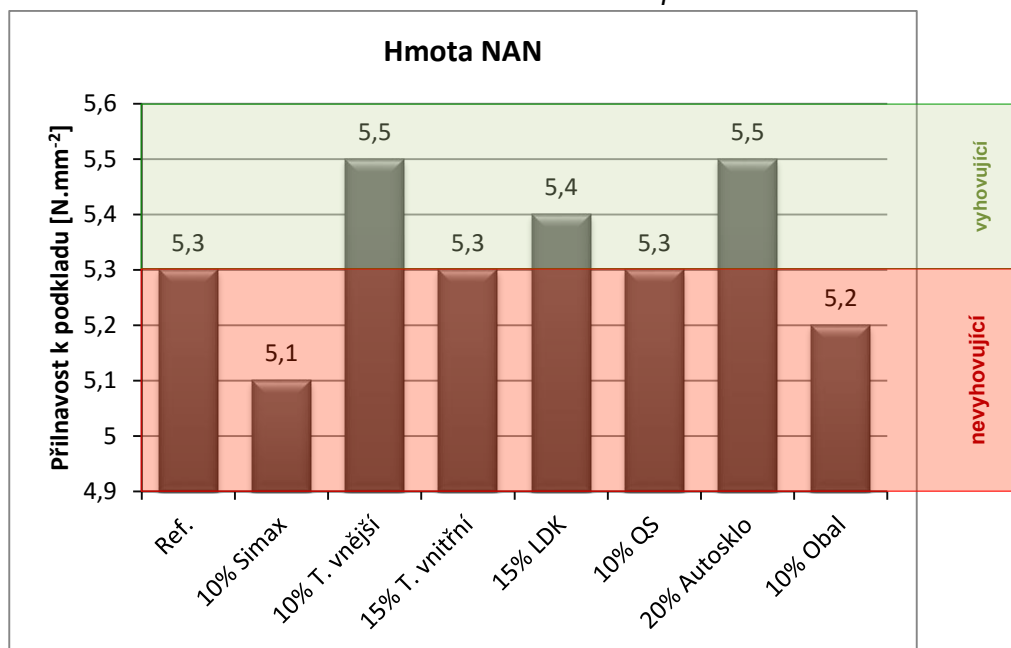
Obr. 34 – Hmota NBR – Přilnavost k podkladu



Obr. 35 – Hmota NVR – Přilnavost k podkladu



Obr. 36 – Hmota NAN – Přilnavost k podkladu



Obr. 37 – Příklad odtržení terče ve styku hmoty s podkladem (hmota PBR)



Obr. 38 – Příklad odtržení terče v podkladu (hmota NBR)



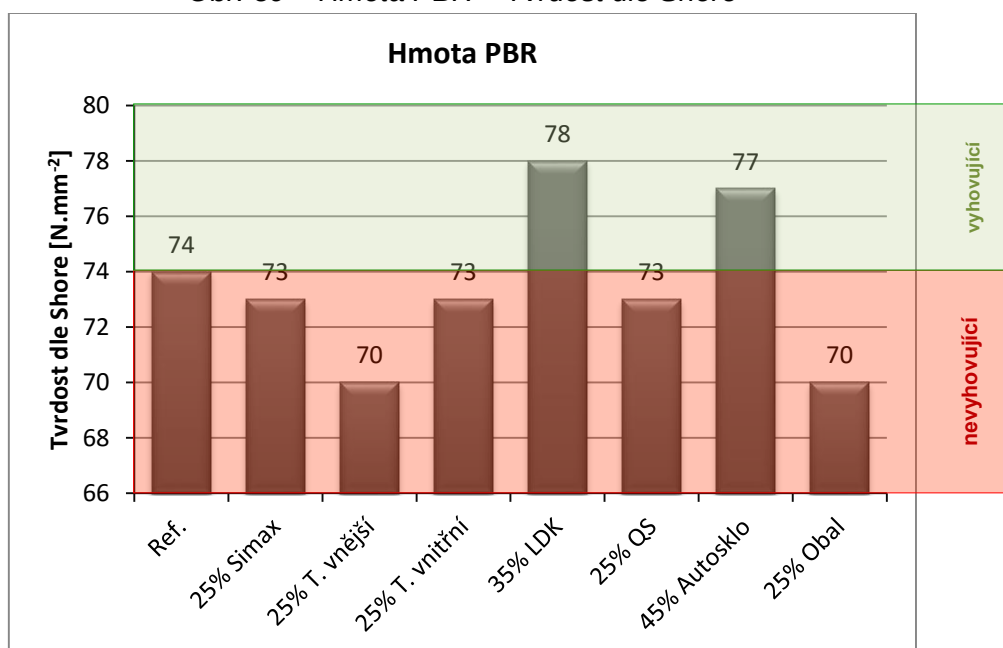
10.2.6 Stanovení tvrdosti dle Shore

Tvrdost vyvíjených hmot by měla být rovna, nebo vyšší jak tvrdost referenční srovnávací směsi. Pro tuto zkoušku byl využit tvrdoměr Shore s hrotem typu D.

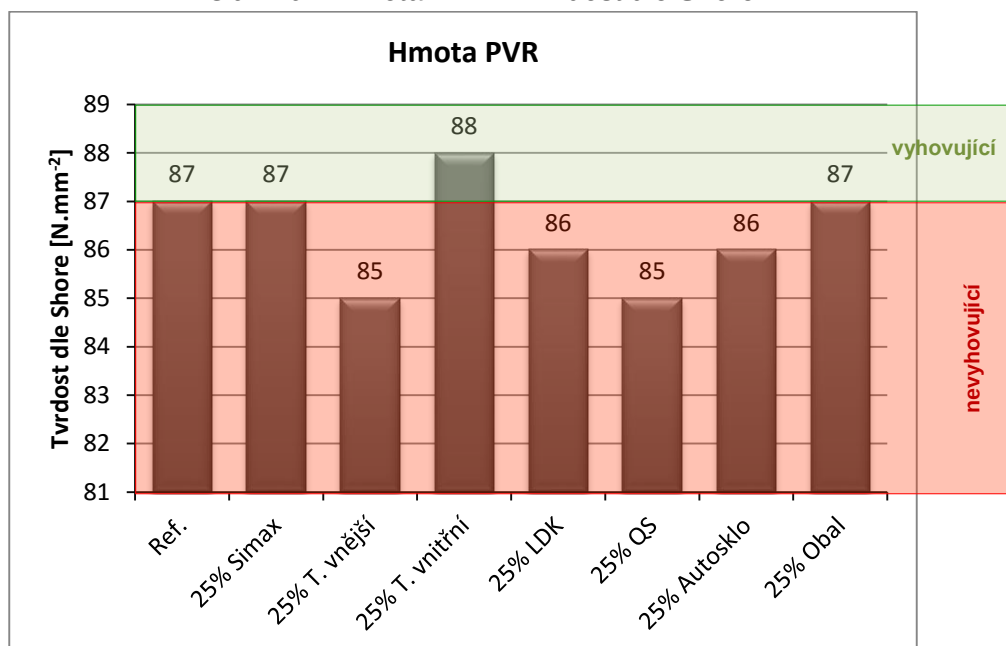
Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	74	73	70	73	78	73	77	70
PVR	85	87	85	88	86	85	86	87
PAN	75	73	70	72	72	75	76	75
NBR	88	88	87	87	88	89	88	89
NVR	84	86	84	86	87	89	88	85
NAN	87	87	85	87	86	88	87	86

Tab. 43 – Tvrdost dle Shore [N.mm⁻²]

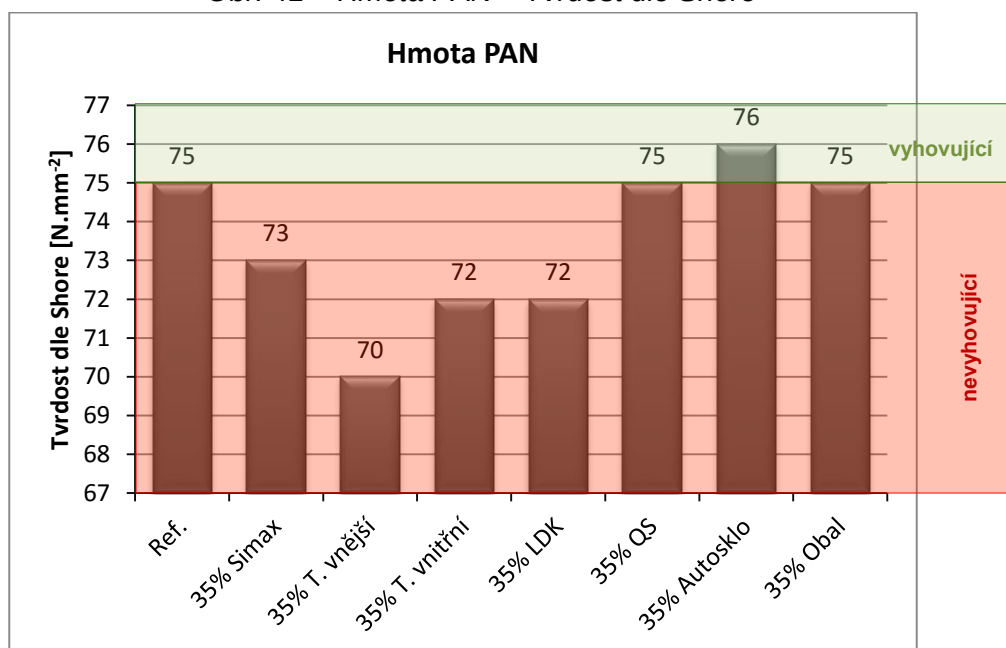
Obr. 39 – Hmota PBR – Tvrdost dle Shore



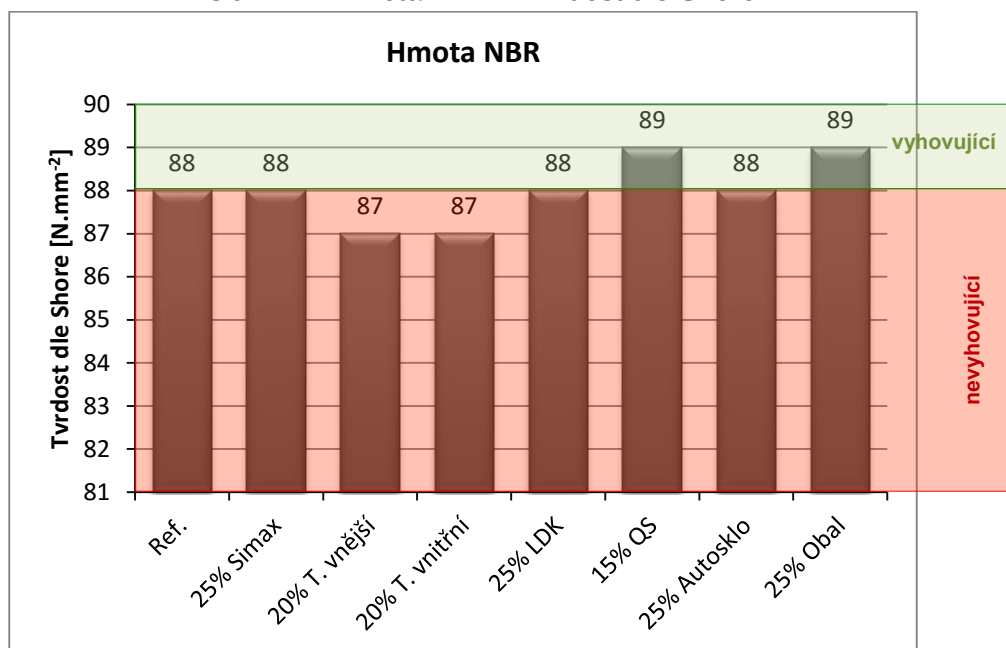
Obr. 40 – Hmota PVR – Tvrdost dle Shore



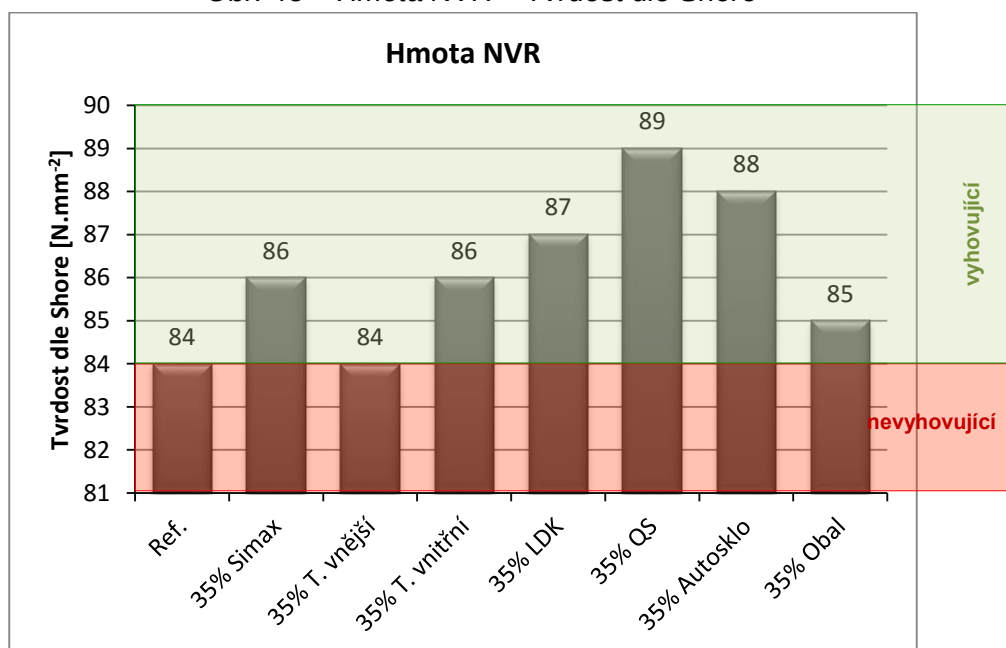
Obr. 41 – Hmota PAN – Tvrdost dle Shore



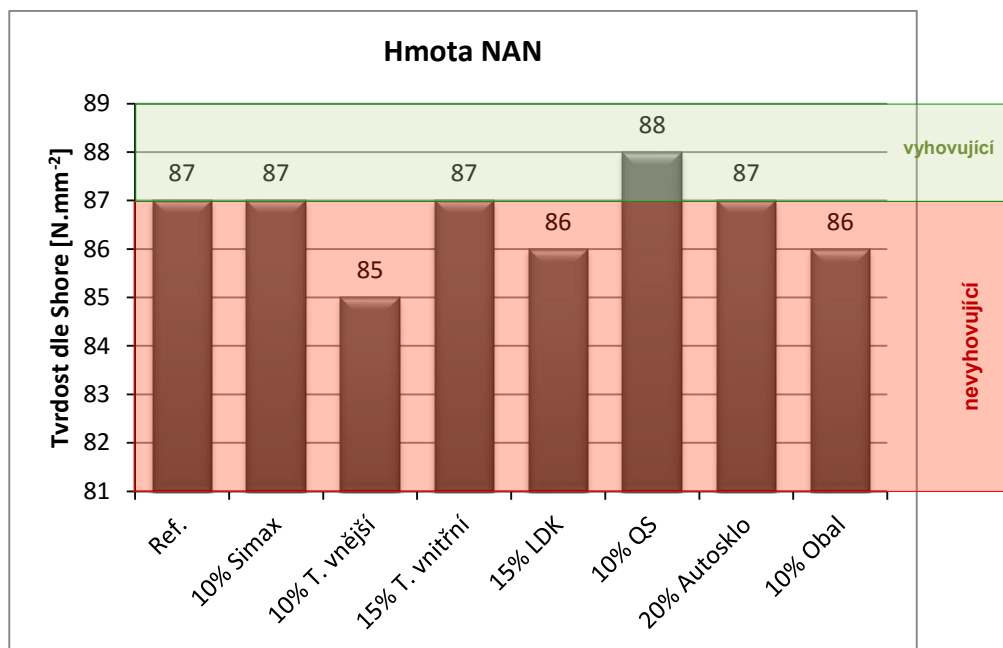
Obr. 42 – Hmota NBR – Tvrdost dle Shore



Obr. 43 – Hmota NVR – Tvrdost dle Shore



Obr. 44 – Hmota NAN – Tvrdost dle Shore



10.3 Vyhodnocení výsledků ETAPY II

Jako první byly provedeny základní zkoušky na čerstvých směsích. Sedimentační test byl ukončen po 31 dnech. Rychlost sedimentace byla pozvolná a větší změny byly pozorovatelné až po uplynulých 14 dnech. Po ukončení testu byly u všech referenčních srovnávacích vzorků neplněných zřetelně vidět jednotlivé složky pojivové matrice, které byly vyseparovány do různě velkých vrstev. U vzorků originálně plněných byla většinou pozorována segregace čiré kapaliny na hladině vzorku a pomalá sedimentace plniva. Rozdílné sedimentace mezi referenčními srovnávacími hmotami plněnými originálním plnivem a hmotami plněnými recyklátem, byly způsobeny rozdílnou viskozitou dané směsi. Nižší viskozitu vykazují vzorky více plněné a byla patrná již při nalévání směsi do odměrných válců. Pouze hmota antibakteriálního nátěru (ozn. NAN) plněná 20 % Autoskla sedimentovala podstatně více, než referenční srovnávací směs. U této hmoty může docházet k sedání plniva při práci s hmotou, či při jejím skladování. Hmota však nebyla vyřazena z dalšího vývoje a to z důvodu možnosti modifikace pojivové složky tak, aby byla zajištěna nižší sedimentace plniva. Tuto modifikaci zajistí po ukončení vývoje firma Lena Chemical, s.r.o.

Hustota směsí opět závisí na obsahu plniva a jeho specifické hmotnosti. V zásadě všechna užitá plniva z druhotných surovin mají nižší specifickou hmotnost nežli originální plnivo. Všechny hmoty tedy i v případě vyššího plnění splňují předpoklad obdobné hustoty jako referenční srovnávací směsi, ve většině případech dosahují nepatrně nižších hodnot.

Doba zpracovatelnosti není nijak výrazně ovlivněna obsahem plniva. Důležité je dodržení poměrů mísení pojivových složek. Pak je zajištěna správná doba zpracovatelnosti, která je u všech vzorků vyvíjených hmot stejná, nebo jen lehce odlišná od referenčních srovnávacích směsí.

Stanovení tloušťky mokrého filmu bylo provedeno na vzorcích, při nanášení vrstvy pro aplikační test. Získané výsledky jsou velice podobné ve srovnání s referenčními srovnávacími vzorky. Malé rozdíly jsou způsobeny nepřesným nanášením.

Na základě testů provedených na čerstvých směsích lze říci, že sedimentace, hustota, doba zpracovatelnosti i tloušťka mokrého filmu jsou u všech směsí velice podobné a nijak zvláště se neodchylují od hodnot referenčních srovnávacích směsí.

Co se týče výsledků testů prováděných na zpolymerizovaných hmotách, byly provedeny testy tloušťky suchého filmu, objemových hmotností a pevností (jen na hmotách bez-rozpouštědlových), dále stanovení přilnavosti k podkladu a tvrdosti dle Shore.

Výsledné hodnoty tloušťky suchého filmu a objemových hmotností, jsou velice obdobné jako hodnoty referenčních srovnávacích směsí. Tyto jsou závislé na předchozích testech čerstvých směsí. Tyto výsledky jsou také závislé na množství a měrné hmotnosti plniva. Objemové hmotnosti bylo možné stanovit pouze u materiálů bez-rozpouštědlových, jelikož hmoty vodou-ředitelné dosahují při takovýchto rozměrech vzorků vysokého smrštění. U žádné z hmot nebyla odchylka od referenčních srovnávacích hmot vyšší jako $\pm 15 \%$. Tyto hodnoty nemají zásadní vliv na výběr nejlepších hmot.

Zkouškám pevnosti v tahu za ohybu a v tlaku byly podrobeny opět pouze bez-rozpouštědlové hmoty. Vyhověly jen některé směsi, které splnily požadavek dosažení min. takových hodnot, jako směsi referenční srovnávací. Při porovnání je nutné brát v úvahu nejen výsledné hodnoty, ale také závislost na plnění. Pokud dosáhne některá ze směsí s vysokým plněním (např. 45 %) nepatrně nižší hodnotu pevností, jako obdobná směs s nižším plněním (např. 25 %), je ekonomicky výhodnější při zachování dostačujících vlastností – stále však platí podmínka min. hodnot (rovné hodnotám referenčních srovnávacích směsí).

Dále byly provedeny testy pro stanovení přilnavosti k podkladu a tvrdosti dle Shore. Tyto již byly provedeny u hmot bez-rozpouštědlových i vodou-ředitelných, které byly hodnoceny právě na základě těchto výsledků.

V návaznosti na výše uvedené byly jako nejlepší vybrány hmoty, které dosahovaly dobrých výsledků ve srovnání s referenčními srovnávacími hmotami a to ve všech parametrech a co nejvyšším plněním:

Obr. 45 – Přehled nejlepších receptur

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo	Pevnost v tahu za ohybu [N.mm ⁻²]		Pevnost v tlaku [N.mm ⁻²]		Přilnavost k podkladu [N.mm ⁻²]		Tvrdość dle Shore [N.mm ⁻²]	
			Ref. srov. směsí	Navržených směsí	Ref. srov. směsí	Navržených směsí	Ref. srov. směsí	Navržených směsí	Ref. srov. směsí	Navržených směsí
PBR	35	LDK	37,3	35,1	52,0	58,0	2,8	3,4	74,0	78
	45	Autosklo		42,0						
PVR	35	LDK	Neurčuje se	Neurčuje se	2,9	3,0	86			
	35	QS						3,0	85	
	35	Obal						2,9	87	
PAN	35	QS	25,9	27,8	55,3	55,4	3,4	3,5	75,0	75
	35	Autosklo		49,3		56,1		3,5		76
NBR	25	Autosklo	54,6	59,6	85,4	86,7	4,9	2,3	88,0	88
	25	Obal		42,3		90,0		4,9		89
NVR	35	T. vnější	Neurčuje se	Neurčuje se	2,9	3,0	84,0	84		
	35	T. vnitřní				2,9		86		
	35	QS				2,9		89		
	35	Autosklo				3,2		88		
NAN	10	Simax	40,0	61,7	63,5	71,3	5,3	5,1	87,0	87
	15	T. vnitřní		48,1		67,3		5,3		87
	10	QS		42,1		64,1		5,3		88
	20	Autosklo		43,5		68,1		5,5		87

Šedě označené jsou vlastnosti vzorků, které nebyly absolutně ideální a nedosáhly požadované hodnoty, nebyly však nijak závratně odlišné od hodnot, které dosáhly referenční srovnávací směsi. Tyto vzorky budou i dále testovány, neboť polymerní matrice u těchto hmot může být modifikována a upravena tak, aby byla vyhovující.

11. REALIZACE A VÝSLEDKY ETAPA III

Ověření doplňujících vlastností některých materiálů

11.1 Doplňkové zkoušky vybraných hmot

Doplňkové zkoušky na zpolymerizovaných směsích byly vybrány na základě normy ČSN EN 13813 Potěrové materiály a podlahové potěry - Potěrové materiály – Vlastnosti a požadavky. Tato norma mimo jiné stanovuje, jaké zkoušky mají být provedeny na potěrových materiálech pryskyřičných. [113]

Dále jde o zkoušky, které ověřují speciální vlastnosti některých vyvíjených materiálů se speciálními vlastnosti, které by měly zůstat zachovány. Tyto vlastnosti jsou taktéž uváděny v technických listech referenčních srovnávacích hmot. Jejich ověření je tedy velmi důležité pro případ budoucího komerčního prodeje vyvinutých hmot plněných druhotnými surovinami. Zkoušky byly provedeny na hmotách vybraných v předchozí etapě.

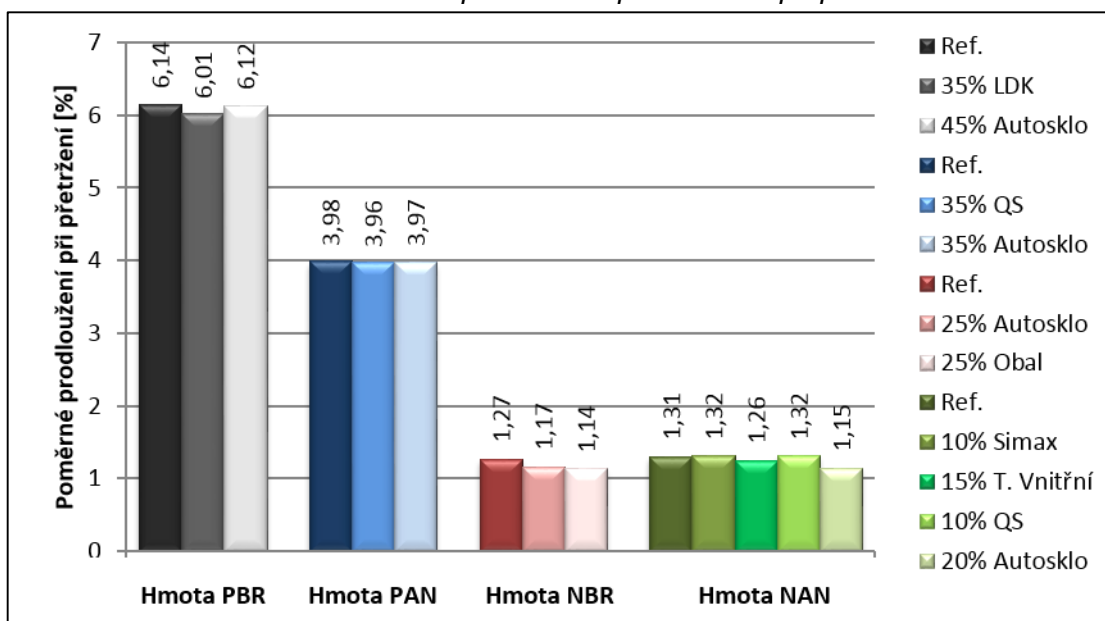
11.1.1 Stanovení tahových vlastností

U bez-rozpouštědlových vzorků bylo sledováno poměrné prodloužení při přetržení a napětí při poměrném prodloužení. Z hmot vodou-ředitelných není bohužel možné vyrobit potřebné vzorky.

Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	6,14	---	---	6,01	---	6,12	---
PAN	3,98	---	---	---	3,96	3,97	---
NBR	1,27	---	---	---	---	1,17	1,14
NAN	1,31	1,32	1,26	---	1,32	1,15	---

Tab. 44 – Poměrné prodloužení při přetržení [%]

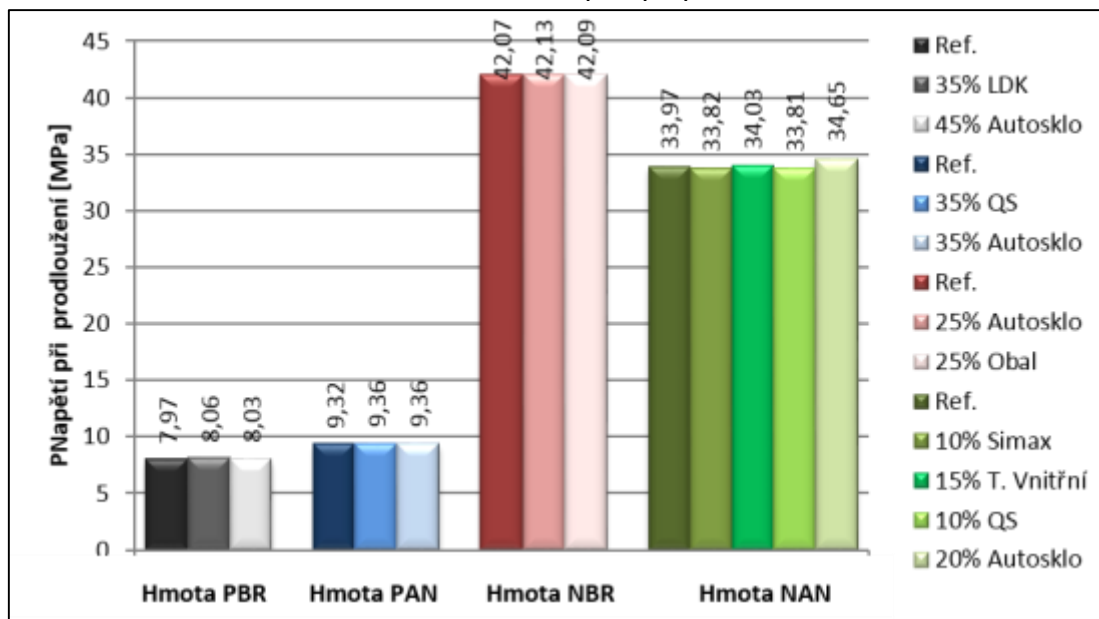
Obr. 46 – Porovnání poměrného prodloužení při přetržení



Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnitřní	LDK	QS	Autosklo	Obal
PBR	7,97	---	---	8,16	---	8,03	---
PAN	9,32	---	---	---	9,36	9,36	---
NBR	42,07	---	---	---	---	42,09	42,13
NAN	33,97	33,82	34,03	---	33,81	34,65	---

Tab. 45 – Maximální napětí [MPa]

Obr. 47 – Porovnání napětí při prodloužení



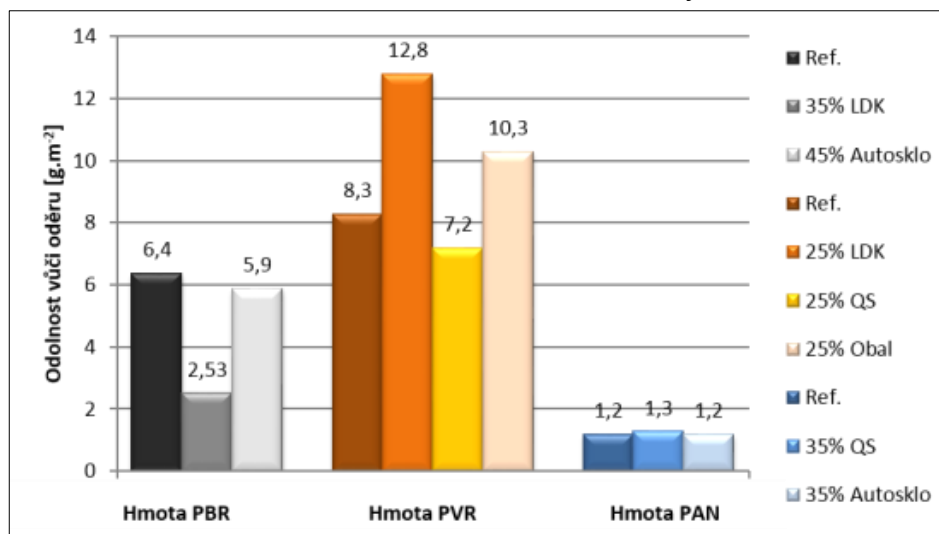
11.1.2 Stanovení odolnosti vůči oděru

U podlahových hmot, které se používají i jako silnovrstvé bylo nutné ověřit jejich odolnost vůči oděru. Vyhovující jsou vzorky s co nejnižší hodnotou úbytku hmotnosti, maximálně by měly být takové, jako u referenční srovnávací směsi.

Plnivo	Ref.	LDK	QS	Autosklo	Obal
Pojivo					
PBR	6,4	2,53	---	5,9	---
PVR	8,3	12,8	7,2	---	10,3
PAN	1,2	---	1,3	1,2	---

Tab. 46 – Odolnost vůči oděru - úbytek hmotnosti [g.m^{-2}]

Obr. 48 – Porovnání odolnosti vůči oděru – úbytek hmotnosti



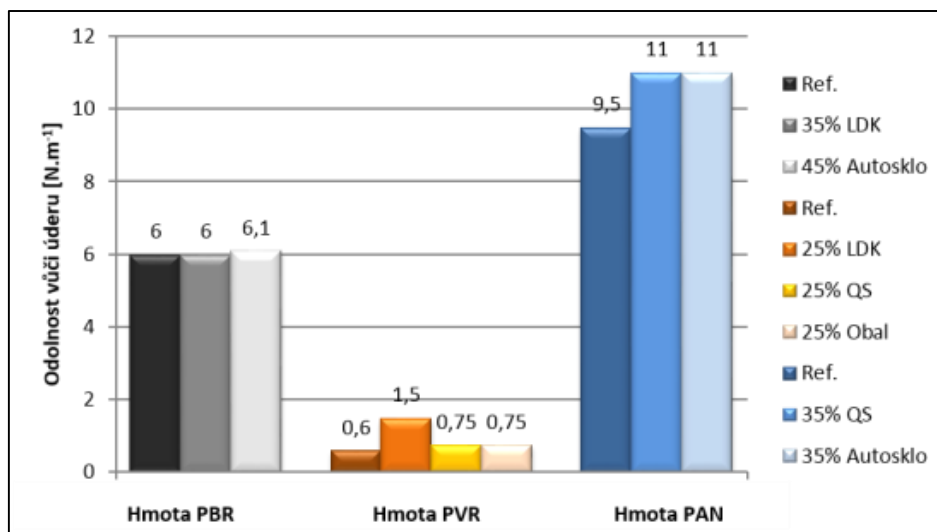
11.1.3 Stanovení odolnosti vůči úderu

Stejně jako u předchozího testu, je u podlahových hmot možné uvažovat zatížení úderem.

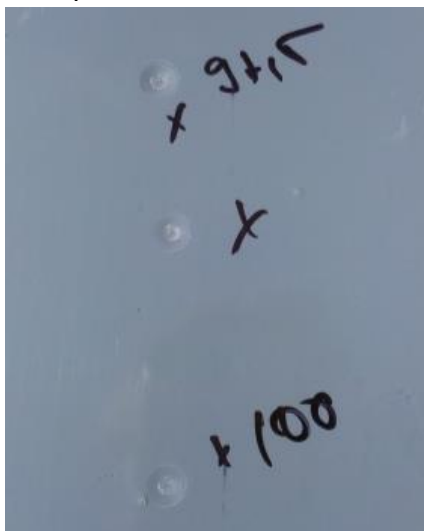
Plnivo	Ref.	LDK	QS	Autosklo	Obal
Pojivo					
PBR	6,0	6,0	---	6,1	---
PVR	0,6	1,5	0,75	---	0,75
PAN	9,5	---	11,0	11,0	---

Tab. 47 – Odolnost vůči úderu [$N.m^{-1}$]

Obr. 49 – Porovnání odolnost vůči úderu



Obr. 50 – Příklad vzorku po zkoušce odolnosti vůči úderu (hmota PAN)



11.1.4 Stanovení antibakteriální aktivity

Antibakteriální aktivita byla stanovována na antibakteriálním materiálu (PAN) a to z důvodu ověření zachování antibakteriální aktivity materiálu za předpokladu, že je plněn druhotnými surovinami.

Plnivo	Ref.	QS	Autosklo
Ukazatel			
Růst bakterií	Žádný	Žádný	Žádný
Hodnocení	Dobrý efekt	Dobrý efekt	Dobrý efekt

Tab. 48 – Antibakteriální aktivita hmoty PAN

Obr. 51 – Nanášení bakterií na agar



11.2 Vyhodnocení výsledků ETAPY III

Na směsích, které vyhověly testům prováděným v ETAPĚ II, byly provedeny další doplňkové zkoušky, které ověřily speciální vlastnosti některých vyvíjených hmot. Jednalo se o stanovení poměrného prodloužení při přetržení, které je ukazatelem tahových vlastností polymeru, odolnosti vůči oděru a úderu a antibakteriální aktivita. Tyto zkoušky byly prováděny pouze u hmot, kde jsou tyto vlastnosti deklarovány výrobcem a jejich znalost je tedy nezbytná.

U všech bez-rozpouštědlových hmot bylo testováno poměrné prodloužení při přetržení, které bylo u všech vzorků stejné či vyšší, nežli u vzorků referenčních srovnávacích hmot.

Jelikož byly vyvíjeny hmoty pro podlahové systémy, je možné zde uvažovat zatížení oděrem či úderem, které není u nátěrových materiálů tak časté. Dále byla tedy stanovena odolnost vůči oděru. Testu nevyhověla hmota PVR s obsahem 35 % LDK. Hmota PAN s obsahem 35 % QS neměla taktéž absolutně ideální výsledek, její hodnota však převyšovala hodnotu referenční srovnávací směsi o 0,1 g/m² a proto byla tato vyhodnocena jako vyhovující. V testu odolnosti vůči úderu vyhověly všechny vzorky, které dosáhly stejných nebo vyšších hodnot, nežli srovnávací referenční hmoty.

Poslední sledovanou vlastností v rámci prováděných doplňkových testů byla antibakteriální aktivita. Zde byl sledován růst bakterií pod vzorkem hmoty PAN s obsahem 35 % QS a PAN s obsahem 35 % autoskla. Výsledky byly porovnány s růstem bakterií u referenční srovnávací hmoty a referenční srovnávací hmoty bez přídatku antibakteriálního činidla. Obě vyvinuté hmoty měly stejný výsledek jako hmota srovnávací a to dobrý antibakteriální efekt. Po této zkoušce lze tedy konstatovat, že obsah plniva vzniklého z odpadního skla nemá na antibakteriální účinek žádný vliv.

V návaznosti na výše uvedené byly jako nejlepší vybrány hmoty, které dosahovaly dobrých výsledků ve srovnání s referenčními srovnávacími hmotami a to ve všech parametrech a co nejvyšším plněním:

Obr. 52 – Přehled nejlepších výsledků

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo	Poměrné prodloužení [%]		Napětí při prodloužení [MPa]		Odolnost vůči oděru – úbytek hmotnosti [g.m ⁻²]		Odolnost vůči úderu [N.m ⁻¹]		Antibakteriální aktivita	
			Ref. srov. směsí	Navržených směsí	Ref. srov. směsí	Navržených směsí	Ref. srov. směsí	Navržených směsí	Ref. srov. směsí	Navržených směsí	Ref. srov. směsí	Navržených směsí
PBR	35	LDK	6,14	6,01	7,97	8,06	6,4	2,53	6,0	6,0	Neurčuje se	
	45	Autosklo		6,12		5,16		5,9		6,1		
PVR	35	QS	Neurčuje se		Neurčuje se		8,3	7,2	0,6	0,75	Neurčuje se	
PAN	35	Autosklo	3,98	3,97	9,32	9,42	1,2	1,2	92	110	Dobrý efekt	Dobrý efekt
NBR	25	Autosklo	1,27	1,17	42,07	42,13	Neurčuje se		Neurčuje se		Neurčuje se	
	25	Obal		1,14		42,09						
NVR	35	T. vnější	Neurčuje se		Neurčuje se		Neurčuje se		Neurčuje se		Neurčuje se	
	35	T. vnitřní										
	35	QS										
	35	Autosklo										
NAN	10	Simax	1,31	1,32	33,97	33,99	Neurčuje se		Neurčuje se		Neurčuje se	
	15	T. vnitřní		1,26		33,85						
	10	QS		1,32		34,11						
	20	Autosklo		1,15		33,10						

12. REALIZACE A VÝSLEDKY ETAPA IV

Ověření vlivu tvaru částic na chemickou odolnost

12.1 Ověření vlivu tvaru částic plniva na chemickou odolnost materiálu

Tato zkouška není normována, její metodika byla navržena tak, aby byla proveditelná v laboratorních podmínkách a byla dobře vyhodnotitelná. Při této zkoušce byl sledován vliv tvaru částic na chemickou odolnost materiálu, kterým byl bez-rozpouštědlový nátěr NBR. Hmoty NBR vyšla v předchozích testech nejlépe v kombinaci s 25 % autoskla. Z tohoto důvodu se od tohoto odvíjí i ostatní receptury, které jsou složeny z hmoty NBR + 25 % plniva:

- zaoblenými částicemi (směs křemičitých písků ISG),
- vločkami (skleněnými vločkami),
- střepy (autosklem).

Vlastnosti hmoty NBR s využitím autoskla jsou velmi obdobné jako vlastnosti referenční srovnávací hmoty. Nátěr NBR byl nanesen na betonové dlaždice a následně byl vystaven 5 % a 30 % roztokům H₂SO₄, HCl, CH₂O₂ a NaOH. Vzorky byly uloženy v prostředí s teplotou 23 ± 2 °C a vlhkostí 50 ± 5 % a byly hodnoceny po 60, 90 a 120 dnech.

Obr. 53 – Provedení testu chemické odolnosti



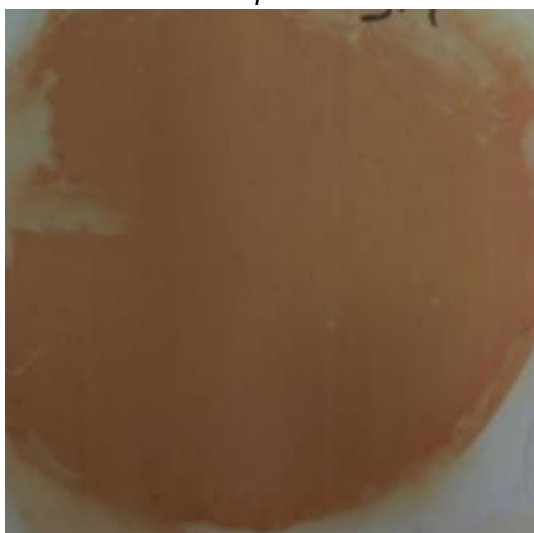
12.1.1 Vizuální hodnocení

12.1.1.1 Hmoty NBR + zaoblené částice

Doba vystavení	H ₂ SO ₄		HCl		CH ₂ O ₂		NaOH	
	5%	30%	5%	30%	5%	30%	5%	30%
60dnů	1	1	1	2	1	4	1	1
90dnů	1	2	2	2	2	5	1	1
120dnů	2	2	2	2	2	5	1	2

Tab. 49 – NBR + zaoblené částice

Obr. 54 – Příklad barevné změny hmoty
NBR + zaoblené částice vystavené 30%
HCl po 90 dní



Obr. 55 – Příklad popraskání hmoty NBR
+ zaoblené částice vystavené 30%
CH₂O₂ po 60 dní



Obr. 56 – Příklad úplného zhroucení hmoty NBR + zaoblené částice vystavené 30% CH_2O_2 po 120 dní

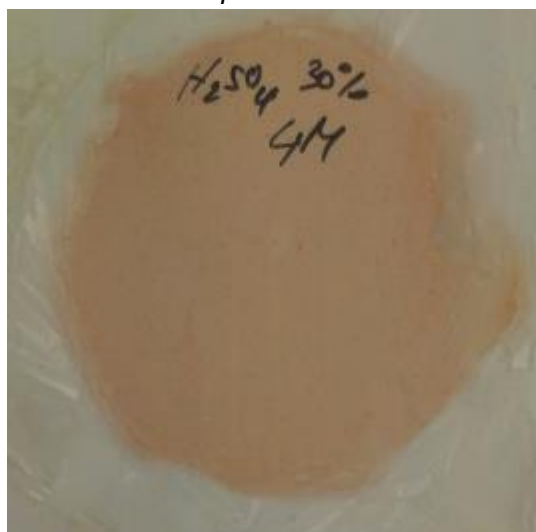


12.1.1.2 Hmoty NBR + skleněné vločky

Doba vystavení	H_2SO_4		HCl		CH_2O_2		NaOH	
	5%	30%	5%	30%	5%	30%	5%	30%
60dnů	1	1	1	1	1	4	1	1
90dnů	1	2	1	2	2	5	1	2
120dnů	2	2	2	2	2	5	1	2

Tab. 50 – NBR + vločky

Obr. 57 – Příklad barevné změny hmoty NBR + střepy vystaveného 30% H_2SO_4 po 120 dní



Obr. 58 – Příklad úplného zhroucení hmoty NBR + střepy vystaveného 30% CH_2O_2 po 90 dní



Obr. 59 – Příklad úplného zhroucení hmoty NBR + střepy vystaveného 30% CH_2O_2 po 120 dní



12.1.1.3 Hmoty NBR + střepy

Doba vystavení	H_2SO_4		HCl		CH_2O_2		NaOH	
	5%	30%	5%	30%	5%	30%	5%	30%
60dnů	1	1	1	2	1	4	1	1
90dnů	1	2	1	2	1	5	1	2
120dnů	1	2	2	2	2	5	1	2

Tab. 51 – NBR + střepy

Obr. 60 – Příklad barevné změny hmoty NBR + střepy vystaveného 30% HCl po 90 dní



Obr. 61 – Příklad barevné změny hmoty NBR + střepy vystaveného 5% CH_2O_2 po 120 dní



Obr. 62 – Příklad úplného zhroucení hmoty NBR + střepy vystaveného 30% CH_2O_2 po 120 dní



12.1.2 Rastrovací elektronová mikroskopie

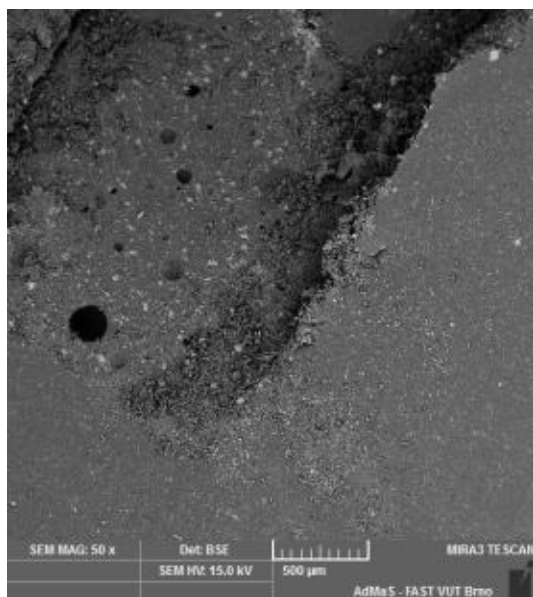
Struktura polymerního nátěru NBR vystaveného chemickým látkám byla u vzorků s vizuálním hodnocením 5 prověřena rastrovací elektronovou mikroskopií. U všech testovaných směsí se jednalo o povrchy vystavené kyselině mravenčí CH_2O_2 a to v koncentraci 30%. Tyto byly vždy porovnány s hmotou nevystavenou vlivu chemikálie, avšak stejného složení (např. ref. hmota + zaoblené částice, ref. hmota + vločky, ref. hmota + střepy). Stáří těchto referenčních srovnávacích hmot je 120dní.

12.1.2.1 Hmota NBR + zaoblené částice

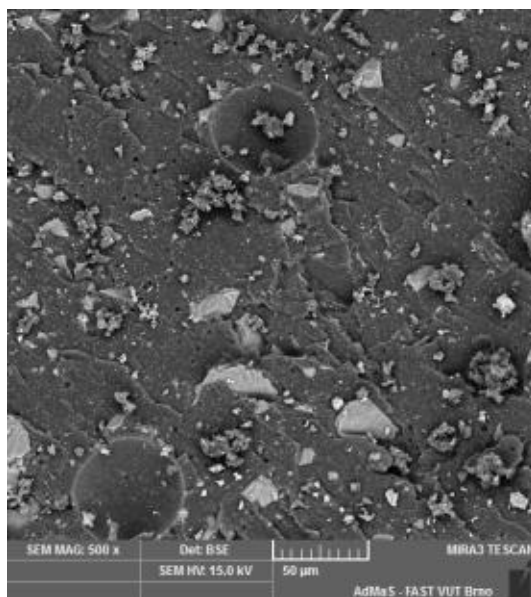
Ref. hmota NBR + zaoblené částice:

REM snímky ukazují, že struktura hmoty ve stáří 120 dnů bez vystavení vlivu chemikálií je pevná, s hladkým povrchem na hraně lomu vytvořené při odběru vzorku je patrné, že plnivo je v polymeru zcela zakomponováno a jednotlivá zrna jsou plně obalena polymerem. Hmota nevykazovala barevné změny, ani narušení povrchu. V matrici je možné vidět několik drobných vzduchových bublin, které pravděpodobně vznikly nedokonalým promícháním směsi před její aplikací. Drobný prach na povrchu je způsoben odběrem vzorku – jeho odseknutím.

Obr. 63 – REM snímek ref. hmoty NBR + zaoblené částice – zvětšení 50x



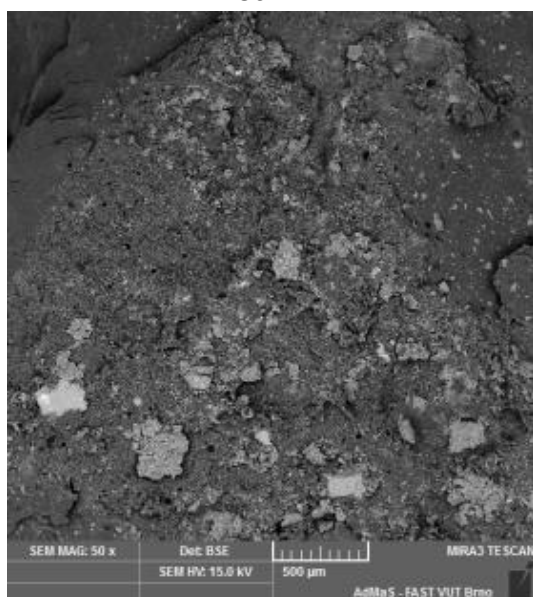
Obr. 64 – REM snímek ref. hmoty NBR + zaoblené částice – zvětšení 500x



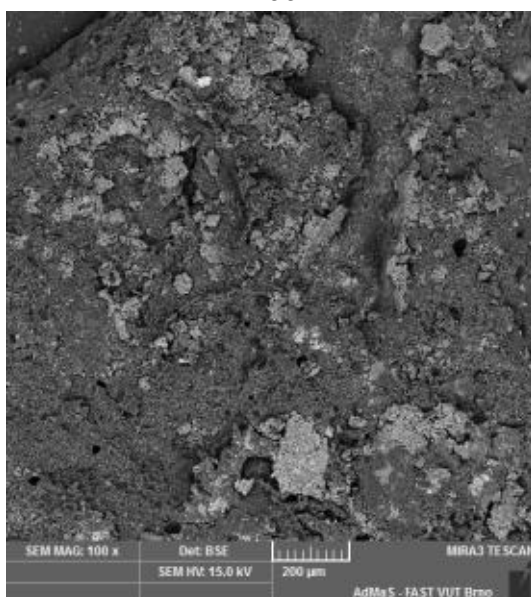
Doba vystavení 90 dnů:

Na snímcích je vidět, že struktura polymeru je po 90 dnech vystavení HC_2O_2 při 30% koncentraci částečně narušena. Polymerní matrice postupně degraduje a celý systém se hroutí. Je vidět odhalená zrna plniva, celý povrch je porušen, začíná se odlupovat v malých kusech obdobné velikosti, téměř pravidelného tvaru (cca jako větší čočka).

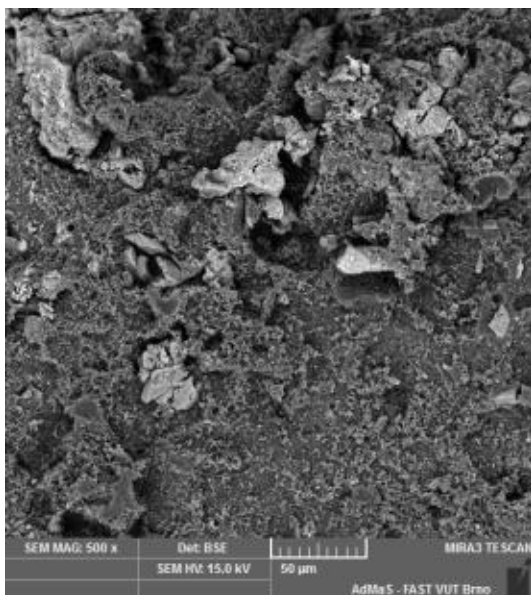
Obr. 65 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 90dní – zvětšení 50x



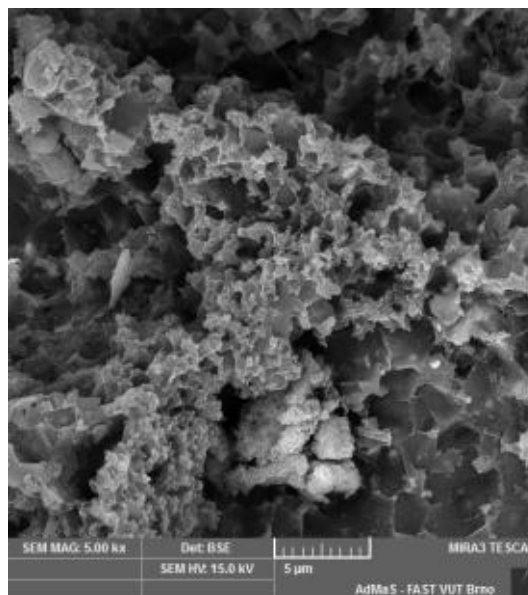
Obr. 66 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 90dní – zvětšení 100x



Obr. 67 – REM snímek hmoty NBR +
zaoblené částice, HC_2O_2 90dní – zvětšení
500x



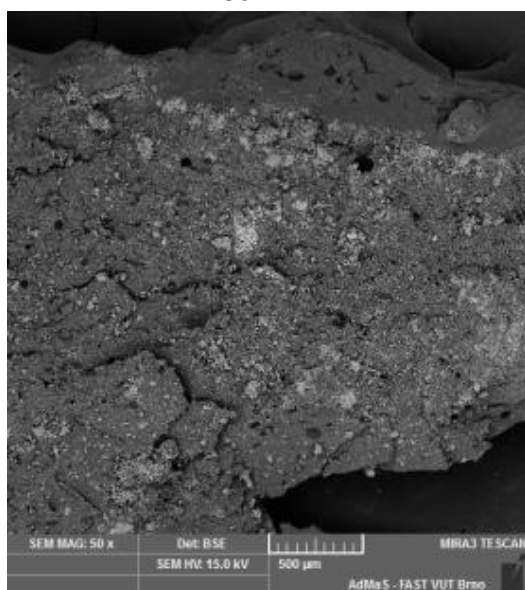
Obr. 68 – REM snímek hmoty NBR +
zaoblené částice, HC_2O_2 90dní – zvětšení
5 000x



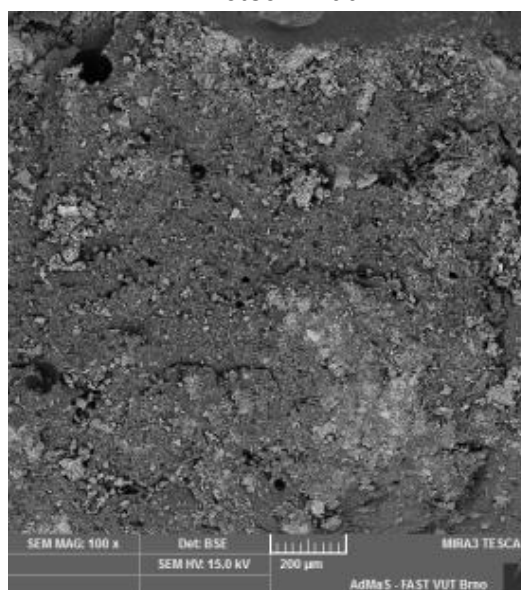
Doba vystavení 120 dnů:

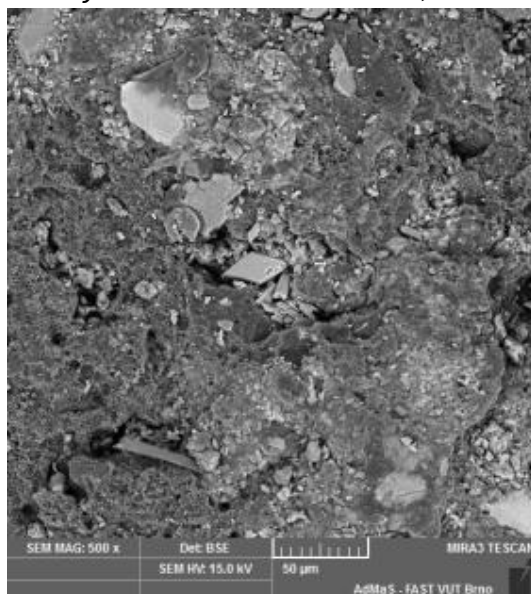
Ze snímků je patrné, že struktura polymeru je po 120 dnech vystavení HC_2O_2 při 30% koncentraci plně narušena. Zaoblená zrna plniva vystupují ze struktury kompozitu, která je porušena, jsou polámana a obnažena. Povrch je rozpadlý na malé kousky, přičemž všechna drží stále obdobný tvar a velikost. Matrice se taktéž rozpadá, dochází k porušení zesíťování a depolymerizaci systému.

Obr. 69 – REM snímek hmoty NBR +
zaoblené částice, HC_2O_2 120dní – zvětšení
50x



Obr. 70 – REM snímek hmoty NBR +
zaoblené částice, HC_2O_2 120dní –
zvětšení 100x



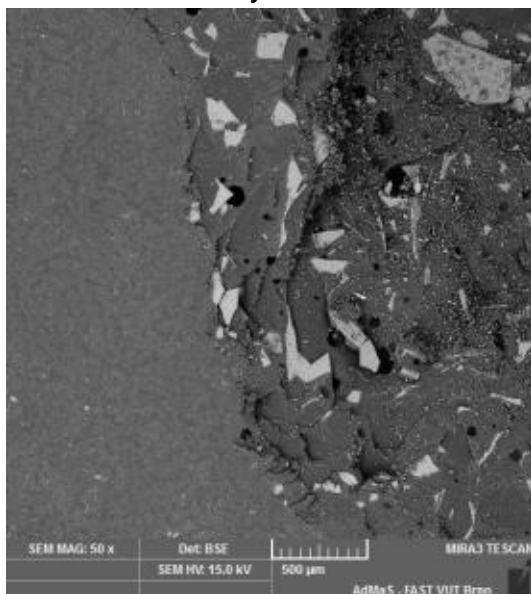
Obr. 71 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 120dní – zvětšení 500x

12.1.2.2 Hmota NBR + skleněné vločky

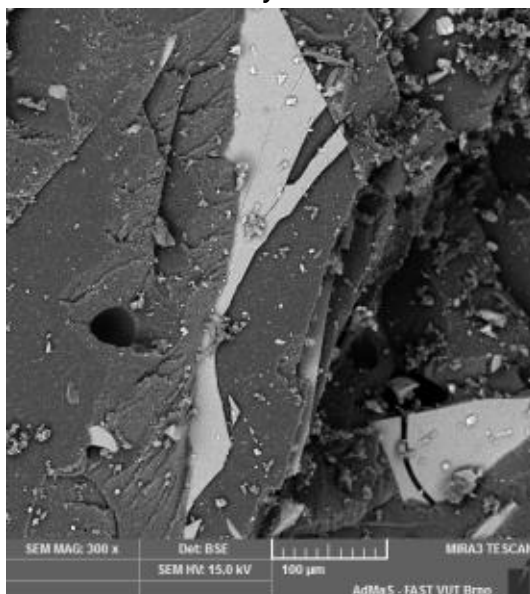
Referenční hmota NBR + skleněné vločky:

Na snímcích je vidět, že struktura polymeru je po 120 dnech pevná, povrch hmoty je hladký, bez známek jakéhokoli porušení, vč. barevných změn. Skleněné vločky vytváří ve struktuře stabilní lamelový systém, nejsou porušeny, ani obnaženy. Polymerní matrice je neporušená, s výjimkou drobných vzduchových bublin, které pravděpodobně vznikly nedokonalým promícháním směsi před její aplikací. Drobný prach na povrchu je způsoben odběrem vzorku – jeho odseknutím.

Obr. 72 – REM snímek ref. hmoty NBR + skleněné vločky – zvětšení 50x



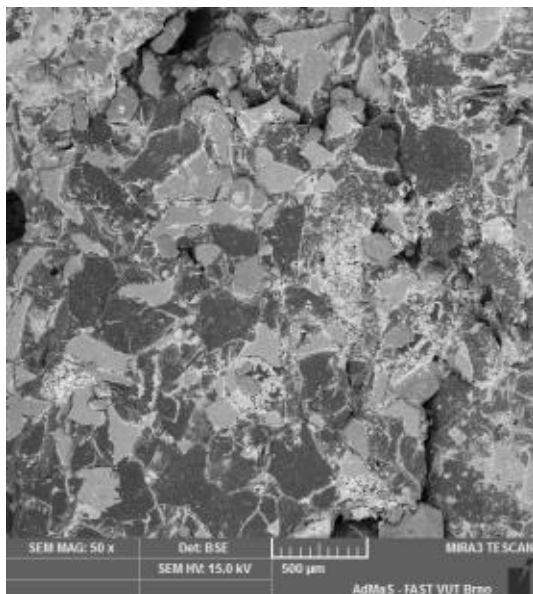
Obr. 73 – REM snímek ref. hmoty NBR + skleněné vločky – zvětšení 300x



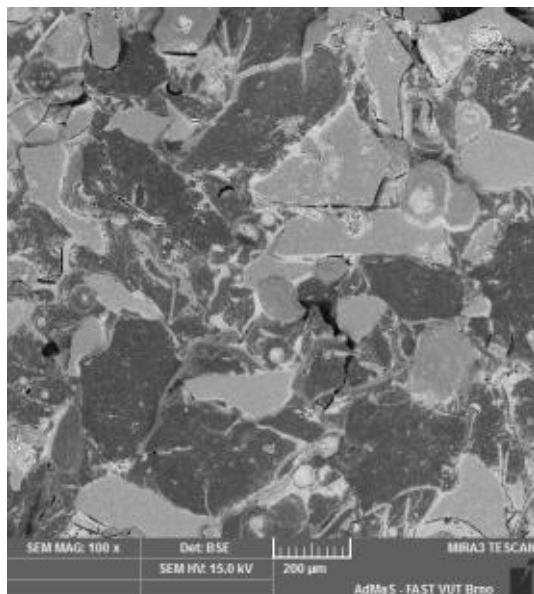
Doba vystavení 90 dnů:

Na snímcích je vidět, že struktura polymerního kompozitu je po 90 dnech vystavení HC_2O_2 při 30% koncentraci částečně narušena. Polymerní matrice postupně praská a odděluje se od hran skleněných vloček, přičemž tyto stále zůstávají pokryty tenkou vrstvou polymeru, nejsou zcela obnažena. Celý povrch je porušen, ale stále drží ve větších kusech.

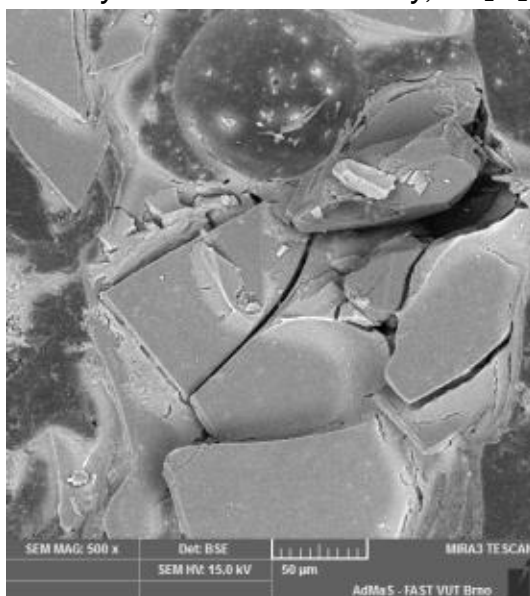
Obr. 74 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 90dní – zvětšení 50x



Obr. 75 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 90dní – zvětšení 100x



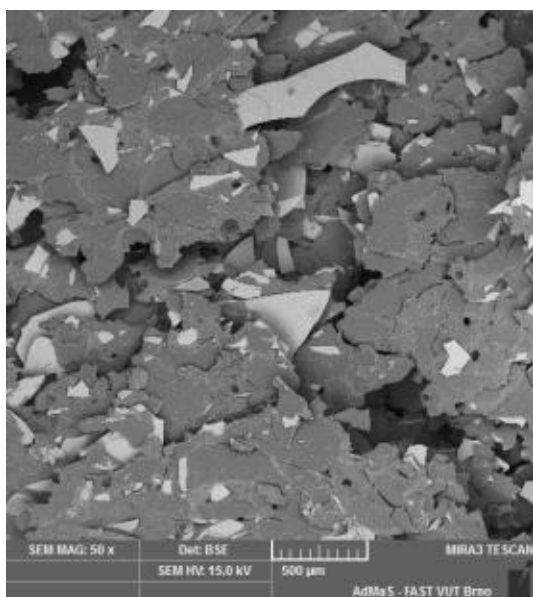
Obr. 76 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 90dní – zvětšení 500x



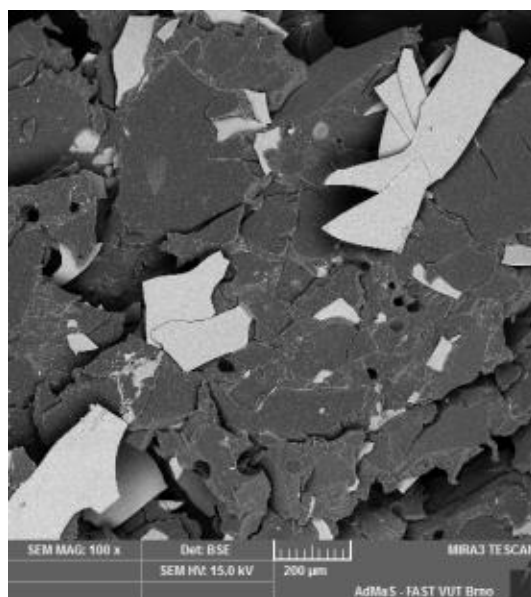
Doba vystavení 120 dnů:

Na snímcích je vidět, že struktura polymeru je po 120 dnech vystavení HC_2O_2 při 30% koncentraci plně narušena. Skleněné vločky vystupují z lamelové struktury, která je porušena a zrna plniva jsou polámana a obnažena. Povrch je rozpadlý na malé kousky, přičemž jsou zrna plniva viditelná i bez využití mikroskopu - pouhým okem. Matrice obsahuje vzduchové bubliny, které pravděpodobně vznikly nedokonalým promícháním směsi před její aplikací.

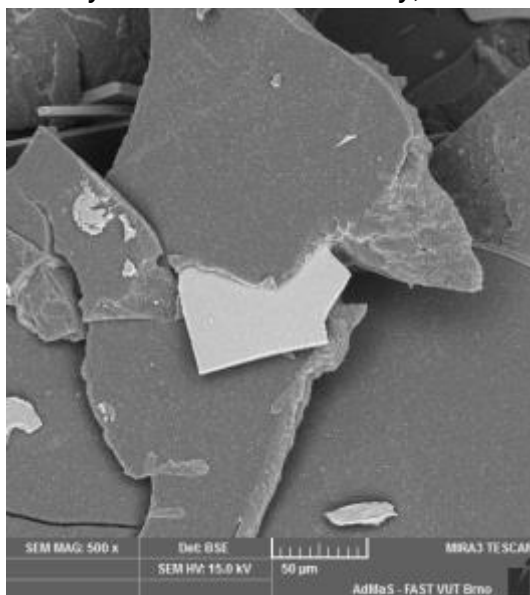
Obr. 77 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 120dní – zvětšení 50x



Obr. 78 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 120dní – zvětšení 100x



Obr. 79 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 120dní – zvětšení 500x

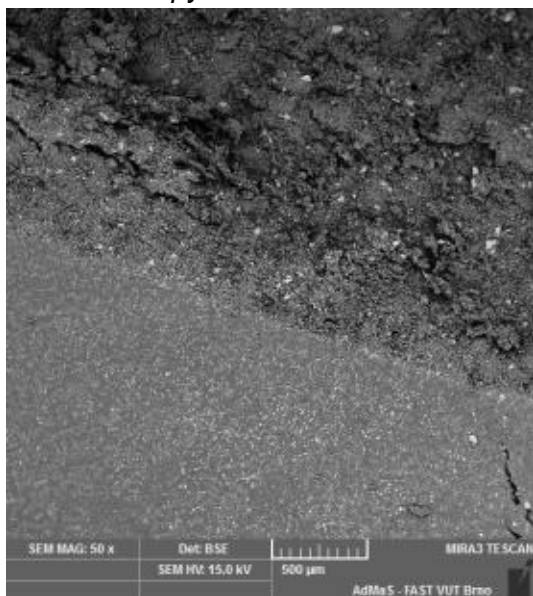


12.1.2.3 Hmota NBR + střepy

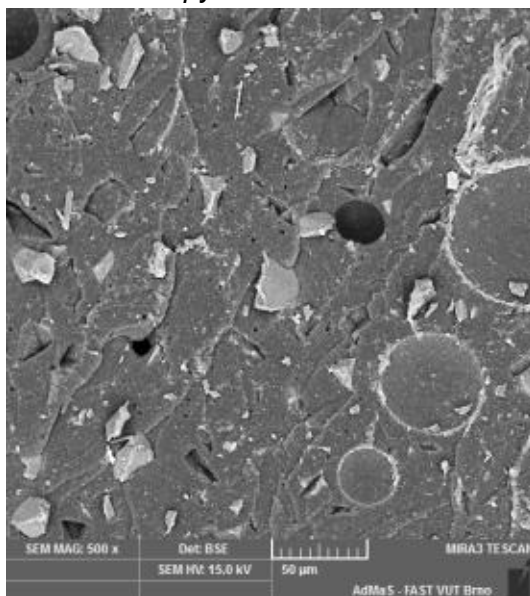
Referenční hmota NBR + střepy:

Na snímcích je vidět, že struktura polymeru je po 120 dnech pevná, povrch hmoty je hladký, bez známek jakéhokoli porušení, vč. barevných změn. Na hladkém povrchu jsou patrnější zrna plniva. Střepy vytváří ve struktuře stabilní homogenní systém, jednotlivá zrna plniva jsou v polymeru rovnoměrně rozprostřena. Polymerní matrice je neporušená, s výjimkou míst lomu vzorku, což je způsobeno odběrem vzorku – jeho odseknutím.

Obr. 80 – REM snímek ref. hmoty NBR + střepy – zvětšení 50x



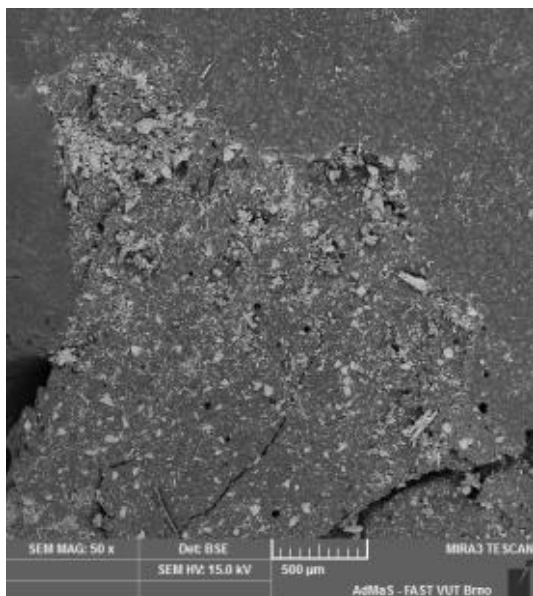
Obr. 81 – REM snímek ref. hmoty NBR + střepy – zvětšení 500x



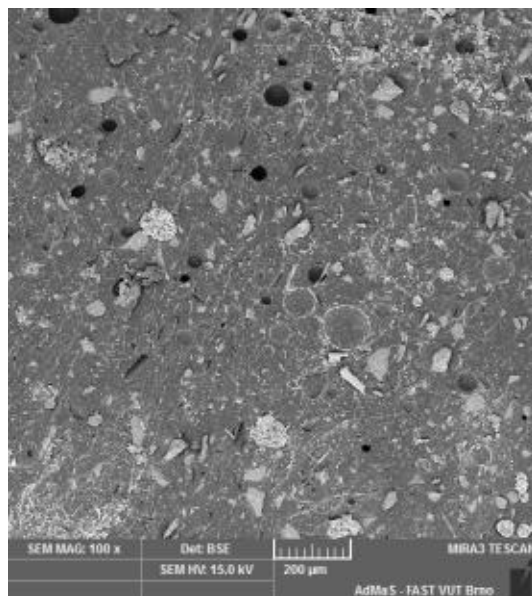
Doba vystavení 90 dnů:

Na snímcích je vidět, že struktura polymeru je po 90 dnech vystavení HC_2O_2 při 30% koncentraci částečně narušena. Hmota má hladký povrch, je však odštěpena od povrchu podkladu ve větších kusech. Polymerní matrice postupně praská a částečně se z ní vystupují zrna plniva, která jsou jí však stále pokryta.

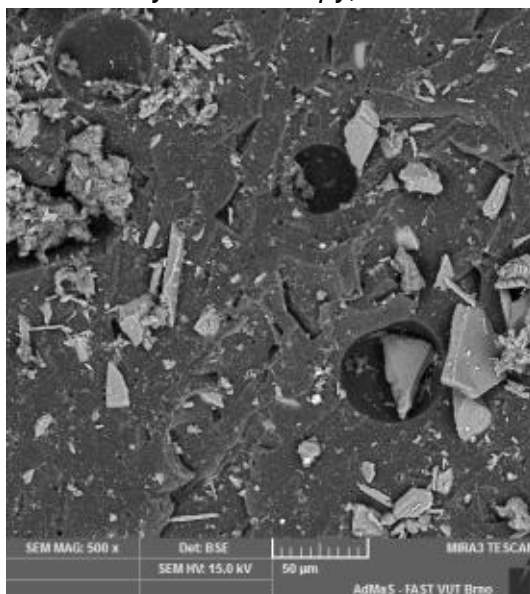
Obr. 82 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 90dní – zvětšení 50x



Obr. 83 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 90dní – zvětšení 100x



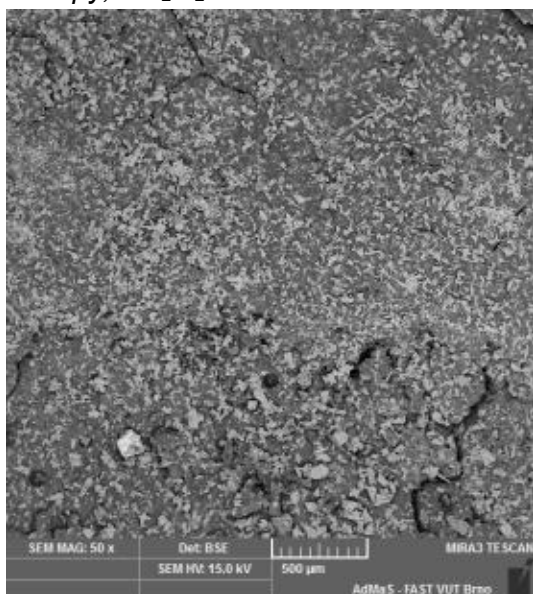
Obr. 84 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 90dní – zvětšení 500x



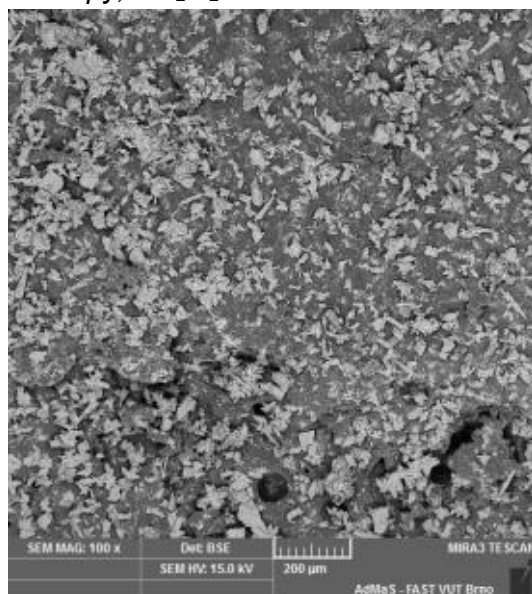
Doba vystavení 120 dnů:

Na snímcích je vidět, že struktura polymeru je po 120 dnech vystavení HC_2O_2 při 30% koncentraci plně narušena. Střepy vystupují ze struktury, která je porušena a zrna plniva jsou částečně obnažena. Povrch je rozpadlý na větší soudržné kousky, přičemž zrna plniva jsou viditelná pod mikroskopem již při 50ti násobném zvětšení. Matrice obsahuje vzduchové bubliny, které pravděpodobně vznikly nedokonalým promícháním směsi před její aplikací. Při větším zvětšení jsou patrná zrna pigmentů, která vystupují z polymerní matrice (Obr. 88)

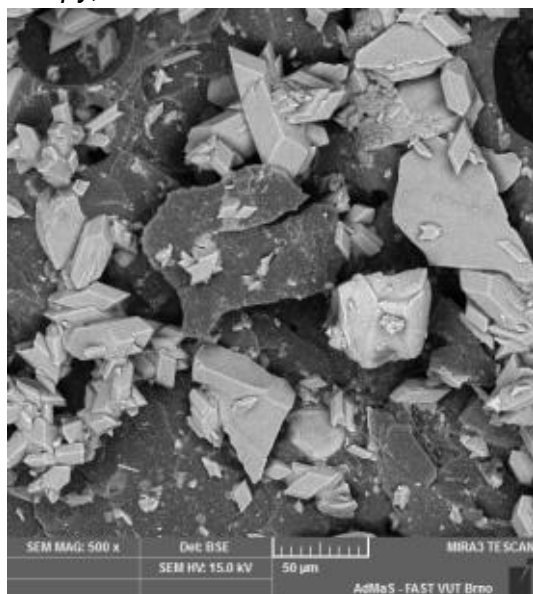
Obr. 85 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 120dní – zvětšení 50x



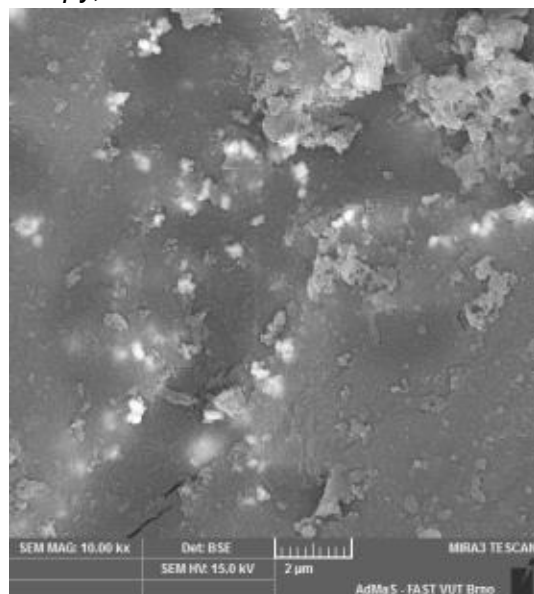
Obr. 86 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 120dní – zvětšení 100x



Obr. 87 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 120dní – zvětšení 500x



Obr. 88 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 120dní – zvětšení 10 000x



12.2 Vyhodnocení výsledků ETAPY IV

Hmota NBR + 25 % plniva (zaoblené částice, vločky, střepy) byla vystavena působení H_2SO_4 , HCl , CH_2O_2 a NaOH po dobu 120 dní. Po 60 ti, 90 ti a 120 ti dnech byla hmota hodnocena vizuálně a pomocí elektronové rastrovací mikroskopie. Výsledky byly porovnány s hmotami bez chemického zatížení ve stáří 120 dní.

Dle vizuálního hodnocení je postup degradace u všech vzorků obdobný. Většina chemikálií s koncentrací 5% nemá zásadní vliv na vzhled hmoty. Hmoty zatížené těmito látkami nevykazují žádné změny, nebo pouze barevné změny, většinou zabarvení do oranžova až červena. Obdobný vliv mají chemikálie při koncentraci 30%, s častějším výskytem barevných změn s výjimkou CH_2O_2 , která po 90 ti dnech způsobuje odlepování hmoty od podkladu a zároveň popraskání, či úplné zhroucení hmoty.

Hmoty, které byly poškozeny vlivem CH_2O_2 a došlo u nich k úplnému zhroucení systému (hodnocení 5), byly dále zkoumány pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu (REM). Na snímcích REM je vidět, že vzorky nevystavené působení chemikálií mají ve stáří 120 dní hladký ucelený povrch bez známek jakéhokoli porušení, vč. barevných změn. Na hraně lomu vzorku způsobeného jeho odběrem je vidět, že zrna plniva jsou plně obalena polymerem.

Struktura hmoty NBR plněné zaoblenými částicemi je po 90 dnech částečně narušena, s odhalenými zrny a odlupování hmoty od povrchu. Po 120 dnech je hmota plně narušena, zrna plniva jsou polámana a obnažena. Dochází k degradaci systému a narušení zesíťování (depolymerizaci) polymeru.

Hmota NBR plněná skleněnými vločkami je po 90 dnech taktéž částečně narušena, polymerní matrice postupně praská a odděluje se od hran skleněných vloček, přičemž tyto stále zůstávají pokryty tenkou vrstvou polymeru, nejsou zcela obnaženy. Po 120 dnech je hmota plně narušena, vločky vystupují z lamelové struktury, která je porušena a zrna plniva jsou polámana a obnažena. Povrch je rozpadlý na malé kousky, přičemž jsou zrna plniva viditelná i bez využití mikroskopu - pouhým okem.

Poslední z testovaných, hmota NBR plněná střepy autoskla vykazuje po 90 dnech zatížení CH_2O_2 částečné narušení. Hmota je odštěpena od povrchu podkladu ve větších kusech. Polymerní matrice postupně praská a částečně z ní vystupují zrna plniva, která jsou jí však stále pokryta. Po 120 dnech dochází k plnému narušení systému.

Tvar zrn má zásadní vliv na způsob rozkladu (destrukce) celého polymerního systému, tzn., buď dochází k rozkladu hmoty v podobě šupinek či k naprosté destrukci hmoty v podobě prachu. Na druhé straně tvar zrn neovlivňuje stupeň a rychlost degradace polymerní hmoty.

Jako první signál chemické degradace polymeru byla při tomto testu pozorována především ztráta pevnosti, lesku, barvy a tvaru, přičemž dle teoretických poznatků docházelo nejpravděpodobněji k defragmentaci řetězce polymerů (stovek a tisíců atomů v řetězci) na oligomery (desítky atomů v řetězci) a tím k depolymerizaci celého systému testované hmoty.

Velmi pomalá depolymerizace se v polymerech vyskytuje po celou dobu jejich života a nazýváme ji stárnutí polymeru. Procesu depolymerace se pozitivně

využívá například při recyklaci plastů. Současné trendy vedou k vývoji polymerů, které za určitých podmínek podléhají biodegradaci. Usnadňuje se tak jejich recyklace a nezatěžují po odsloužení tolik životní prostředí.

Rychlost degradace polymeru závisí na mnoha faktorech. Nejvýznamnějšími z nich jsou:

- Velikost molekuly působící chemikálie
- Teplota působící chemikálie
- Koncentrace působící chemikálie

Čím menší je molekula působící chemikálie, tím agresivněji působí. Menší molekula snadněji difunduje do struktury polymeru a napadá jej. Se zvyšující se teplotou klesá chemická odolnost polymerů. Například trvalá zátěž vodou o teplotě 80 °C je pro většinu nátěrových hmot velmi náročná chemicko-tepelná zátěž, i pokud je jejich T_g (teplota skelného přechodu) nad 110 °C a voda není obecně vnímána jako agresivní médium.

Obecně lze říci, že čím lépe je polymer zesíťovaný, tím lepší je jeho chemická odolnost. V rámci této disertační práce byl potvrzen noremní požadavek stanovení chemické odolnosti daného polymeru při dané teplotě vůči určité chemikálii pouze na základě testů, neboť je nelze závazně teoreticky predikovat. Degradací procesy jsou často velmi nevyzpytatelné.

13. CELKOVÁ DISKUZE VÝSLEDKŮ

V rámci výzkumných a vývojových prací prováděných při řešení této disertační práce byl proveden výzkum a vývoj progresivních ochranných prostředků na vodorovné betonové konstrukce. Tyto hmoty jsou využívány již při výstavbě jako preventivní ochrana, ale také při rekonstrukcích a opravách jako správkové a sanační hmoty a mohou plnit nejen funkci ochrannou, ale také estetickou a technickou, například jako průmyslové podlahy.

Jedním z cílů bylo ověření využití odpadních látek jakožto druhotných surovin do takovýchto polymerních hmot a nalezení optimálních receptur několika materiálů, využitelných pro různé ochranné účely a aplikace (ať již jako ochranné, správkové, sanační či z estetického důvodu), tedy takových, které budou splňovat vlastnosti požadované pro jejich použití v různém prostředí. Dalším cílem bylo ověření vlivu tvaru částic plniva na výslednou chemickou odolnost ochranného nátěru.

V teoretické části byly zmapovány příčiny degradace betonu a protikorozní ochrany vodorovných konstrukcí. Všeobecně byly popsány ochranné systémy na vodorovné betonové konstrukce, požadavky, které jsou na ně kladeny, a dále byla věnována pozornost především polymerním ochranným systémům. Obsáhlá část byla zaměřena na specifikaci požadavků na základní vlastnosti plniv vhodných pro použití do těchto hmot. Jednalo se především o identifikaci materiálu - jeho specifickou hmotnost, granulometrii, hořlavost, adhezi, materiálovou dostupnost, mechanické vlastnosti apod. Tyto parametry a limity byly důležité i v následujících krocích, kdy bylo optimalizačním výpočtem voleno plnivo z odpadních surovin. Dále byly popsány možné technologie aplikace ochranných polymerních systémů dle prostředí využití a typů podkladní konstrukce a byly shrnuty nejčastější chyby, ke kterým při použití těchto materiálů dochází.

V první etapě praktické části byla vybrána polymerní pojiva tak, aby byla zastoupena škála podlahových a nátěrových hmot, využitelných do různých provozů. Dalším motivem vedoucím k výběru studovaných hmot byla skutečnost, že vzhledem k uvažovaným substitucím konvenčně používaných pojiv alternativními surovinami, bylo nutné zvolit referenční stavební hmoty vyráběné velkoobjemovou produkcí. Byly tedy vybrány podlahové a nátěrové hmoty a také hmoty vhodné pro hygienicky čisté provozy, tedy fyziologicky nezávadné či antibakteriální. S ohledem na ekologické hledisko byly voleny materiály pouze na bázi bez-rozpouštědlové a vodou-ředitelné. Tyto hmoty mohou být použity samostatně či ve vzájemné kombinaci jako vícevrstvé ochranné systémy.

Jako podklad pro volbu vhodných odpadních látek byl proveden průzkum dostupných, nejen průmyslových odpadů a jejich rešerše dostupnosti na českém trhu. Po jeho zhodnocení provedeném na základě daných limit a optimalizačního

výpočtu bylo vybráno sedm odpadních skel z různých zdrojů. Tato skla mají nejen velice podobné vlastnosti jako běžně používaná plniva, ale jedná se také o materiály, u kterých je predikován dlouhodobý vznik a dostupnost a proto se jejich využití z pohledu zakomponování do polymerních hmot jeví jako výhodné. Jednalo se o tyto konkrétní odpadní materiály: Odpad z výroby skloviny Simax, Sklo ze solárních panelů trubicových (dva druhy), sklo ze solárních panelů typu QS a LDK, autosklo a obalové sklo.

Po výběru pojivových a plnivových materiálů byly navrženy receptury, vždy s plnou náhradou plniva, které byly podrobeny aplikačnímu testu. Tento test hodnotil zpracovatelnost a aplikovatelnost a poté také vzhled výsledného povrchu testovaných hmot v porovnání se srovnávacími referenčními hmotami. Tento test ověřil kompatibilitu složek a na jeho základě bylo vybráno 42 receptur, které pokročily do dalšího testování. Vždy byly voleny hmoty s nejvyšším možným plněním, které bylo zároveň min. takové, jako u referenční hmoty či vyšší.

V druhé etapě byly všechny receptury vybrané v ETAPĚ I porovnávány z hlediska vlastností stanovených na čerstvých a zpolymerizovaných směsích a byly vybrány směsi hmot s nejlepšími vlastnostmi. Na základě dosažených výsledků byl zvolen optimální obsah plniva u jednotlivých vyvíjených hmot, při kterém je dosahováno požadovaných hodnot.

Rychlost sedimentace jakožto důležitý faktor pro reálné použití plniva do daného systému byla hodnocena vizuálně. Dle pozorovaného chování receptur lze konstatovat, že v průběhu času dochází k rozdělení jednotlivých frakcí plniva dle velikosti částic, jelikož rychlost sedimentace částic s velkým poloměrem je vyšší než rychlost sedimentace částic s menším poloměrem. Bylo sledováno, zda plniva nadměrně nesedimentovala, což by mohlo způsobit rychlé znehodnocení materiálu. Vzorky byly vždy porovnány s referenční srovnávací směsí a hmotou bez plniv. Výrazná sedimentace a separace jednotlivých složek disperzní soustavy byla pozorována pouze u hmot neplněných, kde došlo k separaci pojivových materiálů a dvou vzorků plněných a to u hmoty NVR plněné 35 % solárního trubicového vnitřního skla a NAN plněné 20 % autoskla.

Hustota polymerních směsí má signifikantní vliv na jejich zpracovatelské a aplikační vlastnosti. Aby bylo možné nanášet vyvinuté hmoty stejným způsobem (válečkováním, samorozlivem, nanášením stěrkou či štětcem) jako hmoty referenční srovnávací, měla by být zachována jejich obdobná hustota a to v rozmezí $\pm 20\%$. Tato podmínka byla splněna u všech testovaných receptur.

S tímto také souvisí doba zpracovatelnosti, která může být ovlivněna hustotou směsí, významnější vliv však má správná příprava polymerní hmoty, tedy namíchání polymeru ve správném poměru složek. Tato vlastnost čerstvých směsí nebyla nijak ovlivněna a není závislá na obsahu plniva.

Tloušťka mokrého filmu nebyla v porovnání s referenčními srovnávacími směsmi u jednotlivých testovaných hmot nijak výrazně odlišná. Tato je sledována

zejména z důvodu obsahu těkavých organických látek, které by mohly být do bez-rozpouštědlových systémů s plnivem zaneseny na příklad z důvodu promývání plniv, povrchové úpravy plniv (rozpouštění povrchové úpravy po přidání do nátěru), atd.

Jako další byly v této etapě provedeny zkoušky zpolymerizovaných směsí. Zde byly navržené směsi s různými typy plniva a různými procentuálními substitucemi plniv porovnávány z hlediska objemových hmotností, pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu za ohybu, přilnavosti a tvrdosti. Vzhledem k tomu, že není z vodou-ředitelných hmot možné vytvořit některé silnovrstvé vzorky (díky jejich smrštění), nebylo možné u těchto určit některé ze zmíněných vlastností (objemová hmotnost a pevnosti). Po vyhodnocení celé této etapy byly vybrány receptury, jejichž fyzikálně-mechanické parametry dosahovaly stejných hodnot, jako komerčně vyráběné, tedy referenční srovnávací směsi.

Ve všech technologických předpisech je jako základní kritérium kvality a životnosti povrchové úpravy nátěrovými systémy uváděna tloušťka suché vrstvy povlaku. Pokud není dohodnuto jinak, jsou nepřipustné tloušťky suchého filmu nižší než 80 % nominální (předepsané) tloušťky. Počet měření nižších než je požadováno by neměl přesáhnout 20 %, přičemž průměrná hodnota tloušťky je rovná nebo větší než nominální tloušťka. Maximální tloušťka suchého nátěrového filmu nemá být vyšší než trojnásobek nominální tloušťky. [43] Všechny tyto zákonitosti byly při porovnání referenčních srovnávacích směsí a testovaných receptur dodrženy.

Z naměřených hodnot vyplynulo, že objemové hmotnosti jsou závislé nejen na hustotě pojiva, ale také na obsahu a druhu plniva. Všechna plniva použitá pro vývoj ochranných prostředků v této práci mají obdobnou specifickou hmotnost, proto i testované receptury se stejným plněním mají podobnou objemovou hmotnost.

Nejvyšších hodnot pevností v tahu za ohybu i v tlaku dosahovaly směsi plněné autosklem a QS solarem. Absolutně nejlepších výsledků v porovnání s referenčními srovnávacími hmotami byly PBR plněná 35 % LDK, PAN plněná 35 % autoskla, NBR plněná 25 % obalového skla a NAN plněná 10 % skla ze skloviny Simax při stanovení pevnosti v tlaku a PBR plněná 45 % autoskla, PAN plněná 35 % autoskla, NBR plněná 25 % autoskla a NAN plněná 10 % skla ze skloviny Simax při stanovení pevnosti v tahu za ohybu. Pokud lze uvažovat využití vyvinutých hmot jako správkových či sanačních materiálů, můžeme se při jejich hodnocení řídit normami a publikací „Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK III“. Tato stanovuje podmínku minimálních hodnot pevnosti v tahu za ohybu $> 5,5$ MPa a pevnosti v tlaku > 25 MPa a < 50 MPa. Hmoty, které byly v závěru etapy vybrány pro další doplňkové testování, tyto podmínky splnily a ve většině případů tyto hodnoty převyšují.

Přilnavost k podkladu není použitím odpadních plniv negativně ovlivněna. Z naměřených hodnot vyplývá, že zkoumané epoxidové směsi ochranných hmot i při použití odpadního plniva vykazují vynikající hodnoty. Ve všech případech kromě směsí s označením PBR (podlahová bez-rozpouštědlová hmota) došlo k porušení

v podkladním betonu, proto není možné tyto hodnoty považovat za absolutní hodnoty přilnavosti k podkladu správkových hmot, ale za hodnoty minimální, které tyto směsi vykazují. Hodnoty přilnavosti k podkladu jsou tedy závislé především na kvalitě podkladu, na který jsou směsi ochranných hmot nanášeny. Pokud lze uvažovat využití vyvinutých hmot jako správkových či sanačních materiálů, byla splněna podmínka minimálních hodnot stanovených technickými normami a publikací „Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK III“ pro správkové a sanační hmoty, kdy by soudržnost správkových hmot s podkladem měla být $> 1,5 \text{ MPa}$ a $\sigma > 1,7 \text{ MPa}$ (bez adhezního můstku), čemuž vyhověly všechny zkoušené směsi vybrané pro doplňkové testování.

Tvrdość metodou Shore byla v této disertační práci určována při statických podmínkách. Všeobecně se jedná o deformační charakteristiku povrchové vrstvy materiálu. Nejlepších výsledků při porovnání s referenčními srovnávacími směsmi dosahovaly receptury plněné autosklem, obalovým sklem, QS a LDK solarem, naopak nejhorších hodnot dosahovaly hmoty plněné odpadem ze solárních panelů trubicových. Hodnoty tvrdosti jsou závislé na době působení cizího tělesa, na jeho rozměrech a vlastnostech, velikosti zatížení, elastických vlastnostech zkoušeného materiálu a na teplotě při zkoušce. Tvrdość plastů, podléhá složitějším zákonitostem, než je tomu u látek kovového charakteru, což je dáno především vlastnostmi polymerů, jako je poměrně nízký modul a viskoelastické chování. Bylo ověřeno, že vliv použitého druhu a množství plniva může nepatrně ovlivnit výsledky tvrdosti materiálu.

Výsledkem této etapy byl výběr 17 nejlepších receptur, kterými jsou:

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo
PBR	35	LDK
	45	Autosklo
PVR	25	LDK
	25	QS
	25	Obal
PAN	35	QS
	35	Autosklo

Tab. 52 – Receptury podlahových hmot vybrané po základním testování

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo
NBR	25	Autosklo
	25	Obal
NVR	35	T. vnější
	35	T. vnitřní
	35	QS
	35	Autosklo
NAN	10	Simax
	15	T. vnitřní
	10	QS
	20	Autosklo

Tab. 53 – Receptury nátěrových hmot vybrané po základním testování

V etapě III bylo provedeno ověření doplňujících vlastností některých materiálů, které mají speciální využití. Tyto vlastnosti jsou taktéž uváděny v technických listech referenčních srovnávacích hmot a měly by zůstat zachovány i u hmot plněných druhotnými surovinami. Jejich ověření bylo tedy velmi důležité pro

případ budoucího komerčního prodeje vyvinutých hmot. Na hmotách vybraných v předchozí etapě byly testovány tahové vlastnosti, odolnost vůči oděru a úderu a antibakteriální aktivita.

Po porovnání prodloužení při přetržení bez-rozpouštědlových hmot lze uvést závislost napětí na poměrném prodloužení, kdy s rostoucím poměrným prodloužením klesá napětí. Plniva nijak výrazně neovlivňují mechanické parametry testovaných hmot, tyto tedy zůstávají stejné nebo velice obdobné jako parametry referenčních srovnávacích hmot. Z výsledků je také vidět, že podlahové hmoty PBR a PAN mají podobnou chemickou bázi, stejně tak NBR a NAN, tedy i jejich hodnoty jsou obdobné.

Na odolnost vůči oděru a úderu má plnivo významný vliv a to svými mechanickými vlastnostmi, které vnáší do systému. Při úderu je důležitá adheze mezi matricí a plnivem, aby vložené napětí bylo efektivně přenášeno na plnivo. Pokud bude adheze příliš slabá, dojde k poruše v mezifázi nebo v matrici. Plnivo by mělo mít lepší mechanické parametry než matrice, aby při zajištění dobré adheze zlepšilo mechanické parametry systému. Při porovnání dosažených výsledků lze konstatovat, že většina testovaných směsí dosahovala menšího úbytku hmotnosti při oděru, měly tedy lepší vlastnosti než-li směsi srovnávací referenční. K vyššímu úbytku hmotnosti došlo u hmoty PVR plněné 25 % LDK a PAN plněné 35 % QS solarem. Odolnost v úderu byla vyšší u všech testovaných hmot.

Na antibakteriální efekt podlahového systému má zásadní vliv typ a dávkování antibakteriálního aditiva, které však zůstává tajemstvím a know - how výrobní společnosti. Vliv obsahu plniva - druhotné suroviny na antibakteriální účinek epoxidového materiálu nebyl prokázán. U všech testovaných směsí byla vlastní účinnost aditiva zachována, avšak účinnost celého systému může být ovlivněna vhodností matrice, jakožto růstového média. Výsledkem této etapy byl výběr 4 nejlepších receptur podlahových a 10 nejlepších nátěrových hmot:

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo
PBR	35	LDK
	45	Autosklo
PVR	25	QS
PAN	35	Autosklo

Tab. 54 – Výsledné receptury podlahových hmot

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo
NBR	25	Autosklo
	25	Obal
NVR	35	T.vnější
	35	T. vnitřní
	35	QS
	35	Autosklo
NAN	10	Simax
	15	T. vnitřní
	10	QS
	20	Autosklo

Tab. 55 – Výsledné receptury nátěrových hmot

V poslední, IV. etapě byla řešena otázka závislosti chemické odolnosti materiálu na tvaru částic použitého plniva. Pro tento test byla vybrána hmota NBR, jejíž využití je předpokládáno v chemickém průmyslu apod. Hmota byla plněna 25 % střípů z autoskla a byla srovnávána s plněním 25 % skleněných vloček a 25 % směsi písků ISG (zaoblené částice). Dle teorií získaných z publikovaných článků vytváří hmota plněná skleněnými vločkami lamelovou membránu, která zamezí, nebo alespoň prodlouží dobu průchodu chemikálií polymerní ochrannou hmotou. V rámci tohoto testu byly tyto tři testované receptury vystaveny vlivu H_2SO_4 , HCl , CH_2O_2 a NaOH při 5% a 30% koncentraci a byly hodnoceny po 60, 90 a 120 dnech. U žádné z uvedených receptur nebyla sledována zásadní odchylka. Všechny reagovaly v průběhu času obdobně, často pouze barevnou změnou povrchu. U všech hmot vystavených 30% CH_2O_2 došlo po 120 dnech k absolutnímu zhroucení systému, tedy absolutnímu rozpadu polymeru. Tyto výsledky byly potvrzeny nejen vizuálně, ale také provedením podrobného zkoumání systému pomocí elektronového rastrovacího mikroskopu. Bylo tedy potvrzeno, že využití odpadní látky jako plniva do ochranného materiálu nemá negativní vliv na jeho chemickou odolnost.

Využití druhotných surovin jakožto plniv do progresivních ochranných prostředků na vodorovné betonové konstrukce je vhodné nejen z ekologického, ale také z ekonomického hlediska. Zlevňování pojivové matrice je v dnešní době již velmi obtížné, protože firmy už došly téměř na své maximum. Důvodem je velká konkurence na trhu, která tlačí firmy ke stálému zlevňování dosavadních výrobků. Běžně dostupná, konvenční plniva jsou těžené přírodní suroviny či průmyslově vyráběná a proto je jejich cena v porovnání s druhotnými surovinami velmi vysoká. Tato práce poukazuje na výhodné využití odpadních materiálů, což se jeví jedinou možností zlevňování výrobků. Plniva z druhotných surovin jsou ideální možností pro zlevnění výrobku, ale také možností pro zlepšení výsledných vlastností produktu díky jejich kvalitě a velkému obsahu SiO_2 . Proto se využití druhotných surovin (jako substituce běžně používaného plniva) jeví jako velmi vhodné a to nejen pro svoji nízkou cenu. Jako tyto druhotné suroviny lze využít zejména odpady, pro které zatím není jiné využití.

Jako primární plnivo se v dnešní době používají klasické křemičité písky, směsi křemičitých písků, sklářské písky nebo uměle vyráběná plniva např. skleněné vločky, jejichž cena není zcela příznivá. Druhotné suroviny, které byly v této práci zkoušeny, mají obdobné složení jako konvenční plniva. Ceny těch, jejichž použití bylo ověřeno v této disertační práci, jsou uvedeny v následující Tab. 56, spolu s cenami primárních plniv při odběru minimálního množství 1 tuny. Ceny jsou uvedeny za množství 1 kg bez DPH. Ceny u skelného recyklátu ze solárních panelů jsou orientační, protože prodej tohoto odpadního skla je zatím v České republice ve svých počátcích.

Druh plniva	Materiál	Cena [Kč bez DPH za 1kg]
Klasická plniva	Směs křemičitých písků ISG	3,30
	Skleněné vločky	54,0
Náhrada plniva	Odpad ze skloviny SIMAX	3,0
	Sklo ze solárních panelů trubicových - vnější	2,8
	Sklo ze solárních panelů trubicových - vnitřní	1,3
	Sklo ze solárních panelů typu LDK	1,2
	Sklo ze solárních panelů typu QS	0,8
	Autosklo	1,70
	Obalové sklo	1,9

Tab. 56 – Ceny plniv

V případě využití výsledků v praxi lze tedy očekávat pozitivní ekonomické zhodnocení pro velké producenty polymerních ochranných systémů s rozsáhlejším portfoliem založeným na bázi alternativní suroviny. Sekundárním výstupem této substituce bude vliv na ekologii, neboť lze očekávat pokles v oblasti skládkování a nakládání s odpady a také těžby nutných surovin. Při poklesu ceny výsledného produktu lze očekávat i její snazší prosazení na trhu vůči méně ekologicky vhodným postupům.

Při porovnání cenové výhodnosti náhrady plniva odpadním materiálem jsou jako nejlevnější tyto vyvinuté hmoty:

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo	Srovnání plnění s ref. hmotou
PBR	35	LDK	stejně
PVR	25	QS	stejně
PAN	35	Autosklo	stejně

Tab. 57 – Nejlevnější receptury podlahových hmot

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo	Srovnání plnění s ref. hmotou
NBR	25	Autosklo	vyšší min. o 5 %
NVR	35	QS	vyšší min. o 5 %
NAN	10	QS	stejně

Tab. 58 – Nejlevnější receptury nátěrových hmot

14. ZÁVĚR

V rámci této disertační práce byly vyvíjeny progresivní ochranné systémy na vodorovné betonové konstrukce, které byly modifikovány druhotnými surovinami jakožto plnivy, s cílem nalezení nejlepších receptur, které najdou své uplatnění v různých provozech nejen ve stavebnictví. Důležitým prvotním krokem pro celou práci byla volba vstupních pojivových materiálů a výběr nejvhodnějších odpadních látek, které by byly díky svým vlastnostem vhodnými substituenty běžného plniva.

Navržené receptury a následně výsledky získané ve všech etapách práce prokázaly možnost náhrady běžných plniv v šesti zkoumaných materiálech běžné produkce. Tyto materiály je možné využít pro ochranu, ale také opravy a sanaci betonových konstrukcí, neboť tvoří komplexní spektrum podlahových a nátěrových materiálů.

Vývoj nových polymerních ochranných hmot plněných odpadními materiály s sebou přináší nejen aspekty ekologické, ale také ekonomické. Běžně dostupná, konvenční plniva jsou těžené přírodní suroviny či průmyslově vyráběná a proto je jejich cena v porovnání s druhotnými surovinami velmi vysoká. Tato práce poukazuje na výhodné využití odpadních materiálů, což se jeví jedinou možností zlevňování výrobků. Plniva z druhotných surovin jsou ideální možností pro zlevnění výrobku, ale také možností pro zlepšení výsledných vlastností produktu díky jejich kvalitě a velkému obsahu SiO_2 .

Na základě výsledků této práce lze konstatovat, že je možné úspěšně modifikovat složení polymerních hmot použitými druhotnými surovinami za předpokladu zachování či zvýšení jejich vlastností.

PŘÍNOS PRO VĚDNÍ OBOR A PRAXI

Hlavními přínosy této disertační práce a výzkumu v rámci ní prováděného mají význam pro obor odpadového hospodářství, ale také pro producenty odpadu a výrobce polymerních hmot. Tyto lze také považovat za podstatně výhodné pro rozvoj vědního oboru. Jedná se především o:

- V rámci výzkumných prací byly navrženy receptury polymerních ochranných hmot plněných druhotnými surovinami na vodorovné konstrukce. U výsledných receptur, bylo ověřeno, že jsou využitelné stejným způsobem, jako hmoty komerčně vyráběné a to při stejných, nebo lepších vlastnostech. Pro výrobce takovýchto hmot je zřetelný výrazný pokles výrobních nákladů díky substituci běžných plniv druhotnými surovinami, což souvisí se zvýšením zisku z prodeje.
- Byl zkoumán vliv tvaru částic na chemickou odolnost polymerního nátěru. Bylo zjištěno, že tvar zrn získaný při drcení odpadního skla (střepey) nemá

výrazně horší vliv na chemickou odolnost, ale hmota plněná takovýmito střepy reaguje na chemické prostředí stejným způsobem a ve stejném časovém horizontu jako hmota komerčně vyráběná a to ať už plněná skleněnými vločkami či směsí křemičitých písků ISG.

- Na základě provedených testů dle platné legislativy bylo ověřeno a potvrzeno výhodné využití druhotných surovin jako plniv do polymerních hmot. Jako nejvhodnější odpadní suroviny pro další využití do ochranných polymerních systémů byly vybrány odpady na bázi skla - autosklo, obalové sklo, sklo z některých typů solárních panelů a odpad z výroby skloviny simax. Omezení nutnosti skládkování takovýchto odpadů znamená pro producenty těchto odpadů především snížení nákladů spojených s jejich uložením na skládku a naopak může přinést zisk za jejich prodej případnému zpracovateli.
- Průkaz snížení ekologické zátěže související s novou výstavbou a rekonstrukcemi, opravami konstrukcí díky využití nově vzniklých hmot. Využití průmyslových odpadních materiálů jako plniva v polymerních ochranných hmotách se jeví být velkým přínosem pro životní prostředí. Úspora neobnovitelných přírodních zdrojů a využití druhotných surovin znamenají správný krok vedoucí k nutnému zlepšení ekologických podmínek a jsou dobrým příslibem zkvalitnění životního prostředí pro budoucí generace.
- Zohlednění ekonomické výhodnosti, tedy snížení výrobní ceny produktu, by mohlo do budoucna vést k vyšší dostupnosti takovýchto materiálů pro širší škálu zákazníků.
- Jelikož tato disertační práce vznikala za podpory projektů TAČR TA01011034 „Výzkum možností využití druhotných surovin jako plniv do progresivních vícevrstevných podlahových a nátěrových systémů“ a TAČR TA04010425 „Komplexní systém speciálních správkových hmot s využitím druhotných surovin pro průmyslové provozy“, lze za její praktický přínos považovat využití získaných výsledků jako podkladů pro případnou komerční výrobu ochranných polymerních hmot plněných průmyslovými odpadními materiály, která je již v jednání s firmou Lena Chemical s.r.o.
- Posledním zcela samozřejmým přínosem je publikace řady odborných článků o tématu disertační práce, a tím rozšíření získaných informací a dosažených výsledků mezi odbornou veřejnost, které mohou ve výsledku podpořit používání těchto materiálů a jejich další výzkum a vývoj.

15. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Vysoká škola chemicko technologická Praha. *Koroze materiálů*. Dostupné na internetu: http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze_materialu/ [10.10.2012]
- [2] Architektura a stavebnictví. *Koroze betonu*. Dostupné na internetu: stavebnictvi-architektura.studentske.cz [10.10.2012]
- [3] Masarykova Universita. ŠAMÁNKOVÁ, M., *Studium interakcí infiltračních vod na kontaktu ostění tunelu a horninového prostředí*, 2009. Dostupné na internetu: http://is.muni.cz/th/211348/prif_b/beton_resease.txt [15.10.2012]
- [4] SANDEEP, S., TARUN, K., YOGESH, M. *Application of polymer composites in civil construction: A general review*. Composite Structures, vol. 84, 2008, p.114 - 124
- [5] TESAŘ, F. *Vývoj polymerních vícevrstevných podlahových systémů*: diplomová práce. Brno, 2012. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav technologie stavebních hmot a dílců.
- [6] Lena Chemical s.r.o., *Podlahy, technologie realizace a obnovování povrchů průmyslových podlah s hmotami a systémy Lena na epoxidové bázi*, podniková literatura, Lena Chemical s.r.o., Šternberk, 2007.
- [7] DRAŠNEROVÁ, D. *Stavební materiály*. Hranice, 2004. 60 s.
- [8] HODNÁ, J., VYHNÁNKOVÁ, M., PETRÁNEK, V. *Odborná zpráva o postupu jednotlivých prací a dosažených výsledcích za rok 2011*.
- [9] V LIDARÍK, M. A KOLEKTIV; *Epoxidové pryskyřice*, SNTL, Praha 1983.
- [10] WHELAN, T. *Polymer Technology Dictionary*, London, 199, ISBN 0412581809, p. 135 – 136
- [11] SALAMONE, J. C. *Polymeric materials encyclopedia*, USA, 1998. 1760p. ISBN 0-8493-2470-X
- [12] MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*, 2. přepracované vydání, Sobotáles, Praha, 2000. 537 p. ISBN 80-85920-72
- [13] HOSFORD, W. F. *Materials for Engineering*, USA, 2008, ISBN 978-0-521-89997-0, p. 110 - 129
- [14] Webové stránky MU Brno. Podklady pro studium dostupné na internetu wood.mendelu.cz/cz/sections/Props/files/verejny/.../skripta_2.doc [21.8.2012]

- [15] MAŠÍČKOVÁ, I. *Použití sekundárních surovin jako plniv v polymerních nátěrových hmotách*, Diplomová práce na VUT v Brně, FAST, ÚTHD, Brno, 2003.
- [16] Vysoká škola chemicko - technologická Praha. *Sedimentační rychlost*. Dostupné na internetu < internetuvydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/sedimentacni_rychlost.html > [21.10.2012]
- [17] Vysoká škola chemicko - technologická Praha. *Usazování částic*: Dostupné na internetu: <www.vscht.cz/uchi/ped/chi/chi.ii.text.k10.usazovani.pdf> [21.10.2012]
- [18] PYTLÍK, P. *Ekologie ve stavebnictví*, Svaz podnikatelů ve stavebnictví v ČR, Praha, 1997. 136 p. ISBN 80-85380-38-2.
- [19] Hospodářské noviny. *Česká republika má třetí největší výkon solárních elektráren na obyvatele v EU*. Dostupné na internetu <<http://byznys.ihned.cz/c1-59259070-ceska-republika-ma-treti-nejvetsi-vykon-solarnich-elektren-na-obyvatele-v-e>> [21.2.2013]
- [20] JANČÁŘ, J. *Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů*, FCH VUT v Brně, 2003
- [21] ELEKTRARNY.PRO. *Graf počtu elektráren v ČR*. Dostupné na internetu <<http://www.elektrarny.pro/>> [21.2.2015]
- [22] HOSENUZZAMAN, M., RAHIM, N. A., SELVARAJ, J., HASANUZZAMAN, M., MALEK, A. B. M. A., NAHAR, A., *Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 41, 2015, p. 284 - 297
- [23] ENERGO Group. *Fotovoltaické elektrárny*. Dostupné na internetu: <http://www.energogroup.eu/cz/fotovoltaicke_elektrarny.html> [30.2.2015]
- [24] VYHNÁNKOVÁ, M. *Testování účinnosti antibakteriálních přípravků na bázi Ag pro aplikace v polyuretanových a epoxidových systémech*. Brno, 2008. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická. Ústav chemie materiálů.
- [25] Instruction for Use, MIRA3 FEG-SEM, corporate Literature, TESCAN
- [26] User manual, AccuPyc II 1340, corporate Literature, Micromeritics
- [27] DUFKA, A., NOVÁK, J. *Laboratorní experimentální metody*, VUT Brno, fakulta stavební, 2007
- [28] NOVOTNÁ, A. *Nové možnosti využití druhotných surovin na silikátové bázi v ekologických polymerních vícevrstvých podlahových systémech*, Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců.

- [29] Solyndra. QS solar. Dostupné na internetu: <<http://www.solyndra.com/>> [16.9.2014].
- [30] POULEK, V., LIBRA, M., *Konstrukce a výroba fotovotaických článků a panelů*, Elektro 3/2010, ISSN 1210-0889
- [31] QS solar. Dostupné na internetu: <<http://www.qssolar.com/>> [20.9.2014].
- [32] GFB Autosklo Servis s.r.o. *Výroba a recyklace autoskla*. Dostupné z internetu: <<http://www.autosklo-autoskla.cz/o-autosklech/vyroba-a-recyklace-autoskla/#recyklace-autoskla>>. [29.4.2014].
- [33] Třídění odpadu. *Jak se třídí sklo*. Dostupné z internetu: <<http://www.trideniodpadu.cz/trideniodpadu.cz/Autoskla.html>> [3.5.2015].
- [34] KANG, S., YOO., S., LEE, J., BOO, B., RYU, H. *Experimental investigations for recycling of silicon and glass form waste photovoltaic modules*. Renewable Energy, vol. 47, 2012, p. 152 - 159
- [35] ASEKOL solar. *Recyklace solárních panelů*. Dostupné na internetu: <<http://www.asekolsolar.cz/o/recyklaci-solarniho-odpadu/>> [28.5.2014]
- [36] REsolar. *Kolektivní systém pro recyklaci solárních panelů*. Dostupné na internetu: <<http://www.resolar.cz/cs>> [28.5.2014]
- [37] DAVIS., J. R. *ASM Material Engineering Dictionary*, USA, 2006, ISBN 0-87170-447-1, p. 185 – 188.
- [38] EHSANI, M., KHONAKDAR, H.A., GHADAMI, A., *Assessment of morphological, thermal, and viscoelastic properties of epoxy vinyl ester coating composites: Role of glass flake and mixing method*. Progress in Organic Coatings, vol. 76, 2013, p. 238 – 243
- [39] MC DONALD, N. C., PEARCE, J. M. *Producer responsibility and recycling solar photovoltaic modules*. Energy policy, vol. 38, 2010, p. 7041 – 7047
- [40] BAGHERI, G. H., BONADONNA, C., MANZELLA, I., VONLANTHEN, P. *On the characterization of size and shape of irregular particles*, Powder Technology, vol. 270, 2015, p. 141 – 153
- [41] GRUBER, V., *Recyklace luminoforů z použitých elektrotechnických zařízení*. Mezinárodní vodohospodářský a ekologický veletrh WATENVI, Brno, 2010, p. 1- 3
- [42] GONZÁLEZ-GUZMÁN, J., SANTANA, J. J., GONZÁLEZ, S., SOUTO, R. M. *Resistance of metallic substrates protected by an organic coating containing glass flakes*, Progress in Organic Coatings, vol. 68, 2010, p. 240 – 243
- [43] KREISLOVÁ, K., PARÁKOVÁ, M., *Měření tloušťky povlaků (2. díl)*, Tribotechnika 3/2014, ISSN 1338-0524

- [44] DROCHYTKA, R., DOHNÁLEK, J., BYDŽOVSKÝ, J., PUMPR, V., DUFKA, A., DOHNÁLEK, P., *Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP CCBK III*, Sdružení pro sanace betonových konstrukcí, Blansko, 2012. ISBN 978-80-260-2210-7.
- [45] Zákon č. 22/1997 Sb., *Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů*, 1997

16. SEZNAM CITOVANÝCH NOREM

- [101] ČSN EN 1097-7 Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva - Část 7: Stanovení měrné hmotnosti fileru - Pyknometrická zkouška. Český normalizační institut, 2008.
- [102] ČSN EN 1097-5, Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva - Část 5: Stanovení vlhkosti sušením v sušárně. Český normalizační institut, 2008.
- [103] ČSN EN ISO 2811-1 - Nátěrové hmoty – Stanovení hustoty – Pyknometrická metoda. Český normalizační institut, 2011.
- [104] ČSN EN ISO 9514 - Nátěrové hmoty - Stanovení doby zpracovatelnosti kapalných systémů - Příprava a kondicionování vzorků a směrnice pro zkoušení. Český normalizační institut, 2005.
- [105] ČSN EN ISO 2808 Nátěrové hmoty – stanovení tloušťky nátěru. Český normalizační institut, 2007.
- [106] ČSN EN 13892-2 Zkušební metody potěrových materiálů – Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. Český normalizační institut, 2003.
- [107] ČSN EN ISO 4624 Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti. Český normalizační institut, 2003.
- [108] ČSN EN ISO 868 Plasty a ebonit - Stanovení tvrdosti vtláčováním hrotu tvrdoměru (Tvrdost Shore). Český normalizační institut, 2003.
- [109] ČSN EN ISO 527-1, Plasty – Stanovení tahových vlastností – Část 1: Obecné principy. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [110] ČSN EN ISO 11998, Nátěrové hmoty – Stanovení odolnosti nátěru proti oděru za mokra a stanovení čistitelnosti. Český normalizační institut, 2007.
- [111] Norma ČSN EN ISO 6272-2 Nátěrové hmoty – Zkouška rychlou deformací (odolnost vůči úderu) – Část 2: Zkouška padajícím závažím, malá plocha úderníku. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [112] ČSN EN ISO 20645 Plošné textilie - Zjišťování antibakteriální aktivity - Zkouška šíření agarovou destičkou. Český normalizační institut, 2005.
- [113] ČSN EN 13813 Potěrové materiály a podlahové potěry - Potěrové materiály – Vlastnosti a požadavky. Český normalizační institut, 2003.
- [114] ČSN EN 1504 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody.

17. SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

μ	rychlost sedimentace
A	plocha povrchu s povlakem
A	průřezová plocha zatěžované plochy
b	šířka vzorku
d	tloušťka vzorku
d	průměr ok
D	max. průměr zrn plniva
EP	epoxidová pryskyřice
FT	fototermický panel (kolektor)
FV	fotovoltaický panel
FVE	fotovoltaická elektrárna
g	teoretická střední hodnota gravitačního zrychlení na povrchu Země
NAN	nátěrový fyziologicky nezávadný materiál
NBR	nátěrový bez-rozpouštědlový materiál
NVR	nátěrový vodou-ředitelný materiál
PAN	podlahový antibakteriální materiál
PBR	podlahový bez-rozpouštědlový materiál
PEN	penetrační materiál
PVR	podlahový vodou-ředitelný materiál
r	poloměr částice
REM	rastrovací elektronový mikroskop
R_f	pevnost v tahu za ohybu
RTG	rentgenová difrační analýza
VOC	těkavé organické látky (Volatile Organic Compounds)
w	množství plniva, které projde sítím o průměru ok d
η_k	viskozita kapaliny
ρ	specifická hmotnost

18. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Síly mající vliv na pohyb částice	27
Obr. 2 – Průběh vzniku fotovoltaických elektráren v ČR	43
Obr. 3 – Princip laserové difrakční analýzy	53
Obr. 4 – Fotografie bakterií Escherichia coli (el. mikroskop)	60
Obr. 5 – Fotografie bakterií Klebsiella pneumoniae, zvětšení 550krát	61
Obr. 6 – Fotografie bakterií Staphylococcus aureus (el. mikroskop)	61
Obr. 7 – Řez trubicovým solárním panelem	75
Obr. 8 – Řez vrstvou polymerního nátěru plněného skleněnými vločkami	88
Obr. 9 – Porovnání měrných hmotností plniv	90
Obr. 10 – Příklad aplikovatelnosti vyhovujícího vzorku (hmota NAN + 10 % plniva Simax)	95
Obr. 11 – Příklad aplikovatelnosti nevyhovujícího vzorku (hmota NAN + 35 % plniva LDK)	95
Obr. 12 – Příklad sedimentace referenční srovnávací hmoty	98
Obr. 13 – Hmota PBR – Hustota	99
Obr. 14 – Hmota PVR – Hustota	99
Obr. 15 – Hmota PAN – Hustota	100
Obr. 16 – Hmota NBR – Hustota	100
Obr. 17 – Hmota NVR – Hustota	101
Obr. 18 – Hmota NAN – Hustota	101
Obr. 19 – Hmota PBR – Objemová hmotnost	103
Obr. 20 – Hmota PAN – Objemová hmotnost	104
Obr. 21 – Hmota NBR – Objemová hmotnost	104
Obr. 22 – Hmota NAN – Objemová hmotnost	105
Obr. 23 – Hmota PBR – Pevnost v tahu za ohybu	106
Obr. 24 – Hmota PAN – Pevnost v tahu za ohybu	106
Obr. 25 – Hmota NBR – Pevnost v tahu za ohybu	107
Obr. 26 – Hmota NAN – Pevnost v tahu za ohybu	107
Obr. 27 – Hmota PBR – Pevnost v tlaku	108
Obr. 28 – Hmota PAN – Pevnost v tlaku	108
Obr. 29 – Hmota NBR – Pevnost v tlaku	109

Obr. 30 – Hmota NAN – Pevnost v tlaku	109
Obr. 31 – Hmota PBR – Přilnavost k podkladu.....	110
Obr. 32 – Hmota PVR – Přilnavost k podkladu.....	111
Obr. 33 – Hmota PAN – Přilnavost k podkladu.....	111
Obr. 34 – Hmota NBR – Přilnavost k podkladu	112
Obr. 35 – Hmota NVR – Přilnavost k podkladu	112
Obr. 36 – Hmota NAN – Přilnavost k podkladu	113
Obr. 37 – Příklad odtržení terče ve styku hmoty s podkladem (hmota PBR).....	113
Obr. 38 – Příklad odtržení terče v podkladu (hmota NBR)	113
Obr. 39 – Hmota PBR – Tvrdost dle Shore	114
Obr. 40 – Hmota PVR – Tvrdost dle Shore	115
Obr. 41 – Hmota PAN – Tvrdost dle Shore	115
Obr. 42 – Hmota NBR – Tvrdost dle Shore	116
Obr. 43 – Hmota NVR – Tvrdost dle Shore	116
Obr. 44 – Hmota NAN – Tvrdost dle Shore	117
Obr. 45 – Přehled nejlepších receptur	119
Obr. 46 – Porovnání poměrného prodloužení při přetržení	120
Obr. 47 – Porovnání napětí při prodloužení	121
Obr. 48 – Porovnání odolnosti vůči oděru – úbytek hmotnosti	122
Obr. 49 – Porovnání odolnost vůči úderu	122
Obr. 50 – Příklad vzorku po zkoušce odolnosti vůči úderu (hmota PAN)	123
Obr. 51 – Nanášení bakterií na agar	123
Obr. 52 – Přehled nejlepších výsledků	125
Obr. 53 – Provedení testu chemické odolnosti	126
Obr. 54 – Příklad barevné změny hmoty NBR + zaoblené částice vystavené 30% HCl po 90 dní	126
Obr. 55 – Příklad popraskání hmoty NBR + zaoblené částice vystavené 30% CH ₂ O ₂ po 60 dní	126
Obr. 56 – Příklad úplného zhroucení hmoty NBR + zaoblené částice vystavené 30% CH ₂ O ₂ po 120 dní	127
Obr. 57 – Příklad barevné změny hmoty NBR + střepy vystaveného 30% H ₂ SO ₄ po 120 dní	127

Obr. 58 – Příklad úplného zhroucení hmoty NBR + střepy vystaveného 30% CH_2O_2 po 90 dní	127
Obr. 59 – Příklad úplného zhroucení hmoty NBR + střepy vystaveného 30% CH_2O_2 po 120 dní	128
Obr. 60 – Příklad barevné změny hmoty NBR + střepy vystaveného 30% HCl po 90 dní	128
Obr. 61 – Příklad barevné změny hmoty NBR + střepy vystaveného 5% CH_2O_2 po 120 dní	128
Obr. 62 – Příklad úplného zhroucení hmoty NBR + střepy vystaveného 30% CH_2O_2 po 120 dní	129
Obr. 63 – REM snímek ref. hmoty NBR + zaoblené částice – zvětšení 50x.....	130
Obr. 64 – REM snímek ref. hmoty NBR + zaoblené částice – zvětšení 500x.....	130
Obr. 65 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 90dní – zvětšení 50x	130
Obr. 66 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 90dní – zvětšení 100x.....	130
Obr. 67 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 90dní – zvětšení 500x.....	131
Obr. 68 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 90dní – zvětšení 5000x.....	131
Obr. 69 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 120dní – zvětšení 50x.....	131
Obr. 70 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 120dní – zvětšení 100x.....	131
Obr. 71 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, HC_2O_2 120dní – zvětšení 500x.....	132
Obr. 72 – REM snímek ref. hmoty NBR + skleněné vločky – zvětšení 50x	132
Obr. 73 – REM snímek ref. hmoty NBR + skleněné vločky – zvětšení 300x	132
Obr. 74 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 90dní – zvětšení 50x	133
Obr. 75 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 90dní – zvětšení 100x	133

Obr. 76 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC ₂ O ₂ 90dní – zvětšení 500x	133
Obr. 77 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC ₂ O ₂ 120dní – zvětšení 50x	134
Obr. 78 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC ₂ O ₂ 120dní – zvětšení 100x.....	134
Obr. 79 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC ₂ O ₂ 120dní – zvětšení 500x	134
Obr. 80 – REM snímek ref. hmoty NBR + střepy – zvětšení 50x.....	135
Obr. 81 – REM snímek ref. hmoty NBR + střepy – zvětšení 500x.....	135
Obr. 82 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC ₂ O ₂ 90dní – zvětšení 50x.....	136
Obr. 83 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC ₂ O ₂ 90dní – zvětšení 100x.....	136
Obr. 84 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC ₂ O ₂ 90dní – zvětšení 500x.....	136
Obr. 85 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC ₂ O ₂ 120dní – zvětšení 50x.....	137
Obr. 86 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC ₂ O ₂ 120dní – zvětšení 100x.....	137
Obr. 87 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC ₂ O ₂ 120dní – zvětšení 500x.....	137
Obr. 88 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC ₂ O ₂ 120dní – zvětšení 10 000x	137

19. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Specifická hmotnost v současnosti používaných plniv	25
Tab. 2 – Potencionálně vhodná plniva dle vhodné specifické hmotnosti	26
Tab. 3 – Sítové rozборы křemičitých plniv pro samoniv. polymerní podlahy	30
Tab. 4 – Stupně hořlavosti ve vztahu k stupňům reakce na oheň	31
Tab. 5 – Požadované hodnoty plniva	31
Tab. 6 – Tloušťka epoxidové podlahy	34
Tab. 7 – Přehled nejčastějších chyb při pokládání a opravách podlah	40
Tab. 8 – Přehled nejčastějších chyb při aplikaci ochranných nátěrů	41
Tab. 9 – Hodnotící systém pro zpracovatelnost materiálu	55
Tab. 10 – Hodnotící systém pro aplikovatelnost materiálu	55
Tab. 11 – Hodnotící systém pro výsledný povrch materiálu	55
Tab. 12 – Hodnotící systém sedimentace	56
Tab. 13 – Tabulka hodnocení výsledků dle ČSN ISO 20645	61
Tab. 14 – Systém pro vizuální hodnocení chemické odolnosti	62
Tab. 15 – Vybraná pojiva	65
Tab. 16 – Možné odpadní materiály, jejichž druhotné suroviny mohou být využity jako plniva v polymerních ochranných systémech	67
Tab. 17 – Rozhodovací matice – výběr plniv – část 1	68
Tab. 18 – Rozhodovací matice – výběr plniv – část 2	68
Tab. 19 – Popis kritérií	68
Tab. 20 – Výpočtová matice – metoda párového srovnání – část 1	69
Tab. 21 – Výpočtová matice – metoda párového srovnání – část 2	69
Tab. 22 – Vybraná plniva a jejich označení	69
Tab. 23 – Návrh prvotních receptur - % plnění hmot	90
Tab. 24 – Receptury pro aplikační test - pojivo PBR	91
Tab. 25 – Receptury pro aplikační test - pojivo PVR	92
Tab. 26 – Receptury pro aplikační test - pojivo PAN	93
Tab. 27 – Receptury pro aplikační test - pojivo NBR	93
Tab. 28 – Receptury pro aplikační test - pojivo NVR	94
Tab. 29 – Receptury pro aplikační test - pojivo NAN	94
Tab. 30 – Výsledky testu zpracovatelnosti směsí – max. vyhovující plnění [%] ...	95

Tab. 31 – Výsledky testu aplikovatelnosti směsí – max. vyhovující plnění [%].....	95
Tab. 32 – Výsledky testu výsledného povrchu - max. vyhovující plnění [%].....	96
Tab. 33 – Výběr nejlepších směsí s max. vyhovujícím plněním [%]	96
Tab. 34 – Sedimentace [-]	97
Tab. 35 – Hustota směsí [kg.m^{-3}]	98
Tab. 36 – Doba zpracovatelnosti směsí [min].....	102
Tab. 37 – Tloušťka mokrého filmu směsí [μm]	102
Tab. 38 – Výsledky stanovení tloušťky suchého filmu [μm]	102
Tab. 39 – Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	103
Tab. 40 – Pevnost v tahu za ohybu [N.mm^{-2}]	105
Tab. 41 – Pevnost v tlaku [N.mm^{-2}]	108
Tab. 42 – Přílnavost k podkladu [N.mm^{-2}]	110
Tab. 43 – Tvrdost dle Shore [N.mm^{-2}]	114
Tab. 44 – Poměrné prodloužení při přetržení [%].....	120
Tab. 45 – Maximální napětí [MPa].....	120
Tab. 46 – Odolnost vůči oděru - úbytek hmotnosti [g.m^{-2}]	121
Tab. 47 – Odolnost vůči úderu [N.m^{-1}].....	122
Tab. 48 – Antibakteriální aktivita hmoty PAN	123
Tab. 49 – NBR + zaoblené částice	126
Tab. 50 – NBR + vločky.....	127
Tab. 51 – NBR + střepy.....	128
Tab. 52 – Receptury podlahových hmot vybrané po základním testování	143
Tab. 53 – Receptury nátěrových hmot vybrané po základním testování	143
Tab. 54 – Výsledné receptury podlahových hmot.....	144
Tab. 55 – Výsledné receptury nátěrových hmot	144
Tab. 56 – Ceny plniv	146
Tab. 57 – Nejlevnější receptury podlahových hmot.....	146
Tab. 58 – Nejlevnější receptury nátěrových hmot	146