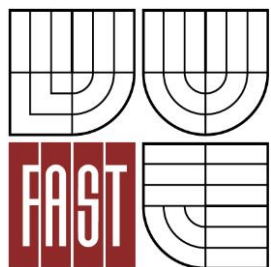




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



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

VÝZKUM ÚČINNOSTI VODOU ŘEDITELNÝCH PENETRAČNÍCH NÁTĚRŮ PRO CEMENTOVÉ POVRCHY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB HLAWICZKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. VÍT PETRÁNEK, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jakub Hlawiczka
Název	Výzkum účinnosti vodou ředitelných penetračních nátěrů pro cementové povrchy
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Vít Petránek, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

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

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

Podklady a literatura

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

Bareš, R. Příčiny poruch polymerbetonových podlahovin

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

Pytlík, P. Technologie betonu. Brno: VUTIUM, 2000

<http://www.google.research.cz>

<http://www.science direct.com>

<http://www.knovel.com>

Firemní literatura firmy Sika CZ, s.r.o a Morfíco s.r.o.

Zásady pro vypracování

Ve své práci popište důvody používání a funkci penetračních nátěrů na podkladní materiály na cementové bázi. Zaměřte se na účinky na nekoherentní podklady na cementové bázi, jako jsou např. zvýšení přilnavosti dalších návazných vrstev, omezení ztráty vody nově aplikovaných cementových stěrek, apod. Uveďte seznam důležitých materiálových vlastností těchto penetračních nátěrů.

Teoretická část bakalářská práce by měla sloužit jako podklad pro následné podrobné ověření funkčnosti široké řady vodou ředitelných penetračních nátěrů, porovnání technických parametrů apod.

Na závěr vaší práce porovnejte alespoň dva typy vodou ředitelných penetračních a zhodnoťte jejich účinnost.

Práci zpracujte v rozsahu cca 40 stran.

Předepsané přílohy

.....

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

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá problematikou použití penetračních nátěrů pro cementové povrchy, důvody jejich použití, specifika jejich aplikace. Rozepsány jsou druhy povrchových úprav, na které navazují metody povrchových úprav cementovými potěry, stěrkami a různými samonivelačními materiály na bázi cementu. Dále je rozebrána problematika charakterizace polymerních disperzí, zejména disperzí vodných, kterých vlastnosti jsou typické pro penetrační nátěry pro cementové povrchy. V experimentální části bylo provedeno rozsáhlé měření vybraných vodou ředitelných penetračních nátěrů. Zkoušky jsou stručně popsány a vyhodnoceny.

Abstract:

The bachelor's thesis is addressing the issue of using primer coatings for cementitious surfaces. It analyzes reasons of using primer coatings and specific features of application. There are mentioned different species of surface treatment for cementitious surfaces which is followed by methods of surface treatment by variety cementitious screeds, and self-leveling flooring systems. Then it is looked into general characterization of polymer dispersions (especially water-based dispersions) which have typical attribute for primers. In experimental part of thesis are compared ten different waterborne primers. Testing is briefly described and evaluated.

Klíčová slova:

penetrační nátěr, primární nátěr, primer, cementový povrch, podklad, povrchová úprava, cementová stěrka, polymerní disperze, vodná disperze, charakterizace disperzí

Keywords:

primer coating, primer, cementitious surface, substrate, surface treatment, cementitious screed, polymer dispersion, water dispersion, characterization of dispersions

Bibliografická citace VŠKP:

HLAWICZKA, Jakub. *Výzkum účinnosti vodou ředitelných penetračních nátěrů pro cementové povrchy*. Brno, 2013. 50 s., 26 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Ing. Vít Petránek, Ph.D.

Prohlášení

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

V Brně dne

.....

Jakub Hlawiczka

Autor práce

Poděkování

Rád bych upřímně poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Vítu Petránkovi, Ph.D., za rady, připomínky a podněty, které mi poskytoval v průběhu řešení dané problematiky.

Dále bych rád poděkoval firmě Sika CZ, s.r.o., oddělení R&D, celému kolektivu laboratoře a zejména panu Ing. Petru Markovi, za jeho velkou pomoc, rady a trpělivost při řešení experimentální části práce.

Obsah:

1.	Úvod.....	1
2.	Cíl práce	2
3.	Teoretická část.....	3
3.1.	Průmyslové lité podlahy	3
3.1.1.	Rozdělení litých průmyslových podlah podle druhu pojiva:	4
3.1.2.	Rozdělení litých průmyslových podlah podle způsobu použití:	5
3.2.	Povrchové úpravy podkladního betonu (Substrate treatment)	5
3.2.1.	Mechanické a chemické metody – čištění	6
3.2.2.	Nátěrové hmoty – penetrační nátěry.....	8
3.3.	Charakteristika polymerních disperzí.....	9
3.3.1.	Obsah sušiny.....	10
3.3.2.	pH	10
3.3.3.	Hustota.....	10
3.3.4.	Povrchové napětí, smáčení povrchu	11
3.3.5.	Viskozita, chování při tečení	12
3.3.6.	Stabilita disperzí, sklon k pění.....	14
3.3.7.	Velikost částic	15
3.3.7.1.	Mikroskopie atomárních sil – AFM	16
3.3.7.2.	Sedimentace v poli centrifugy	18
3.3.8.	Problematika tvorby filmu.....	19
3.4.	Navrhované zkoušky	20
3.4.1.	Zkoušky disperzí z fyzikálně-chemického hlediska	20
3.4.2.	Zkoušky disperzí z aplikačního hlediska.....	22
4.	Experimentální část:	24
4.1.	Postup měření:	24
4.2.	Provedené zkoušky:	25
4.3.	Zařízení, pomůcky a materiál:	26
4.4.	Výsledky měření:	26
4.4.1.	Podíl sušiny ve vzorku, spotřeba nátěru a charakteristika při aplikaci:	27
4.4.2.	Hustota, pH, viskozita, odolnost filmu vůči H ₂ O	29
4.4.3.	Doba zasychání.....	31
4.4.4.	Velikost částic a vzhled vytvořeného filmu	31
4.4.5.	Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou	34
4.5.	Vyhodnocení a diskuze výsledků:	37
5.	Závěr:	39
	Seznam použitých zdrojů:	40
	Seznam použitých zkratk a symbolů:	43
	Seznam příloh:.....	44

1. Úvod

Stavební konstrukce jako betonové podlahy, stěny a jiné mají své specifické vlastnosti. Jejich povrch může být nevhodný pro další aplikaci pohledové vrstvy, jakou je omítka, cementová stěrka, správková malta. Objevují se v nich různé imperfekce, trhlinky, kapiláry. Bez správné přípravy podkladu (primárního povrchu) pro aplikaci konečné pohledové vrstvy materiálu může docházet k nežádoucím efektům vlivem spolupůsobení obou vrstev v době zrání, vytvrzování. To může vést k snížené trvanlivosti konstrukčního celku.

Pro přípravu primárních povrchů, byly vyvinuty primární nátěry (primer coatings). Přípravou se v tomto případě rozumí ošetření primárního povrchu tak, aby povrch svými vlastnostmi a morfologií vykazoval vhodné podmínky pro zrání, vytvrzení a přidrženost pohledové vrstvy. Primární nátěry mají tedy tvořit určité rozhraní mezi podkladem a finální vrstvou, které může zajistit do určité míry separaci obou vrstev, ale zároveň stmelení a tímto zlepšit soudržnost celého systému.

Práce pojednává o specifických primárních nátěrech, které jsou určeny pro cementové povrchy. Pro tento typ primárních nátěrů, se častěji v české odborné literatuře a českých technických listech výrobků vyskytuje pojem „penetrační“ nikoli primární. Oproti tomu v jazyce anglickém pro každý typ primárního nátěru je použitý pojem „primer“.

Penetrační nátěry jsou nejčastěji vyráběny ve formě vodných disperzí. Práce se zabývá účinností jednokomponentních vodou ředitelných penetračních nátěrů, jež po zaschnutí vytvoří povrch s vhodnými vlastnostmi pro další aplikaci cementových povrchů, především samonivelačních cementových stěrek.

2. Cíl práce

Bakalářská práce se zabývá výzkumem v oblasti účinnosti jednokomponentních penetračních akrylátových a částečně epoxidových primárních penetračních nátěrů pro betonové povrchy, především podlahy. Tyto jednokomponentní primární nátěry mají zabezpečit a připravit primární povrch (podklad), zaručit dostatečnou přídržnost cementového povrchu se samonivelační cementovou stěrkou, nebo jiným typem samonivelační hmoty na bázi cementu.

Ve spolupráci s firmou Sika CZ s.r.o., bylo testováno deset vodou ředitelných penetračních nátěrů uvedených v tabulce 1. Většina těchto výrobků je dostupných na trhu v ČR, zbylá část byla dovezena z jiných zemí EU. Čtyři testované primární nátěry jsou vyrobeny nadnárodní společností Sika, zbylých šest vzorků pochází od konkurence.

Hlavním cílem práce je stanovení a porovnání fyzikálních vlastností vybraných jednokomponentních primárních nátěrů používaných při zhotovování finálních cementových povrchů. Tyto nátěry mají zaručit dostatečnou přídržnost vrstev systému primární povrch-penetrační nátěr-cementová stěrka. Účinnost těchto nátěrů bude následně porovnána s některými naměřenými fyzikálními veličinami.

Cílem práce je také prozkoumat trh v oblasti penetračních nátěrů. Vybrané výrobky hlavních konkurenčních hráčů na trhu porovnat s portfoliem výrobků společnosti Sika.

Tabulka 1 Penetrační nátěry, jež byly předmětem zkoušek

Výrobce	Obchodní název vzorku	Dostupné na trhu
Sika AT	Level-01 Primer	AT, BE, CH, CZ, DE, HR, HU, NL, RO, RU, SI, SK
Sika DE/Caparol	Sikagard-552 W Aquaprimer	AT, CH, DE, FI, NL, RU, SI
Sika CH/Sakret	Primer - 20W	CH, CZ, DE
Sika IT/Technokolla	Primer - 21W	AT, SI
Mapei	Primer G	AT, CH, HR, IT, SI
Ceresit	Ceresit CT 17	CZ, UA
Saint Gobain	Weber podklad A	CZ, DE, SK
Basf	PCI Gisorund	CH, CZ, DE
Uzin	Uzin PE 360	CZ, DE, SK
Murexin	Supergrund D4	AT, CZ

3. Teoretická část

Teoretická část práce se zaměřuje na problematiku užití prostředků a opatření pro přípravu betonových primárních povrchů pro aplikaci finálních cementových podlah.

V první kapitole teoretické části se zaměřím na charakteristiku průmyslových litých podlah, jejich vlastnosti, specifika aplikace a možné rozdělení podle zvolených kritérií.

V kapitole druhé rozvedu možné povrchové úpravy betonu z hlediska přípravy podkladu pro aplikaci litých podlah. Rozliším zde metody mechanické a chemické pro přípravu povrchu a rozvedu problematiku použití penetračních nátěrů, důvody jejich použití a specifika aplikace.

Kapitola třetí se zabývá charakterizací polymerních disperzí. Jedná se o specifické disperze, kde dispergované částice jsou emulgovány ve vodním disperzním prostředí. Tento typ disperzí byl předmětem zkoušek v části experimentální. Práce se pokusí přiblížit fyzikální a chemické vlastnosti disperzí a jejich dopad na chování disperze při aplikaci. Princip některých specifických druhů zkoušení disperzí bude rovněž v této kapitole rozveden.

Poslední čtvrtá část se zabývá metodikou zkoušení penetračních nátěrů, kde jsou stručně rozepsány normové zkoušky i navrhované postupy zkoušení dle organizačních norem podnikových firmy Sika CZ, s.r.o.

Laboratorní zkoušky, které jsou méně typické v oblasti zkoušení stavebních materiálů, jsou v teoretické části rozepsány detailněji.

3.1. Průmyslové lité podlahy

Průmyslové lité podlahy na bázi cementu se objevily na trhu přibližně v polovině 20. století. Byly určeny do objektů s vyššími požadavky z hlediska únosnosti a rovinatosti. Některé typy jsou velmi odolné proti působení chemicky agresivních látek a většina vyhovuje hygienickým předpisům pro styk s potravinami. Mohou být rovněž opatřeny různými povrchovými úpravami, které zajistí další požadované vlastnosti jako nenasákavost, protiskluznost a mechanickou odolnost. S rozvojem chemických přísad se objevily podlahy lité samonivelační, u kterých byly potlačeny nežádoucí efekty objemových změn během doby zrání.

Průmyslové podlahy jsou dnes zpravidla vyráběné jako suché práškové směsi, s předepsaným vodním součinitelem, deklarovanou dobou zpracovatelnosti a s širokou nabídkou doplňujících výrobků pro přípravu povrchu, na který se bude tato vrstva průmyslové podlahy pokládat. V nabídce jsou taktéž přípravky pro ošetřování čerstvě položené směsi,

případně nátěry a impregnace pro finální povrchy pro získání požadovaných vlastností díla. Dodávají se na stavbu také jako hotová zamíchaná směs. Jsou výborně čerpatelné, pomocí systému hadic napojených na čerpadlo se dopravují přímo na místo určení, což snižuje pracnost a zvyšuje rychlost aplikace a zajišťuje dobrou homogenitu směsi. Jsou většinou navrhována jako samonivelační nebo na konzistenci vhodnou pro strojové hlazení, případně hlazení ručně pomocí latě.

Průmyslové podlahy patří k nejkvalitnějším a nejestetičtějším finálním litým podlahovým vrstvám. Lité a stěrkové hmoty vytvářejí bezespáré povrchy podlah s velmi odolným bezprašným povrchem. Běžná tloušťka těchto nášlapných vrstev stěrkových a licích podlahovin je 1-4 mm. Litý povrch je rovinný, hladký, lesklý a uzavřený jako film a má vyhovující kluznost. Strukturu je možno volit zrnitostí křemičitého plniva v uzavírací vrstvě. Některé výrobky tak vytvářejí povrch strukturní, jemně drsný, nekluzný, ale stále čistitelný. [1]

3.1.1. Rozdělení litých průmyslových podlah podle druhu pojiva:

- **Cementové**

Dodávají se nejčastěji jako práškovité směsi obsahující běžné cementy, speciální cementy, tříděná plniva a vhodné přísady. Zajišťují přijatelnou dobu zpracovatelnosti a téměř maximální únosnost již po několika dnech zrání. Mohou se použít v prostorách, kde se vyskytuje vlhkost. Díky vysoké konečné pevnosti většinou není již nutné vyztužovat ocelovými sítěmi. V případě níže zkoušeného výrobku Sikafloor® Level-T2 (odtrhové zkoušky) je předepsaná tloušťka vrstvy 5-15 mm, což vede k úspoře materiálu a také k menšímu zatížení konstrukce. Díky dobré tekutosti čerstvé směsi jsou dobře čerpatelné, což zaručí lepší komfort aplikace a výrazné urychlení provedení podlahy.

- **Anhydritové**

Vyznačují se výbornou zpracovatelností a čerpatelností. Dodává se jako práškovitá směs bezvodého síranu vápenatého s kompatibilními přísadami a plniva frakce 0-4 mm. Dosahuje pevnosti v tlaku 20-30 MPa. Doba zrání je závislá na okolních podmínkách. Pochozí jsou většinou po 24-48 hodinách, zatížitelné po 4-5 dnech. Vyznačují se hutnou strukturou bez bublin a pórů, relativně vysokou objemovou hmotností kolem $2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, a proto jsou vhodné pro konstrukce s podlahovým topením. Anhydritové podlahy vykazují vysokou hodnotu součinitele tepelné

vodivosti kolem $\lambda = 1,8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Jsou nevhodné do vlhkých provozů bez vhodných hydroizolačních opatření, neboť dobře absorbují vlhkost. S rostoucí vlhkostí pak znatelně klesá pevnost anhydritového pojiva.

- **Epoxidové a polyuretanové**

Slouží především ke zvýšení mechanické a chemické odolnosti povrchu, mají také výraznou estetickou funkci. Chemicky neodolné jsou pouze vůči koncentrovaným organickým kyselinám. Ve vrstvě 1-3 mm se nanáší na již vyrovnaný povrch. Dosahují pevnosti v tlaku až 100 MPa. Odolávají vyšším teplotám, chemikáliím (oleje, kyseliny, louhy). Při vhodném návrhu mohou dosahovat dobrých protiskluzných vlastností. Často se aplikují jako probarvené. Pro méně zatěžované podlahy mohou být aplikovány pouze epoxidové nátěry o síle vrstvy do 0,5 mm.

3.1.2. Rozdělení litých průmyslových podlah podle způsobu použití:

- **Samonivelační jemné hmoty**

aplikace vrstvy do 5 mm pro vyhlazení a vyrovnaní podkladu, k celoplošnému použití jako pohledová nebo vyrovnávací vrstva, velmi tekuté, samonivelační

- **Vyrovnávací i výplňové hmoty**

tloušťky až 30 mm jako vyrovnávka větších plošných sklonů a nerovností, tekuté až velmi tekuté, samonivelační

- **Výplňové hmoty plastické až tekuté konzistence**

sloužící jako správková malta k zarovnávání děr a výtluků v konstrukci, maximální tloušťka až 40 mm

- **Plovoucí potěry**

tloušťky minimálně 35 mm, osazené nejčastěji na vrstvě tepelné izolace, tekuté, samonivelační nebo tužší konzistence

3.2. Povrchové úpravy podkladního betonu (Substrate treatment)

Úprava povrchu podkladu má velmi zásadní vliv na výsledné vlastnosti povrchové ochrany betonových konstrukcí. Pokud se provádí jednotlivé ochranné vrstvy či souvrství průmyslové podlahy na novou konstrukci, měly by podkladový beton i finální podlahová vrstva mít ve výsledku minimálně stejnou pevnost, tj. pevnost v tlaku $30 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ a více, aby

se vysoká mechanická pevnost vrchní podlahové vrstvy náležitě využila. Vyzrálá betonová mazanina by měla být řádně vytvrzená cca 28 dní, aby se omezil vznik prasklin či tvarových deformací v důsledku jejího smršťování v průběhu zrání, aby se dosáhlo zbytkové vlhkosti do 4 % a aby se dosáhlo plné mechanické pevnosti. V procesu zrání betonové mazaniny je nutno zabránit ztrátě pevnosti jejího povrchu – odtrhová zkouška min. pevnosti $1,5 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$. [2]

Pro aplikaci průmyslových podlah je většinou nezbytná úprava podkladního povrchu. Jedná se především o mechanické nebo chemické odstranění nečistot, porušeného podkladu který již nevykazuje dostatečné pevnosti (odstavec 3.2.1). Konečná úprava betonového podkladu by měla zahrnovat aplikaci penetračního nátěru. Důvody použití penetračního nátěru je rozvedena níže v odstavci 3.2.2.

3.2.1. Mechanické a chemické metody – čištění

Existuje mnoho metod pro čištění betonového povrchu (podkladu). Níže mechanické a chemické metody jsou citovány na webových stránkách firmy Lena Chemical s.r.o. (číselný odkaz na literaturu - [3]).

- **Broušení**

Metoda vhodná pro povrchové očištění podkladu, odstranění tenké nesoudržné či znečištěné povrchové vrstvy, otevření kapilární struktury a vyrovnaní povrchu po tmelení. Obroušený povrch vykazuje jemnou strukturu a v případě betonu nutné odsávání pro velkou prašnost.

- **Frézování**

Metoda vhodná pro hloubkové očištění – odstranění betonu - nutné odsávání pro velkou prašnost. Takto připravený povrch je velmi hrubý a je výhodný tam, kde je nutno využít mechanického spojení podlahy s podkladem (např. znečištěné podlahy).

- **Pískování**

V dnešní době se tento způsob používá už jen zřídka, preferují se bezprašné metody, které odsáváním odstraňují pouze prach z podkladu a ne již prach z destrukce tryskacího materiálu - křemičitého písku. Beton se musí po otryskání pískem pečlivě zbavit vysavačem zbytkových nečistot. Pro kovové povrchy je tato metoda nejvhodnější, jelikož je hloubkově čistí od koroze a velmi žádoucím způsobem zdrsňuje povrch.

- **Tryskání kovem**

V dnešní době se pro čištění kovových, betonových i dalších povrchů s úspěchem používá tryskání ocelovým pískem nebo ocelovými broky. Také zde se preferují

postupy, které přímo odstraňují vznikající prach – odsávání. Zrnitost tryskajícího média ovlivňuje strukturu a drsnost otryskávaného povrchu. Beton se musí po tryskání ocelovým pískem nebo kuličkami pečlivě zbavit vysavačem zbytkových nečistot. Pro kovové povrchy je tato metoda méně vhodná, protože nedokáže hloubkově čistit od koroze.

- **Tryskání za mokra**

Tato metoda je vhodná pouze pro beton, ne pro kov. Tryskající médium (písek) je společně s odstraněným betonem odstraněn vodou. Tím se zajistí téměř bezprašné prostředí a zůstane nám mokrý beton, který se před položením vazné hmoty musí nechat několik dní vysušit, pokud se nepoužijí speciální vazné hmoty. V letních klimatických podmínkách střední Evropy by měl být vysušený během 3-7 dní. Při vlhčích a chladnějších podmínkách bude beton schnout déle.

- **Tryskání vodou**

Při této metodě je na beton pod vysokým tlakem 200-800 barů u betonu, nebo 1500-2500 barů u kovů, stříkána voda. Následující postup je stejný jako u tryskání za mokra.

- **Ošetření plamenem**

Čištění betonu plamenem se používá, je-li povrch kontaminován oleji, mastnotami, zbytky nátěrů a podobnými organickými látkami. Plamenem ošetřený betonový povrch je před položením vazné hmoty nutné dále upravit (broušením, tryskáním apod.).

- **Rotující kartáče**

Rotující kartáče nejsou vhodné pro odstranění cementové vrstvičky z povrchu betonu, ale lze je použít pro jemné povrchové očištění betonů apod. Beton po očištění pečlivě zbavit vysavačem prachu a nečistot.

- **Neutralizace látek infiltrovaných do povrchu**

Neutralizace chemikálií infiltrovaných do povrchu se používá po prvním otryskání povrchu, který již má otevřenou strukturu, aby neutralizační látka měla možnost proniknout do neutralizovaného povrchu. Po čase nutném k neutralizaci je nutno povrch dále upravit opětovným tryskáním, broušením, apod.

- **Zpevňující netlaková celoplošná injektáž**

Po přípravě podkladu a očištění povrchu se aplikuje tzv. vazná hmota, která se částečně vsakuje do podkladu a vytváří vaznou vrstvu pro podlahu a také utěsňuje póry

a vlasové trhlinky, čímž dosáhneme lepšího vzhledu podlahového nátěru či samorozlévací stěrky. Vazná vrstva ale zabrání proniknutí vrchní vrstvy do podkladu, což někdy může vést k vadám rovinnosti a lesku podlahy.

- **Bourání betonu**

Tato metoda se s použitím rotujícího rozrývače nebo pneumatické sbíječky praktikuje tehdy, pokud povrch podkladu dosáhne takové úrovně poničení, že je pokládka nové betonové mazaniny nejefektivnějším způsobem.

3.2.2. Nátěrové hmoty – penetrační nátěry

Beton jako podkladní materiál může vykazovat nevhodné povrchové vlastnosti pro aplikaci litých průmyslových podlah. Proto výrobci průmyslových podlah doporučují primární povrch (podklad) připravit před vylitím aplikací vhodného primárního nátěru (penetrace).

Penetrace je technologický proces upravující podklad, slouží k bezprašné úpravě porézních podkladů, jako jsou beton, zdivo, dřevo, sádkokarton atd. Penetrací a impregnací se zvyšují mechanické parametry, jako je pevnost a otěruvzdornost. Současně narůstá i odolnost chemická. Při těchto aplikacích penetrace dochází k zpevnění podkladu, vytěsnění vzduchu z povrchové vrstvy, sjednocení kvality povrchu a vybudování přechodového můstku mezi podkladem a následnou užitnou vrstvou. [4]

K odlupování nátěrů nebo stěrek dochází v případě nekvalitního provedení podlahy. Příčinou poruch může být například špatně zvolená penetrace, provedení nátěru nebo stěrky na špatně připravený, popřípadě mastný podklad, na málo únosný podklad atp. [5]

Dle výrobců průmyslových podlah a poznatků z praxe se penetrační nátěry aplikují na podkladní povrch z těchto důvodů:

- **Zajištění přídržnosti systému podklad-finální povrch**

Penetrační nátěr má za úkol vytvořit adhezni můstek pro další aplikaci např. samonivelační stěrky. Pozn. autora: Tato skutečnost se nepotvrdila. Při stanovení odtrhových pevností nebylo zjištěno žádné zlepšení adheze k podkladu při použití penetračního nátěru. Podrobnosti a naměřené hodnoty jsou uvedeny v odstavci 4.4.5.

- **Omezení absorpčních vlastností podkladu**

U porézních materiálů jako je beton může dojít k proudění tekutin i bez přítomnosti vnějšího tlaku. Příčinou jsou povrchové síly kapaliny a pevné látky (kapilární síly), které transportují tekutinu do kapilárních pórů. Trhliny v betonu mají zásadní vliv na propustnost betonu pro vodu. Množství prosáknuté vody je závislé na tlaku vody

a rozměrech trhliny, přičemž propustnost se mění s třetí mocninou jejich rozevřením. Propustnost se zvětšuje s množstvím mikrotrhlin v tranzitní zóně, na rozhraní mezi tmelem a kamenivem. [6]

Výše popsaný efekt sání pomocí kapilár a pórů obsažených v podkladním betonu je nežádoucí, z důvodu ztráty záměsové vody z čerstvě nanášeného finálního povrchu. Odmísení vody z cementové (finální) stěrky je nebezpečný, protože většinou dochází k tomuto jevu nerovnoměrně (z důvodu nehomogenity a nerovnoměrné vlhkosti podkladu). To může způsobit trhliny a poruchy při tvrdnutí a zrání cementové stěrky. Penetrační nátěr může sání záměsové vody těmito trhlinami zablokovat, protože při správném rozložení filmu se stává vrstva penetračního nátěru vodou nepropustná.

- **Zlepšení úhlu smáčení podkladu**

Dobré smáčení podkladního povrchu je nutné k dobrému provedení samonivelačního nebo hlazeného cementového povrchu. Na špatně smáčivém povrchu při aplikaci tekuté vrstvy finálního povrchu se mohou objevit bublinky. Bublinky, které vzniknou na rozhraní těchto dvou povrchů, se při technologii pokládky finální vrstvy podlahy nemusí vypudit na povrch. Vzniklá nevypuzená bublinka oslabuje finální povrch a při jeho namáhání vzniká nebezpečí vzniku defektů v podobě trhlin nebo výtluků. Vytvrzený polymerní film penetračního nátěru vykazuje obecně lepší smáčecí úhel než betonový podklad, proto je vhodné penetrační nátěr z důvodu vypuzení vzduchových bublin z rozhraní dvou vrstev (podkladu a finálního povrchu) použít.

3.3. Charakteristika polymerních disperzí

Disperze se skládají ze souboru částic polymeru rozptýleném homogenním (disperzním) prostředí. Vodné disperze vznikají emulzní dispergací hotových polymerů ve vodné fázi nebo emulzní polymerací.

Velikost částic v polymerní disperzi lze orientačně odhadnout podle jejího vzhledu: [7]

- Průměr částic je menší než $0,05\ \mu\text{m}$ – disperze je téměř transparentní,
- průměr částic od $0,05$ až $0,1\ \mu\text{m}$ – disperze je šedobílá, polotransparentní,
- střednědisperzní produkt – průměr částic od $0,1$ až $1\ \mu\text{m}$ – disperze je bílá, v tenké vrstvě namodralá až červenohnědá,
- hrubědisperzní produkt – průměr částic větší než $1\ \mu\text{m}$ – disperze je mléčně bílá i v tenké vrstvě.

Polymerní disperze nemají obvykle všechny částice stejně velké, rozdělení jejich velikosti je obvykle vyjádřeno distribuční křivkou velikosti částic. [7]

Charakter polymerní disperze určuje především: Obsah sušiny, pH, hustota, povrchové napětí, smáčení povrchu, viskozita, chování při tečení, stabilita a sklon k pění, velikost dispergovaných částic, minimální filmotvorná teplota, bod zbledění.

3.3.1. Obsah sušiny

Jedná se o základní parametr v charakterizaci disperzí. Stanovení se provádí při typické teplotě mezi 100 až 140 °C. Obsah sušiny je pak vyjádřen jako procentuální podíl vysušené látky k celkové navážce disperze. Vysušená látka zahrnuje polymery, emulgátory a anorganické soli. Pro stanovení účinnosti polymerizační reakce (podílu monomerů, které zůstaly přeměněny) se porovná naměřený obsah sušiny s teoreticky dosažitelným obsahem sušiny. [8]

Pro zvýšení rychlosti stanovení má většina moderních laboratoří alternativní sušící techniky. Využívá se k tomu především halogenových lamp, mikrovlnného a infračerveného ohřevu. Je třeba přitom dbát na dodržování maximální teploty zmíněné výše, aby nedošlo k rozkladu polymeru a emulgátorů. Také je nutné přizpůsobit teplotu vlastnostem látky, která může popraskat nebo se deformovat. To pak může vést ke zničení vzorku. [8]

3.3.2. pH

Důležitou vlastností polymerních disperzí je hodnota pH. Pro zvýšení viskozity a stability disperzí, které obsahují karboxylové kyseliny, se upravuje jejich pH v rozmezí 7 až 9. Pro měření hodnoty pH se obvykle používá standardní měření pomocí elektrody kalibrované pomocí roztoků o přesně známé hodnotě pH. Pro cementové povrchy je požadavek $\text{pH} \geq 7$ z důvodu zachování alkalického prostředí. [8]

3.3.3. Hustota

Hustota většiny polymerních disperzí, které jsou vhodně naředěny, pro použití jako penetrační nátěr se pohybuje kolem hodnoty $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. [9]

Hustota disperzí závisí především od hustoty dispergovaných polymerních částic. Nebezpečí sedimentace většinou hrozí pouze u částic hrubých. Hustota byla dříve použita jako ukazatel průběhu polymerizační reakce, protože monomerní částice vykazují nižší hustotu než částice polymerní.

Hustota polymerních disperzí může být měřena podle normy ČSN ISO 758: Kapalné chemické výrobky pro průmyslové použití – Stanovení hustoty při 20 °C: Guy-Lussacův pyknometr (dle ISO 3507) velikosti a typem vyhovující zkoušenému materiálu se naplní destilovanou vodou, následně měřeným vzorkem. Stanoví se přesná hmotnost vytemperovaných látek ve vodní lázni (20 ± 0,1) °C. Hustota ρ vzorku při 20 °C v g/ml je dána vztahem: [10]

$$\rho = \frac{m_1 + A}{m_2 + A} \cdot \rho_w,$$

kde:

ρ_w hustota vody při 20 °C (0,998 2 g/ml)

m_1 zdánlivá hmotnost vzorku, kterým byl naplněn pyknometr [g]

m_2 zdánlivá hmotnost vody, kterou byl naplněn pyknometr

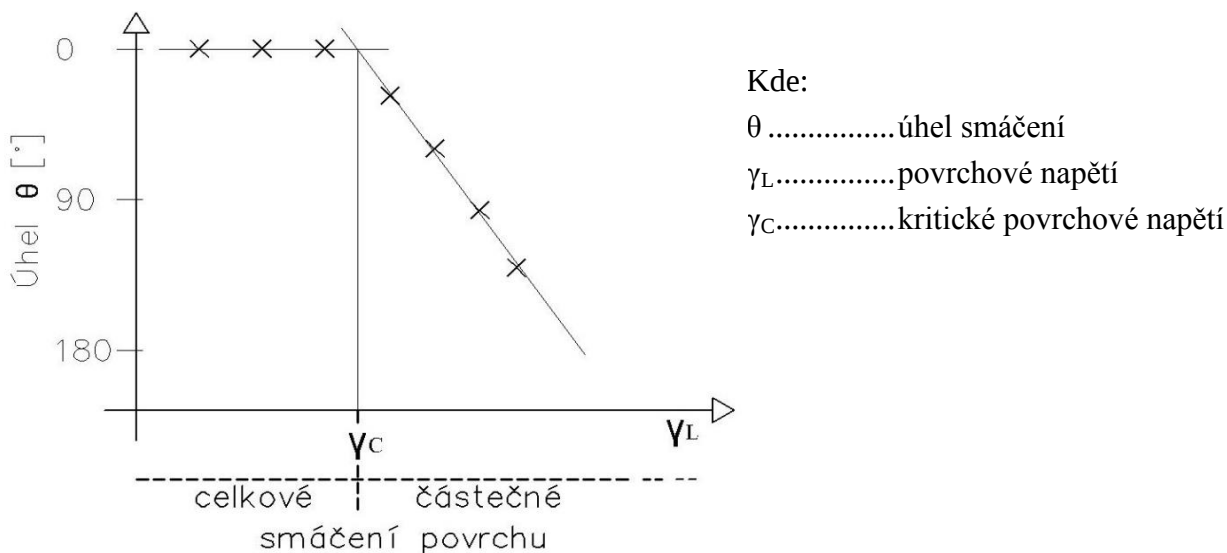
A vztlková korekce, $A = \rho_a \cdot m_2$, kde ρ_a je hustota vzduchu [g/ml]

Nutným předpokladem přesného měření je zajištění zcela homogenního vzorku, bez obsahu vzduchu ve formě bublin [8].

3.3.4. Povrchové napětí, smáčení povrchu

Je velmi důležitou vlastností pro polymerní disperze při nanášení na podkladní povrch. Pro stanovení povrchového napětí je nejjednodušší metodou měřit experimentálně na vzduchu. Hodnota povrchového napětí je z důvodu použití emulgátorů při emulzní polymerizaci o cca 20 až 40 jednotek nižší než povrchové napětí vody (73 mN·m⁻¹). [8]

Použití penetračního nátěru pomocí aplikace filmu polymerní disperzí pro betonové povrchy se používá také z důvodu zlepšení smáčivosti podkladu. Dobré smáčení podkladního povrchu je charakteristické pro disperze s nízkým povrchovým napětím. Při vytvoření řady složené z kapalin o vzrůstající hodnotě povrchového napětí, se kompletní smáčení povrchu filmu objeví pod hodnotou kritického povrchového napětí γ_C . Částečné smáčení povrchu se objeví nad hodnotou γ_C . Hodnota kritického povrchového napětí γ_C je charakteristická pro polymerní filmy a určuje jejich hodnotu povrchové energie. Filmy s vysokou γ_C jsou lehce smáčivé, naopak filmy vykazující nízkou hodnotu γ_C jsou smáčivé s obtížně nebo nesmáčivé. Výše komentovaná charakteristika smáčení filmu a stanovení kritického povrchového napětí podle Zismanovy metody je vyobrazena na obr. 1. [8]



Obr. 1 Stanovení kritického povrchového napětí γ_C pro polymerní filmy při použití Zismanovy metody [8]

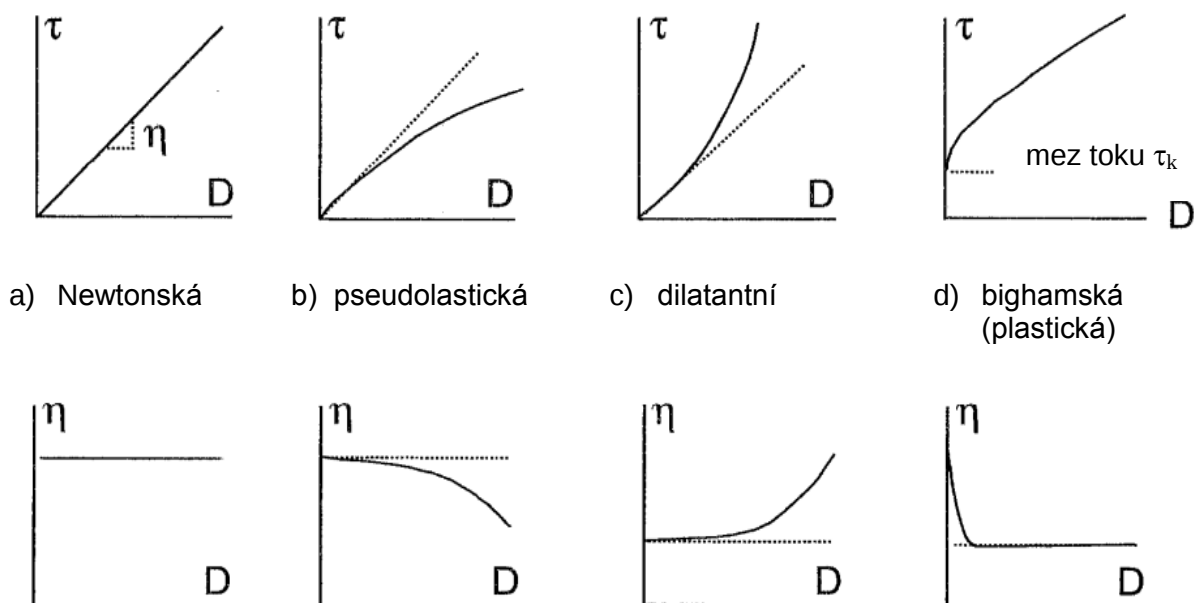
3.3.5. Viskozita, chování při tečení

Chování při tečení, smykové tření a viskozita jsou velmi důležitými parametry pro určování charakteristiky polymerních disperzí. Například nátěry, které jsou určené pro svislé konstrukce, musí svou viskozitou vytvořit řádně hladký a dobře roztíratelný film a zároveň být odolné proti ztečení po povrchu. Disperze jsou tvořeny disperzním prostředím a disperzním podílem. Viskozita disperze je v důsledku přítomnosti disperzních částic vždy vyšší než viskozita disperzního prostředí [11].

Reologické chování koloidních disperzí je ovlivněno několika faktory: [12]

- interakce mezi částicemi a prostředím a vzájemná interakce částic
- koncentrace částic
- velikost částic
- tvar částic
- viskozita disperzního prostředí

Dynamická viskozita polymerních disperzí pro zkoušené penetrační nátěry je uvažována jako dynamická viskozita newtonovské kapaliny η . Definována je jako podíl smykového napětí τ ke gradientu smykové rychlosti D . Hodnotu smykového napětí v závislosti na gradientu smykové rychlosti pro kapaliny newtonské, pseudoplastické kapaliny a bighamské, popisuje obr. 2.



Obr. 2 Závislost smykového napětí τ a viskozity η na gradientu smykové rychlosti D [8]

Při popisování chování při tečení rozlišujeme tyto základní typy kapalin:

a) Newtonská

Viskozita se s rostoucím gradientem rychlosti nemění. Pro ideální viskózní materiál platí pro tečné napětí Newtonův zákon:

$$\tau = \eta \cdot D,$$

kde:

τ deformační smykové (tečné, vazké) napětí

η dynamická viskozita charakterizující vnitřní tření newtonské kapaliny

D gradient rychlosti, který charakterizuje tvarové změny v proudící tekutině

b) Pseudoplastická

Dynamická viskozita se s rostoucím gradientem rychlosti zmenšuje.

c) Dilatantní

Zdánlivá viskozita roste s rostoucím gradientem rychlosti (viz obr. 4). Toto chování je poměrně řídké a bylo pozorováno v některých vysoce koncentrovaných suspenzích (např. v PVC plastisolech). Poněvadž zpravidla komplikuje technologické procesy, je žádoucí dilataci pokud možno potlačit změnou složení.[13]

d) Bighamské kapaliny (plastické chování)

Jedná se o kapaliny s plastickou složkou deformace, u nichž dochází k toku až po překročení určitého prahového smykového napětí, tzv. meze toku (kluzu) τ_k . Pro tyto plastické kapaliny platí:

$$\tau - \tau_k = \eta_0 \cdot D,$$

kde:

τ deformační smykové (tečné, vazké) napětí

τ_k mez toku (kluzu)

η_0 dynamická viskozita charakterizující vnitřní tření kapaliny

D gradient rychlosti, který charakterizuje tvarové změny v proudící tekutině.

Dynamická viskozita je měřena nejčastěji rotačními viskozimetry. Z důvodu technických omezení přístrojů na měření smykové rychlosti u různě viskózních disperzí je požadováno použít různě velké rotační tělíska – vřetena (angl. spindle). Například viskozimetr typu Brookfield umožňuje měření v širokém rozsahu hodnot díky výměnným vřetenům. Nevýhodou tohoto typu měření je nemožnost porovnat tyto naměřené hodnoty při použití různých typů vřeten.

Chování při tečení lze charakterizovat také velmi snadným měřením výtokové doby pomocí normovaných výtokových pohárků (kelímků). Jedná se o speciální trychtýř definovaných rozměrů, který umožní přesné naplnění objemem kapaliny. Stanovuje se doba výtoku měřené kapaliny skrz otvor na spodní straně zařízení. Hodnota viskozity změřena výtokovým pohárkem se nejčastěji uvádí ve vteřinách, pokud to metodika zkoušení dovoluje (norma), je možné výtokovou dobu vyjádřit v Pa.s. Výtokový pohárek se kalibruje speciálním olejem k tomu určeným pro každý typ zařízení dle příslušné normy (např. dle ISO 2341).

3.3.6. Stabilita disperzí, sklon k pění

Při výrobě, transportu a zpracování polymerních disperzí dochází k vystavení materiálu negativním vlivům jako mechanické a tepelné zatěžování, což může vést ke koagulaci, sedimentaci, fázovému oddělení a jinému znehodnocení. Disperze jsou proto pravidelně kontrolovány, jestli během skladovací doby nevykazuje změny. Pro určité aplikace se zkouší rovněž odolnost proti cyklickému zmrazování. Hodnotí se vizuální změny (např. nevznikla-li sraženina) a také kvantitativními metodami: viskozita, velikost částic a jejich distribuce.

- **Mechanická stabilita:** Disperze je podrobena intenzivnímu definovanému míchání pomocí ozubeného míchadla. Např. podle ISO 2006 je vzorek míchán 10 min při $14\,000\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$. [8]
- **Stabilita při skladování:** Zrychlená metoda je založena na temperování vzorku při zvýšené teplotě pro zvolený čas. Např. 15 h při $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. [8]
- **Odolnost proti cyklickému zmrazování (Freeze-thaw stability):** Stanovuje schopnost redispergace (obnovení stabilní disperze) po zmrazení vzorku. Testování zahrnuje cyklické zmrazování a rozmrazování vzorku. Např. 16 h při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ s následným ohřátím a 8h temperováním při $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. [8]
- **Stabilita s ohledem na aditiva:** Disperze obsahují aditiva jako rozpouštědla, elektrolyty, fillery a pigmenty, které se při rozdílném dávkování chovají různě. Aditiva jsou dávkovány buď přímo, nebo vhodně rozředěny. Pozorují se všechny změny zmiňované výše. Testování probíhá rovněž na rozředěných disperzích pro jednoduché stanovení vizuálních změn, jelikož možnosti kvantitativního měření jsou omezené. [8]

Z důvodu obsahu emulgátorů mají disperze sklon k pění. Pro aplikace technologií nástřiku, ale i válečkem nebo štětcem je vhodné disperze odpěnit, protože pěna může mít vliv na homogenitu a správné rozložení filmu na povrchu. Sklon k pění se může stanovovat pomocí běžné metody, která používá válec se stupnicí, který je u základny utěsněn porézní skelnou podložkou, skrz kterou může proudit plyn. Na perforovanou podložku se umístí známé množství disperze a nechá se proudit plyn skrz válec. Proudící plyn iniciuje vznik pěny. Získáme funkční závislost výšky pěny ve zkušebním válci k času proudění plynu. Tvorba pěny je závislá na prostředí, pro reprodukovatelnost a porovnávání zkoušek je nutno zajistit neměnné podmínky během zkoušení. [8]

3.3.7. Velikost částic

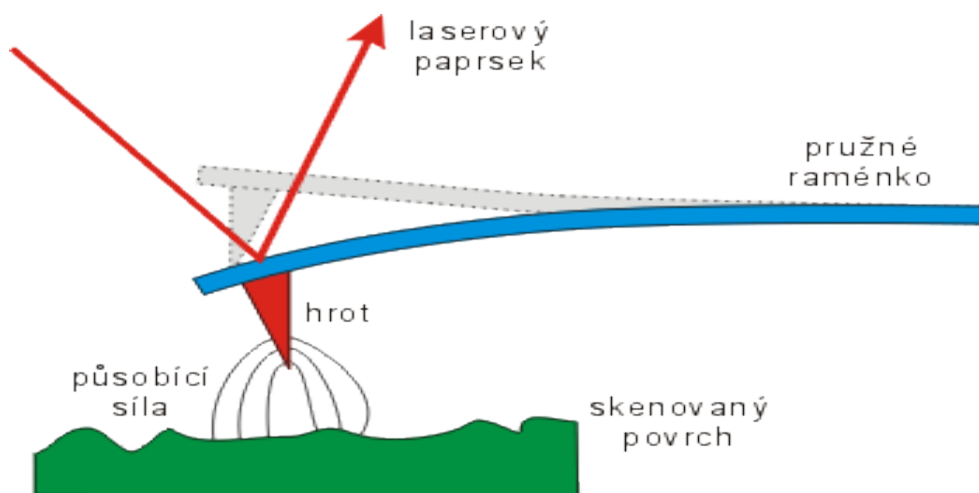
Polymerní disperze obsahují částice o průměru 10 až 1500 nm. Typická velikost částic je však v řádu 100 až 250 nm. Velikost částic a jejich distribuce velmi ovlivňuje vlastnosti a chování disperze jako je výtoková doba, viskozita nebo stabilita. [8] Pro stanovení velikosti částic můžeme použít široké spektrum metod, jako je například mikroskopie atomárních sil a sedimentace v poli centrifugy.

3.3.7.1. Mikroskopie atomárních sil – AFM

AFM (z angl. atomic force microscopy) je mikroskopická technika, která se používá k trojrozměrnému zobrazování povrchů. Prvně ji realizovali v roce 1986 Binnig, Quate a Gerber. Obraz povrchu se zde sestavuje postupně, bod po bodu. Metoda dosahuje velmi vysokého rozlišení – může zobrazovat i atomy. Techniku AFM lze použít nejen k zobrazování, ale také k tvorbě struktur či zpracování povrchů v nanometrové oblasti. [14]

Základem AFM je velmi ostrý hrot, který je upevněn na ohebném nosníku (angl. cantilever, tento termín se používá i v češtině). K detekci slouží vzájemná meziatomová přitažlivost. Detekuje se pohyb zkoumacího hrotu při průchodu nad vzorkem. Umí zobrazovat i nevodivé vzorky. Nazývá se někdy také SFM (scanning force microscopy). [14]

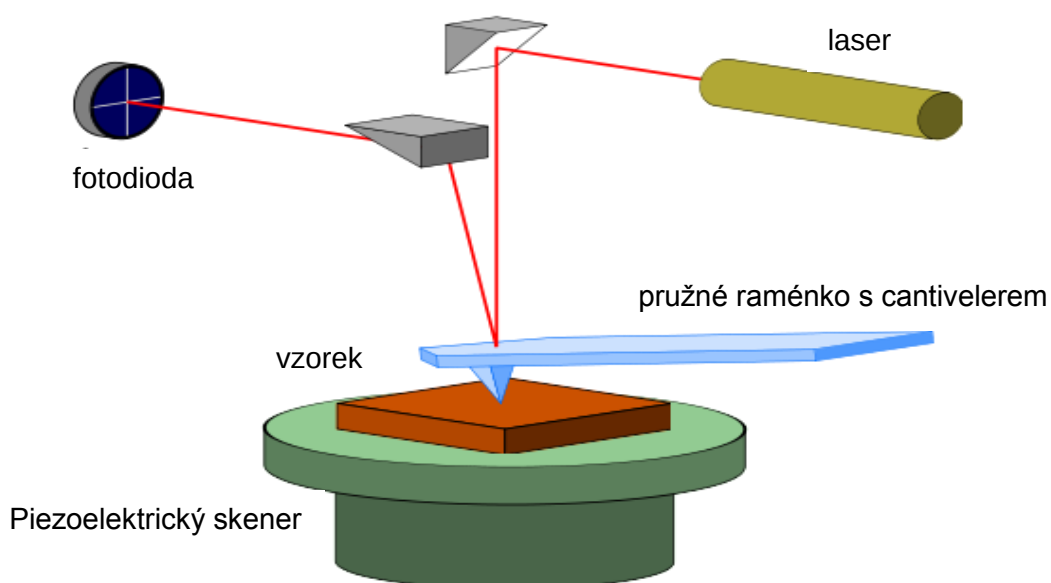
Používají především bezkontaktní režimy, v nichž není mezi hrotem a vzorkem přímý mechanický kontakt. Hrot a vzorek na sebe působí především skrze Van der Waalsovu a elektrostatickou sílu. Protože tato síla je velmi malá, provozuje se bezkontaktní režim tak, že je nosník rozkmitáván a místo jeho ohnutí se měří velikost amplitudy. Protože velikost amplitudy závisí na vzdálenosti mezi hrotem a vzorkem, lze sledováním změn amplitudy sestavit obraz povrchu vzorku. Tomuto typu mikroskopu se říká FM-AFM mikroskop (Frequency Modulated AFM). Pružné raménko je rozkmitáno harmonickou silou na vlastní frekvenci raménka a jeho vyšších harmonických frekvencích. Měření je fázový posuv kmitání způsobený atomárními silami. [14]



Obr. 3 Schéma kmitu pružného raménka na konci osazeného cantivelerem [15]

Detekce ohnutí nosníku se provádí nejčastěji pomocí laseru. Laserový svazek z laserové diody se nechá dopadat na nosník, od něho se odráží podle zákona odrazu a dopadá na fotodetektor. Změní-li se ohnutí nosníku, změní se i úhel dopadu svazku na nosník a proto svazek dopadne

do jiného místa fotodetektoru. Bude-li fotodetektor citlivý na místo dopadu svazku, může se z jeho výstupu určit ohnutí nosníku. [14]



Obr. 4 Schéma AFM, detekce výchylky pružného raménka pomocí laseru [16]

AFM může zobrazovat pouze povrch vzorků, nikoliv jejich objemovou strukturu (vzorek vyžaduje fixaci, nemůže například plavat v roztoku). Ve srovnání s optickou mikroskopií však dosahuje značně většího rozlišení, které je srovnatelné s rozlišením elektronové mikroskopie. AFM však poskytuje trojrozměrný obraz, kdežto elektronová mikroskopie dvojrozměrnou projekci. [14]

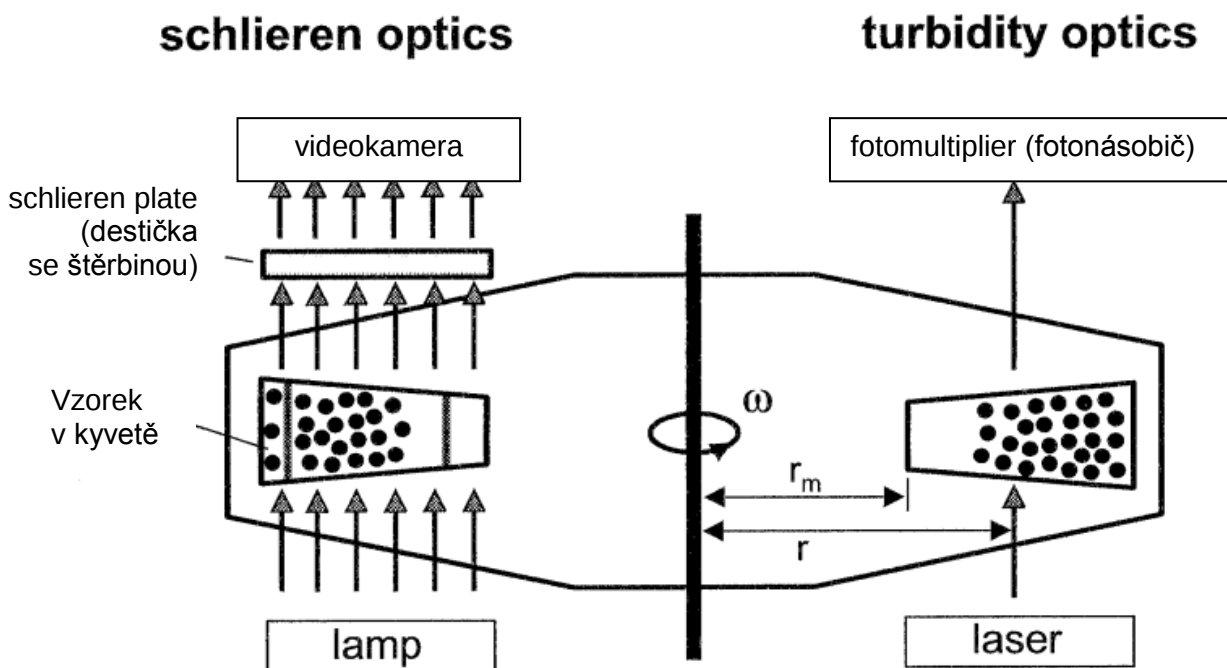
V roce 1994 byla zkonstruována nová varianta tohoto mikroskopu, kdy pružné raménko je rozkmitáno harmonickou silou na vlastní frekvenci raménka a jeho vyšších harmonických frekvencích. Měření je fázový posuv kmitání způsobený atomárními silami. Právě touto technologií bylo v roce 2004 dosaženo zatím největšího rozlišení 77 pikometrů (77×10^{-12} m). V tomto rozlišení je možné rozeznat struktury uvnitř jednotlivých atomů. [17]

3.3.7.2. Sedimentace v poli centrifugy

Centrifugace je jednou z nejčastěji používaných laboratorních metod na separaci částic. Centrifuga je zařízení, jež pomocí odstředivé síly zvyšuje gravitační pole v kyvetě (která obsahuje vzorek). Molekuly sedimentují rychleji než při normální gravitaci a jsou rozděleny podle jejich hustoty. [18]

Centrifugace patří k metodám, které umožní detailní a obsáhlé charakterizaci polymerních disperzí. Obrázek 2 je schématické znázornění pohledu na analytickou ultracentrifugu (AUC) osazenou dvěma typy detekčního systému (videokamerou nebo fotonásobičem^a) [8]

- Schlieren optics (lampa-videokamera), snímá obraz pruhu světla procházejícího průřezem kyvety se vzorkem, detekce pomocí videokamery.
- Turbidity optics (laser-fotonásobič), fotonásobič detekuje dopad záření z laseru, které projde kyvetou se vzorkem.



Obr. 5 Schématické znázornění analytické ultracentrifugy pro dva druhy detekčního zařízení [8]

^a angl. photomultiplier; velmi citlivý fotodetektor, který je schopen zachytit i slabé optické signály. Dochází k tomu pomocí fotoelektrického jevu, kdy fotony dopadající na povrch katody interagují s elektrony materiálu na katodě. Vyražené elektrony jsou urychleny elektrickým polem mezi elektrodami a při dopadu na anodu jsou odebrány jako dostatečně silný signál pro další vyhodnocování.

Stanovení velikosti částic pomocí AUC závisí na rychlosti sedimentace částic v rotačním (odstředivém poli). Podle Stokesova zákona je vyjádřen čas sedimentace t_s [s] částice jako:

$$t_s = \frac{18\eta \cdot \ln(r/r_m)}{(\rho - \rho_m) \cdot d^2 \cdot \omega^2} ,$$

kde:

- η je dynamická viskozita [Pa·s]
- r délka kolmice vedené od osy otáčení centrifugy k paprsku fotonů vedeného k detekčnímu optickému zařízení [m]
- r_m délka kolmice vedené od osy otáčení centrifugy k menisku na kyvetě
- ω úhlová rychlost [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$]
- $\rho - \rho_m$ rozdíl hustoty stanovované částice a hustoty vodní fáze [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
- d průměr stanovované částice

Měření velikosti částic a jejich distribuce je prováděno na zředěných vzorcích typické koncentraci 0,05 až 2 % sušiny. [8] Na začátku měření jsou ve vzorku rozprostřeny dispergované částice rovnoměrně, po spuštění centrifugy dochází k sedimentaci částic a optické zařízení detekuje měnící se intenzitu světelného záření, jež následně podléhá počítačovému vyhodnocení. Měření je uzpůsobeno pro stanovení velikosti částic od cca 20 až 2000 nm a je proto vhodné pro vodní polymerní disperze.

3.3.8. Problematika tvorby filmu

U nátěrů tvořených vodnými disperzemi polymerů je schopnost tvořit film velice důležitá. Disperze polymerů za vhodných podmínek vysychají, částice se navzájem přibližují, tím vzniká homogenní film. Tvorba filmu je silně ovlivněna schopností polymerních částic deformovat se a navzájem difundovat. Tyto vlastnosti jsou ovlivněny teplotou. Při vysychání za vyšších teplot je schopnost disperze tvořit film lepší, než za teploty nižší. Odborná literatura proto definuje termín *minimální filmotvorné teploty MFT (Minimum film formation temperature MFFT)* [19].

Filmy se obvykle připravují na deskách ze skla nebo z plastů. Některé disperze tvoří filmy teprve za vyšší teploty a musí se s nimi za příslušné teploty pracovat. V průmyslu nátěrových hmot se také používá termín *bod zbělení*, což je teplota, při níž již disperze netvoří film. Vrstva zkoušené disperze, která má vytvořit film o konstantní tloušťce, se nanese na kovovou podložku s určitým teplotním gradientem vhodným pro zkoušenou disperzi. Poté se

sleduje rozhraní filmotvornosti. Na teplém konci se vytvoří film, na studeném konci zaschne disperze do běla. Teplota naměřená na hranici obou oblastí je nejnižší teplota nutná pro vytvoření filmu. [19]

Bod zbělení (white-point temperature) má vždy hodnotu teploty o pár stupňů nižší než MFT (minimální filmotvorná teplota). Vodní disperze mohou vysychat pouze při teplotě vyšší než 0 °C, přitom MFT a bod zbělení leží vždy nad touto hranicí. Důležitá je kontrola tloušťky vrstvy při měření. Během tvorby filmu se může objevit mechanické namáhání filmu zejména při vyšší tloušťce filmu. Efekt mechanického namáhání se může ještě projevit při příliš rychlém sušení. Může nastat nesoulad mezi odpařováním vody a polymerní difundací – tvořením řádné vrstvy filmu. [8]

Jako charakteristický údaj o tvorbě filmu je doba zasychání. Natahovacím pravítkem se nanese vrstva filmu. V určitých intervalech se nasype na povrch zrnka balotiny. Zkouší se doba, kdy poprvé balotina nepřilne k povrchu a jde ji oddělit od podkladu pouhým nakloněním nebo lehkým setřesením.

3.4. Navrhované zkoušky

Penetrační nátěry se zkouší především na jejich fyzikální vlastnosti, schopnost vytvořit film a také je často snaha determinovat složení nátěru. V další části této kapitoly budou zmíněny možné metody zkoušení, některé z těchto metod byly již zmíněny výše.

Následující výčet zkoušení penetračních nátěrů vychází z platných evropských norem a odkazuje na ně. Rozvedena je zde i interní metodika zkoušení firmy Sika CZ, s.r.o. Jde konkrétně o tzv. organizační normu (zkratka ON norma), která primárně vychází z norem evropských a je částečně upravena pro potřeby podniku a vybavení jejich zkušební laboratoře. Tyto ON normy jsou obsaženy v příloze.

3.4.1. Zkoušky disperzí z fyzikálně-chemického hlediska

- **Stanovení hustoty, obsahu sušiny, viskozity, výtokové doby, povrchového zasychání**

Provádí se dle příslušné ON normy a jsou uvedeny v příloze. Stručný princip zkoušky a odkaz na konkrétní evropskou normu je uveden v kapitole 4.2. Metody stanovení jsou rovněž popsány v kapitole 3.3, protože se jedná o základní charakterizaci polymerních disperzí.

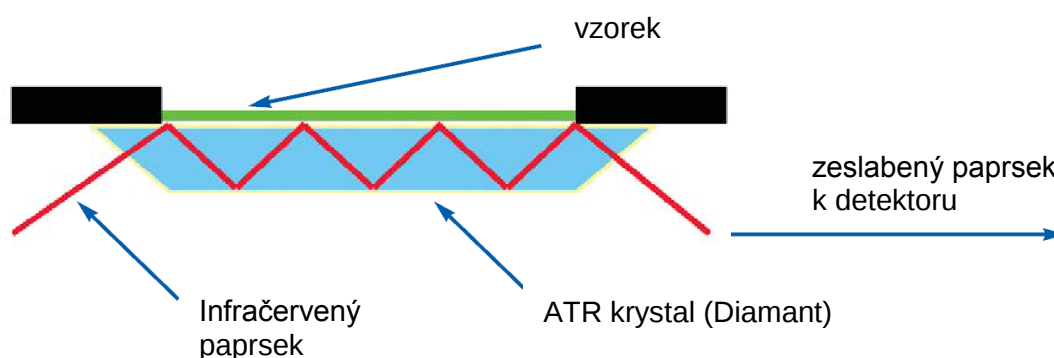
- **Odolnost filmu vůči H₂O**

Při navrhování této zkoušky se vycházelo ze skutečnosti, že vytvrzený film, který bude svou plochou vystaven účinkům vodní lázně, může po určité době mít sklon k rozpouštění nebo přijímání vody (bobtnání). Tato skutečnost se následně potvrdila. Měření se provedlo gravimetricky. Po vytažení z vodní lázně se film osušil od povrchové vody a zvážil na váze s vhodně zvolenou přesností měření. Ukázalo se, že film byl ve vodě stabilní, docházelo jen k absorpci vody do filmu, která neměla zásadní vliv na vlastnosti filmu. Nejvyšších hodnot absorpce H₂O dosáhly filmy, které obsahovaly dispergovaný tuhý podíl ve formě písku. Měření se opakovalo ve zvoleném časovém intervalu (15 min). Po 120 min se měření ukončilo, a vyjádřilo se hmotnostní absorpci vody v přepočtu na jednotku plochy.

- **Identifikace pojiva**

Identifikaci pojiva je výhodné provést pomocí infračervené metody. Jedná se o tzv. FTIR spektroskopii (z angl. Fourier transform infrared). Metoda je založena na sledování absorpce infračerveného záření zkoumaným vzorkem. Metoda je spolehlivá, umožňuje dobrou identifikaci a také kvantifikaci vzorku.

Využívá se k tomu ATR metoda (z angl. attenuated total reflectance). V překladu to znamená zeslabený úplný odraz. Infračervený paprsek se vyšle do upraveného hranolu, nejčastěji diamantu. Paprsek se odráží uvnitř krystalu, přitom dopadá na povrch vzorku, kde dojde k zeslabení paprsku. Tento jev vystihuje obr. 6.



Obr. 6 FTIR spektroskopie, princip vedení infračerveného paprsku vzorkem [20]

Index lomu krystalu je větší než vzorku, proto se paprsek bude pohybovat uvnitř krystalu (diamantu). Při dopadu paprsku na tenkou vrstvu vzorku dojde k zeslabení odráženého paprsku. Získáme infračervené spektrum vzorku, které je specifické pro

každou látku. Oproti standardnímu infračervenému spektru je získané spektrum o trochu jiné, což je dáno hlavně tloušťkou zkoušené vrstvy, jež se pohybuje v jednotkách μm . Vzhledem k jednodušší přípravě vzorku a počítačovému vyhodnocení je tato metoda výhodná a spolehlivá.

3.4.2. Zkoušky disperzí z aplikačního hlediska

- **Spotřeba nátěru pro jednotlivé vrstvy, celková spotřeba**

Důležitou vlastností nátěru je jeho spotřeba vztažená na jednotku plochy, možnost ředění, a charakter nátěru z pohledu nutnosti aplikace dalších vrstev. Tato zkouška vypovídá také o ekonomické stránce aplikace. Pro porovnání ekonomičnosti nátěru se spotřeba vyjádří jako podíl spotřebované sušiny k jednotkové ploše.

Zkouška se navrhuje provádět na předem připravených, do roviny obroušených betonových dlaždicích rozměru $400 \times 400 \times 40$ mm. Nátěr se nanáší v optimálním množství, tak jak je předepsáno v technickém listu pro daný nátěr se specifikací pro nasákavý povrch (beton). Pro porovnání se připraví sada keramických glazovaných dlaždic, reprezentujících nenasákavý povrch. V obou případech se stanoví spotřeba nátěru pro jednotlivé vrstvy, celková spotřeba nátěru a celková spotřeba sušiny pro jednotlivé vrstvy a celková spotřeba sušiny. Hodnoty spotřeby jsou vždy vyjádřeny hmotností aplikovaného materiálu vztažené na jednotkovou plochu.

- **Přetíratelnost**

Z aplikačního hlediska je tato charakteristika rovněž důležitá, neboť dlouhá doba přetíratelnosti je nežádoucí. Prodlužuje především technologické přestávky a to ovlivňuje ekonomiku aplikace. Hodnocená je vizuálně. Důležité je zajistit prostředí o stejných teplotních a vlhkostních podmínkách, aby simulovaly buď referenční podmínky laboratoře, nebo podmínky panující na stavbě. Stanovení doby přetíratelnosti je vhodné provádět během stanovení spotřeby nátěru pro jednotlivé vrstvy.

- **Soudržnost**

Je nejdůležitější vlastností. Penetrační nátěr má zajistit především spojovací můstek mezi podkladem a cementovým povrchem. Má zabránit transportu vody z čerstvé stěrky do podkladu, zlepšit smáčení podkladu a také může sjednotit vlhkostní parametry podkladu. Více o funkci a důvodech aplikace penetračních nátěrů je uvedeno v podkapitole 3.2.2.

Navrhovaná zkouška pro posouzení soudržnosti vrstev je: Stanovení soudržnosti odtrhovou metodou dle ON 714, která je součástí přílohy. Tato norma vychází z ČSN EN 1542: Určuje postup pro měření soudržnosti s podkladem u zálivek, malt, betonů a prostředků pro povrchovou ochranu (SPS), používaných pro ochranu a opravy betonu. Ustanovení této normy se vztahují na výrobky a systémy, které se nanášejí do maximální tloušťky 50 mm [21]. Norma ON 714 rovněž vychází z ČSN EN 13892-8: Tato evropská norma určuje metodu stanovení přídržnosti mezi potěrem a normalizovaným podkladem pro zkušební tělesa zhotovená z cementových potěrových materiálů, potěrových materiálů ze síranu vápenatého, potěrových materiálů z hořečnaté maltoviny a pryskyřičných potěrových materiálů [22].

Pro každý vzorek penetračního materiálu byly zvoleny 4 typy odtrhových zkoušek na stanovení soudržnosti systému:

- i) Nasákavý povrch – broušená betonová dlažba
 - (1) beton-penetrační nátěr-samonivelační stěrka
 - (2) beton-penetrační nátěr
- ii) Nenasákavý povrch – glazovaná keramická dlažba
 - (1) keramická dlažba-penetrační nátěr-samonivelační stěrka
 - (2) keramická dlažba-penetrační nátěr

Pro srovnání soudržnosti systému beton-cementová stěrka a glazovaná keramická dlažba-cementová stěrka a byl vytvořen vzorek referenční (bez penetračního nátěru). Byl rovněž vytvořen referenční vzorek pro zjištění soudržnosti epoxidového dvousložkového lepidla k nenasákavému povrchu. Sloužit měl pro porovnání, zda penetrační nátěr vytváří spojovací můstek na rozhraní systému keramická dlažba-cementová stěrka nebo naopak negativně ovlivňuje soudržnost výše zmíněného systému. Výsledky zkoušení soudržnosti jsou uvedeny v podkapitole 4.4.5.

4. Experimentální část:

Měření bylo provedeno v laboratoři firmy Sika CZ, s.r.o. v Brně-Modřicích. Bylo testováno deset jednokomponentních penetračních nátěrů s cílem charakterizovat tyto materiály při využití vybavení laboratoře. Cílem těchto měření bylo stanovit charakter penetračních nátěrů dostupných na trhu a srovnat je s portfoliem výrobků společnosti Sika.

Čtyři z deseti penetračních nátěrů vyrábí společnost Sika, zbylých šest vzorků pochází od konkurence. Výrobky jsou dostupné na většině trhu EU (bližší specifikace dostupnosti nátěrů uvádí tabulka 1).

Laboratorní měření se sestávalo z dvou částí:

- Charakterizace disperzí (penetračních nátěrů) z fyzikálně-chemického hlediska
- Charakterizace disperzí (penetračních nátěrů) z aplikačního hlediska

4.1. Postup měření:

V prvním kroku se stavovaly fyzikálně-mechanické vlastnosti nátěrů. Aplikace každého vzorku byla provedena na dvou typech povrchů – pórovitého a nepórovitého. V případě nepórovitého povrchu se jednalo o betonové dlaždice rozměru 400×400×40 mm. Tyto dlaždice byly připraveny ze stejného betonu, zrály a byly uskladněny ve stejných podmínkách. Povrch betonových dlaždic byl před zkouškou obroušen a očištěn před aplikací vrstvy primárního nátěru nebo cementové samonivelační stěrky. Druhý povrch představovala glazovaná keramická dlažba 330×330×10 mm, s lícovým neporézním povrchem. Tato dlažba byla přilepená cementovým lepidlem k betonové dlažbě, aby mohla přenést namáhání při později prováděných zkouškách přídržnosti odtrhoměrem. Na obou typech povrchů byla provedena aplikace penetračního nátěru. Množství a poměr ředění vodou se provedl shodně s doporučením, uvedeném v technickém listu každého výrobku pro daný povrch. Měřila se i spotřeba nátěru potřebná k penetraci povrchu v kg/m^3 . Aplikace každé vrstvy (filmu) byla provedena pěnovým válečkem. Spotřeba penetračního nátěru byla stanovena z hmotnosti disperze potřebné na aplikaci nátěru v dostatečné vrstvě vztažené na nanášenou plochu. Polovina povrchu dlažby byla vymezena pěnovou bariérou, do které se nalila vrstva samonivelační směsi na bázi cementu. Jednalo se o Sikafloor® Level-T2 – směsi pro podlahy s vysokou provozní zátěží ve vrstvě 5 mm, podíl záměsové vody byl 20 %. Při aplikaci každé vrstvy (primer, samonivelační stěrka) byly dodržovány technologické přestávky nutné k zaschnutí, popřípadě vytvrzení vrstvy. Po vytvrzení vrstev byly provedeny odtrhové zkoušky, které měly stanovit účinnost penetračního nátěru, který má zajistit dostatečnou

přidržnost vrstev (cementová stěrka-primární povrch). Pro porovnání byla stanovena referenční hodnota odtrhu, kdy se stanovilo přidržnost primárního povrchu a samonivelační stěrky bez předchozí aplikace penetračního nátěru.

Druhou částí laboratorního experimentu bylo stanovit fyzikální a fyzikálně-chemické vlastnosti porovnávaných materiálů. Všechny stanovení byly provedeny v laboratorních podmínkách při teplotě (22 ± 2) °C a relativní vlhkosti 60 %, pokud není uvedeno jinak. Stanovení hustoty, obsahu sušiny, viskozity, výtokové doby, povrchového zasychání bylo provedeno dle příslušných organizačních norem firmy Sika CZ, s.r.o. Princip zkoušení a bližší specifikace zkoušek jsou uvedeny v podkapitole 3.4.1, respektive v kapitole následující.

4.2. Provedené zkoušky:

- **Obsah sušiny** Měřeno na halogenových sušících vahách podle podnikové organizační normy ON 708, hmotnost měřeného vzorku byla $(1,0\pm 0,1)$ g, s výjimkou vzorku Ceresit CT 17, kde z důvodu nízkého podílu v sušině stanovované disperze bylo nutné použít $(3,5\pm 0,5)$ g vzorku. Vzorky obsahující písek byly měřeny rovněž přímo a obsah písku byl odečten od obsahu sušiny dodatečně.
- **pH** Podle podnikové organizační normy ON 720. Kalibrace přístroje provedené před měřením pro hodnoty $\text{pH} = \{4,01; 7,00; 10,01\}$.
- **Hustota** Podle EN ISO 2811-1
- **Viskozita** Měřená výtokovým pohárkem #3 podle EN ISO 2431.
- **IČ analýza** Podle EN 1767, FTIR^b, měření v rozsahu 400 až 4000 cm^{-1} , rozlišení 4 cm^{-1} , počet skenování 32, ATR^c zařízení osazené diamantovým krystalem, automatickými základními opravami, korekcí pozadí a automatickým vyhlazováním. Před měřením metodou infračervené spektroskopie byly vzorky vysušeny při 120 °C.

^b *Fourier transform infrared (spectroscopy), metoda založena na sledování absorpce infračerveného záření zkoumaným vzorkem, popsána výše v kapitole 3.4.*

^c *Attenuated total reflectance, z angl. zeslabený úplný odraz; infračervený paprsek se vyše do upraveného hranolu, nejčastěji diamantu. Paprsek se odráží uvnitř krystalu, přitom dopadá na povrch vzorku, kde dojde k zeslabení paprsku.*

- Velikost částic Vrstva tloušťky 150 μm byla aplikována nanášecím pravítkem na skelnou podložku a vysušena. Stanovení velikosti částic a snímky povrchové struktury vysušeného filmu bylo provedeno Českým metrologickým institutem pomocí mikroskopu atomárních sil Dimension® Icon® (výrobce Bruker Company) modulu ScanAsyst® pro vyhodnocování a skládání snímků. Princip a popis zařízení je uveden v podkapitole 3.3.7.1.
- Doba zasychání Podle EN ISO 1517, ON 705.
- Přídržnost Podle ČSN EN 13892-8, pro potěrové materiály.
- Odolnost vůči H_2O Vysušená vrstva filmu primeru o známém povrchu byla před měřením zvážena a ponořena do destilované vody, vzorek byl zvážen a vizuálně ohodnocen každých 15 min. Délka měření 120 min.

4.3. Zařízení, pomůcky a materiál:

Ke stanovení byly použity následující pomůcky, zařízení a materiál:

- Váha Kern 440-33 200,00 $\pm$ 0,01 [g]
- Váha Kern MLB 50-3..... 50,000 $\pm$ 0.001 [g]
- Váha Mettler Toledo PL4002-IC 4100,00 $\pm$ 0,01 [g]
- Guy-Lussacův pyknometr 100 [ml]
- Viskozimetr Brookfield LVDV-E 0,015-2000 [$\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$]
- Byk-Gardenerovo nanášecí pravítko 0-1000 [μm]
- Odtrhoměr Proceq Dyna Z-6 s příslušenstvím 4,77 $\pm$ 0,01 [MPa]
- Laboratorní místnost s udržovanou teplotou ± 1 [$^{\circ}\text{C}$]
- Titrator Mettler Toledo GT-50, osazený skleněnou elektrodou DGi 115-SC
- FTIR spectrometr Nicolet IR 200, osazený ATR zařízením s diamantovým krystalem
- Výtokový kelímek podle ISO #3
- Laboratorní sklo a pomůcky (nádoby, kapátko, stříčka, sada válečků, skleněné podložky)
- Destilovaná voda

4.4. Výsledky měření:

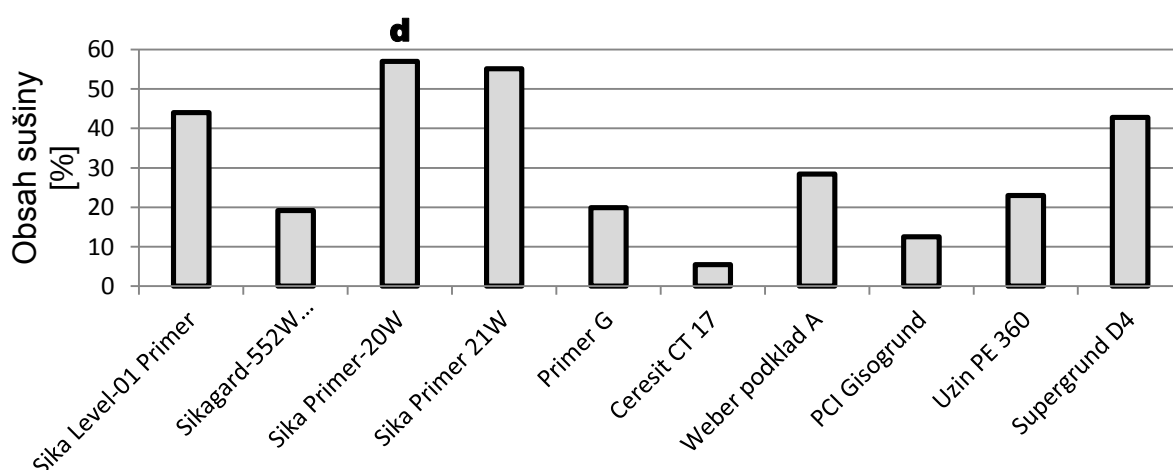
Měření se odbyvalo při laboratorních podmínkách. U zkoušek které charakterizují chování nátěru při aplikaci, stanovení spotřeby nátěru atd. se dodržovalo technologické přestávky uvedené v technických listech jednotlivých nátěrů. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 2 až 8, porovnání 10 stanovovaných penetračních nátěrů je pro vybrané zkoušky znázorněno rovněž v grafech 1 až 7.

4.4.1. Podíl sušiny ve vzorku, spotřeba nátěru a charakteristika při aplikaci:

Výrobky vykazují značné rozdíly v podílu obsahu sušiny a spotřeby pro jednotlivé vrstvy nátěru. Podíl sušiny v jednotlivých primerech ukazuje tabulka 2. Výrobky Primer-20W a Supergrund D4 obsahují rovněž nerozpustné jemné podíly (písek a kaolin), které jsou rovněž v tabulce 2 zmíněny. Hodnoty sušiny ve zkoumaných disperzích se pohybují od 5 do 55 procent. Pokud výrobek obsahoval jemné podíly, jejich obsah byl přibližně 12 % hmotnosti disperze. Zajímavým zjištěním je obsah určitého podílu kaolinu u vzorku Primer-20W, který odhalila IR analýza. Bohužel nebylo možné zjistit danou metodou obsah kaolinu v poměru ke křemičitému písku ve vzorku.

Tabulka 2 Množství sušiny

Název vzorku	Obsah sušiny [%]	Obsah písku [%]	Obsah sušiny a jemných částic (kaolin) [%]	Dispergovaný materiál
Sika Level-01 Primer	44,0±1,2			Styren-akrylát
Sikagard-552W	19,2±0,7			Akrylát
Sika Primer-20W ^d		12,0±0,2	57,0±2,2	Styren-butadien
Sika Primer 21W	55,1±0,8			Epoxid. Pryskyřice
Primer G	19,9±0,9			Styren-akrylát
Ceresit CT 17	5,5±0,6			Styren-akrylát
Weber podklad A	28,4±0,5			Styren-akrylát
PCI Gisogrund	12,5±0,8			Styren-akrylát
Uzin PE 360	23,0±1,4			Styren-akrylát
Supergrund D4	42,8±0,7	11,2±0,7		Styren-akrylát



Graf 1 Obsah sušiny v disperzích [%]

^d V případě výrobku Sika Primer-20W nebylo možné stanovit obsah sušiny z důvodu podílu jemných částic (kaolinu) v disperzi. Podíl písku k jemným podílům (kaolin) není znám.

Při stanovení spotřeby nátěru byl zvolen poměr ředění podle technického listu výrobku, který se odvíjí v závislosti od druhu aplikačního povrchu (porézní, nepórovitý). Z důvodu rozdílného obsahu sušiny (polymeru) ve zkoumaných vzorcích byla spotřeba vyjádřena jako množství aplikované sušiny vztahované na jednotku povrchu. V případě výrobku Primer-20W je obsah naměřený polymeru zavádějící, jedná se ve skutečnosti o obsah sušiny, ve které je obsažen již výše zmíněný polymer i s příměsí kaolinu. Výsledky spotřeby nátěru pro pórovitý povrch ukazuje tabulka 3. V případě aplikace nátěru na neporézní povrch je ve většině případů hodnota zavádějící. Pouze u výrobku Sika Primer-20W, Sika Primer-21W a Murexin Supergrund D4 bylo možné vytvořit film, který pokryl celou vrstvu homogenně, s rovnoměrnou tloušťkou nátěru. U ostatních aplikací nátěrů na neporézní povrch nedošlo k správnému rozprostření filmu v nanášené ploše, film se stahoval a tvořil tzv. „loužičky“, spotřeba byla nízká, tloušťka vytvořené filmu byla velice nerovnoměrná, místy nulová. Srovnání spotřeby nátěru pro neporézní a pórovitý povrch je vyobrazeno v grafu 2.

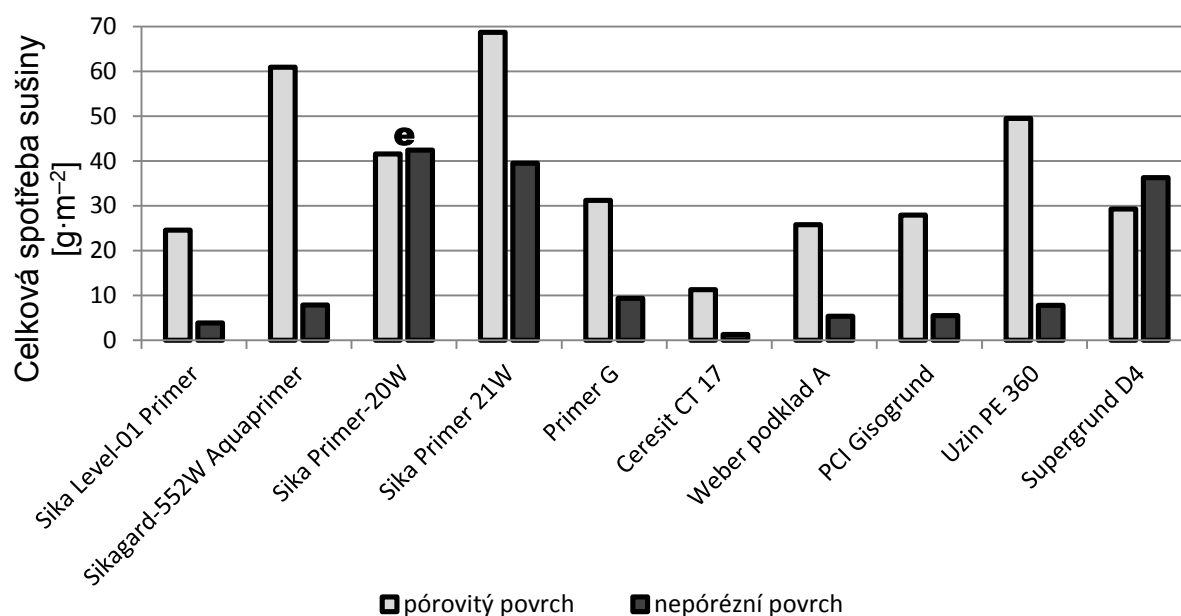
Tabulka 3 Spotřeba nátěru pro pórovitý povrch

Název vzorku	Spotřeba [g·m ⁻²]			Poměr ředění	Celková spotřeba sušiny [g·m ⁻²]
	Vrstva				
	1.	2.	3.		
Sika Level-01 Primer	157	67	-	1:3	24,6
Sikagard-552W Aquaprimer	212	105	-	-	60,9
Sika Primer-20W ^e	146	-	-	1:1	41,6 ^e
Sika Primer 21W	249	-	-	1:1	68,7
Primer G	272	42	-	1:1	31,2
Ceresit CT 17	145	61	-	-	11,3
Weber podklad A	144	38	-	1:1	25,8
PCI Gisogrund	197	190	60	1:1	27,9
Uzin PE 360	142	73	-	-	49,5
Supergrund D4	137	-	-	1:1	29,3

^e V případě výrobku Sika Primer-20W nebylo možné stanovit obsah sušiny z důvodu podílu jemných částic (kaolinu) v disperzi. Podíl písku k jemným podílům (kaolin) není znám. Hmotnostní spotřeba sušiny vztahovaná na jednotku plochy je vyšší z důvodu obsahu již výše zmiňovaného kaolinu.

Tabulka 4 Celková spotřeba pro neporézní povrch

Název vzorku	Spotřeba [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	Poměr ředění	Celková spotřeba sušiny [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]
Sika Level-01 Primer	44	1:4	3,9
Sikagard-552W Aquaprimer	41	-	7,9
Sika Primer-20W ^e	74	-	42,4 ^e
Sika Primer-21W	72	-	39,5
Primer G	47	-	9,4
Ceresit CT 17	24	-	1,3
Weber podklad A	38	1:1	5,4
PCI Gisogrund	44	-	5,5
Uzin PE 360	34	-	7,8
Supergrund D4	85	-	36,3



Graf 2 Celková spotřeba sušiny pro pórovitý a neporézní povrch

4.4.2. Hustota, pH, viskozita, odolnost filmu vůči H₂O

Při stanovení hustoty, viskozity a pH se dosáhlo běžných hodnot uvedených v technických listech nátěrů nebo charakteristických pro vodou ředitelné disperze. Vyšší hustotu má pouze Supergrund D4, který obsahuje křemičitý písek a Sika Primer-20W, který kromě písku obsahuje také kaolin.

^e V případě výrobku Sika Primer-20W nebylo možné stanovit obsah sušiny z důvodu podílu jemných částic (kaolinu) v disperzi. Podíl písku k jemným podílům (kaolin) není znám. Hmotnostní spotřeba sušiny vztahovaná na jednotku plochy je vyšší z důvodu obsahu již výše zmiňovaného kaolinu

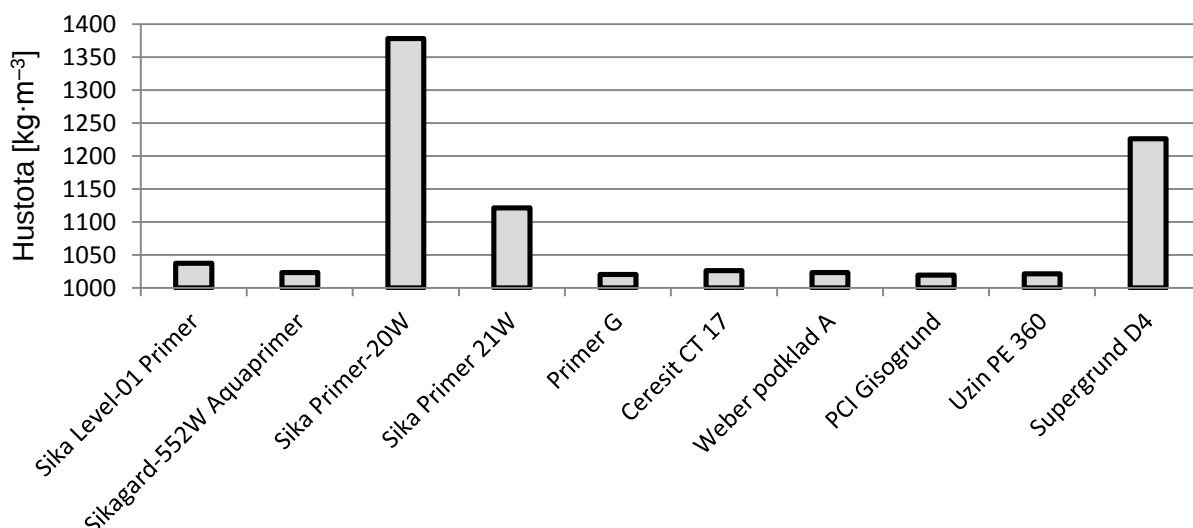
Změřené pH nátěrů se pohybovalo v rozmezí 6,7-9,1 a je charakteristické pro penetrační nátěry určené pro podklady na bázi cementu, kde se požaduje, aby pH nátěru bylo zásadité nebo alespoň neutrální.

Viskozita byla měřena dvěma metodami, z důvodu rozdílné konzistence a hustoty disperzí. První metoda pro měření viskozity pro nátěry s vyšším obsahem dispergovaných částic nebo neředěných byla měřena viskozimetrem Brookfield s vhodným typem vřetene pro optimální torzi měřicího zařízení. Pro nátěry s nižším obsahem dispergovaných látek byl použitý výtokový pohárek. Viskozita nátěru Primer-21W při ředění v poměru 1:1 pro aplikaci dle technického listu se podobá jiným zkoušeným vzorkům, tudíž usuzujeme, že chování nátěru při aplikaci bude rovněž podobné.

Ve srovnání absorpce vody vysušenými nátěry nejlepších hodnot dosahuje Sika Primer-21W s hodnotou $4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Připouští se, že je to dáno složením nátěru (epoxidová pryskyřice). Nejvíce absorbující vodu byly Supergrund D4 a Sika Primer-20W ($39 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, respektive $82 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)- Jejich film ale nevykazoval známky poškození, pouze se objevilo bobtnání filmu, proto se neočekává zhoršení vlastností nátěru v systému primární povrch-nátěr-cementová stěrka. Zbytek zkoušených nátěrů vykazovalo podobné vlastnosti, tedy mírnou tendenci k absorpci vody bez ztráty dispergovaných podílů. Je možné tedy označit odolnost všech nátěrů ve vytvrzeném stavu vůči H_2O jako dostatečnou. Výsledky stanovení pH, viskozity a absorpci vody jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Hustota, viskozita, absorpce vody

Název vzorku	Hustota [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	pH	Viskozita [Pa·s]	Výtoková doba [s]	Absorpce H_2O [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]
Sika Level-01 Primer	1037±3	8,14	1,5	21,0	7,4
Sikagard-552W Aquaprimer	1029±4	9,11	-	22,0	13,3
Sika Primer-20W	1378±16	8,22	192,0	-	39,6
Sika Primer-21W	1121±4	7,96	207,6	25,5 (1:1)	4,2
Primer G	1020±3	6,72	-	22,0	8,8
Ceresit CT 17	1026±5	7,76	-	19,5	6,6
Weber podklad A	1023±4	6,99	-	23,0	5,8
PCI Gisogrund	1019±4	7,84	-	23,0	6,3
Uzin PE 360	1021±3	7,71	-	22,5	6,5
Supergrund D4	1226±11	8,37	202,4	-	82,7



Graf 3 Hustota disperzí měřená pyknometricky [kg·m⁻³]

4.4.3. Doba zasychání

Doba zasychání byla měřena podle normy EN ISO 1517. Vzorek byl nanesen nanášecím Byk-Gardenerovým pravítkem ve vrstvě 200 µm na skleněnou desku. U většiny vzorků nebylo možné vytvořit film na skleněné desce, disperze se stahovala a tvořila „loužičky“. Pouze pro vzorky Sika Primer-20W, Sika Primer-21W a Supergrund D4 bylo možné provést zkoušku podle výše zmíněné normy. Doba zasychání pro Sika Primer-20W, Sika Primer-21W a Supergrund D4 činí tedy 80, 90 respektive 120 min.

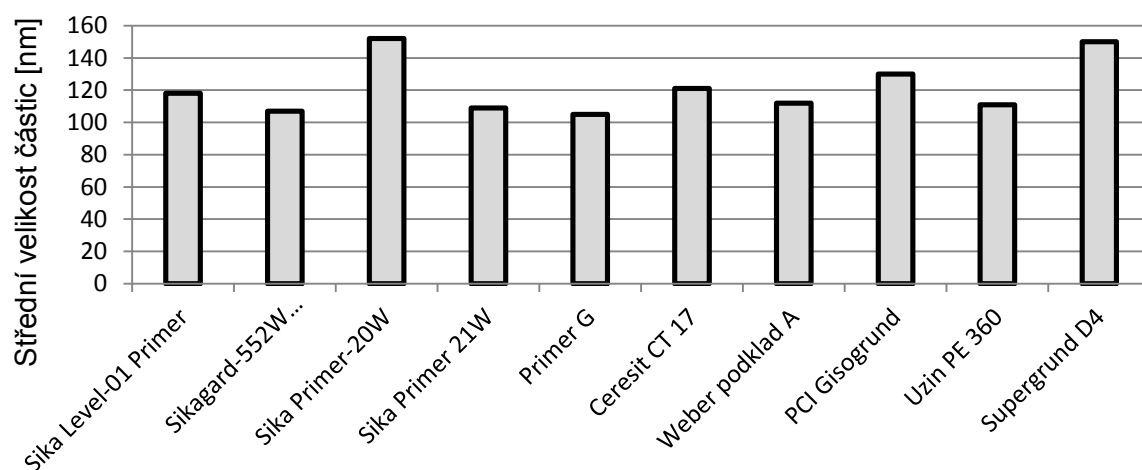
4.4.4. Velikost částic a vzhled vytvořeného filmu

Střední velikost částic zkoumaných vzorků se pohybovala v rozmezí 100-200 nm a odpovídá typické velikosti organických dispergovaných částic, jež udává literatura. Střední velikost částic byla porovnána s naměřenými hodnotami přídržností k povrchu. Bylo očekáváno, že velikost částic disperze má vliv na hodnoty přídržnosti. Tento předpoklad nebyl potvrzen, žádná souvislost mezi velikostí částic a hodnotami přídržnosti nebyla shledána. Střední velikost částic zkoušených vzorků je uvedena v tabulce 6.

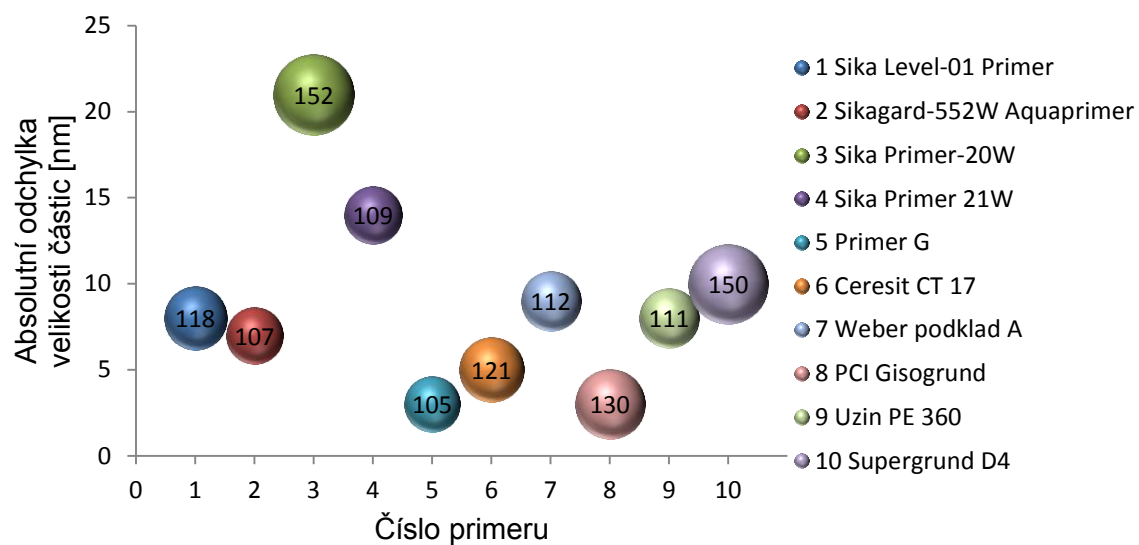
Vzhled vytvořeného filmu zobrazují obrázky 7-16. Disperze vytvořily rovnoměrný film kromě vzorku Uzin PE 360 a Weber podklad A, u kterých film nebyl dostatečně rovnoměrně rozprostřen. Vzorky byly vytvořeny v laboratorním prostředí, vliv rozdílných teplot nebo větší vlhkosti při aplikaci a pozdějším zasychání filmu nebyly stanoveny. Tyto parametry prostřední však mohou ovlivnit tvorbu filmu.

Tabulka 6 Střední velikost částic

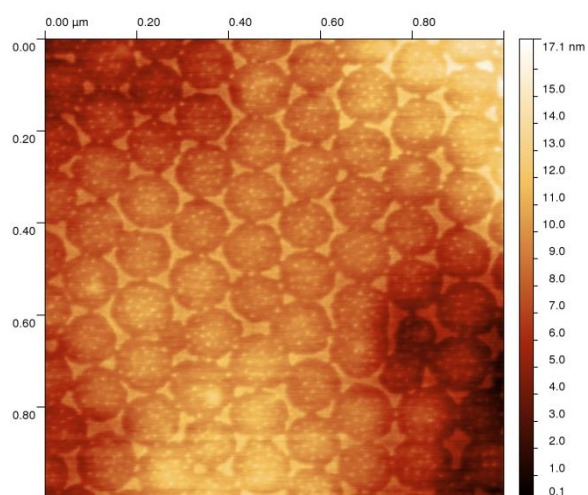
Název vzorku	Velikost částic [nm]
Sika Level-01 Primer	118 ± 8
Sikagard-552W Aquaprimer	107 ± 7
Sika Primer-20W	152 ± 21
Sika Primer 21W	109 ± 14
Primer G	105 ± 3
Ceresit CT 17	121 ± 5
Weber podklad A	112 ± 9
PCI Gisogrund	130 ± 3
Uzin PE 360	111 ± 8
Supergrund D4	150 ± 10



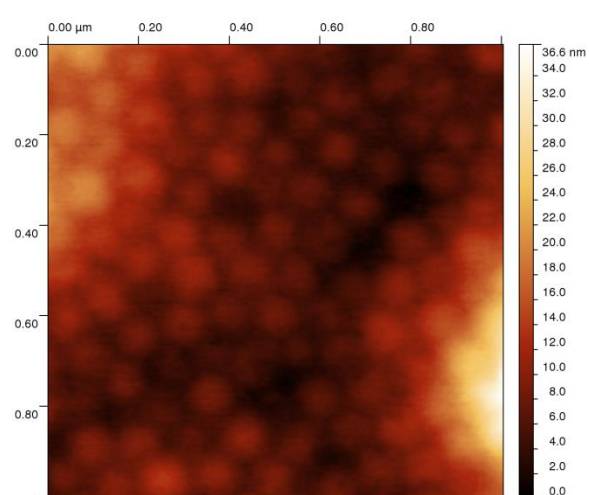
Graf 4 Střední velikost částic [nm]



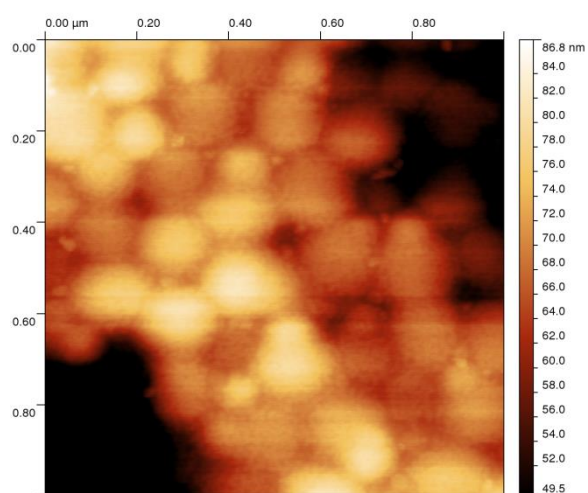
Graf 5 Střední velikost částic [nm] a absolutní směrodatná odchylka [nm]



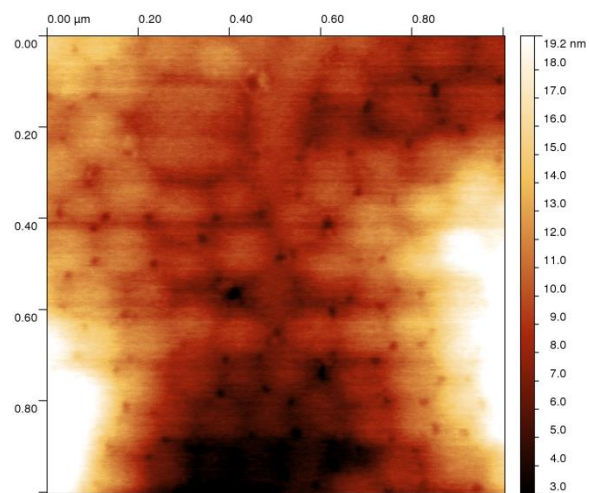
Obr. 7 Povrch Level-01 Primer



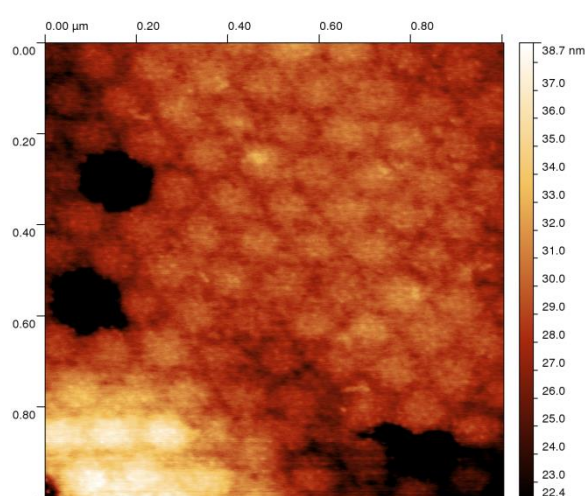
Obr. 8 Povrch Sikagard-552W



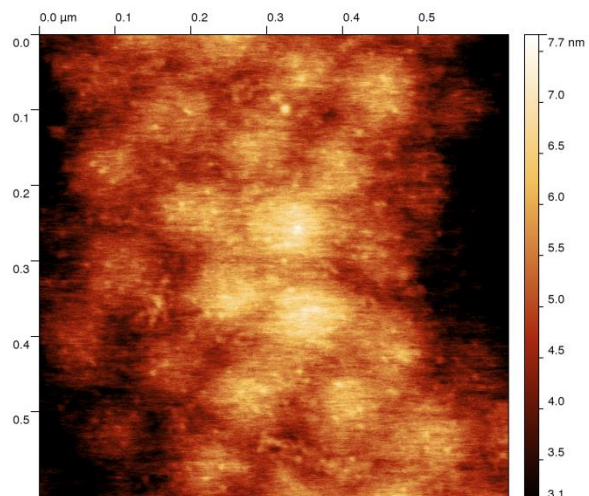
Obr. 9 Povrch Primer-20W



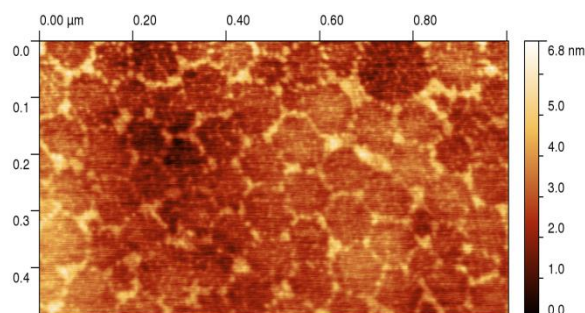
Obr. 10 Povrch Primer-21W



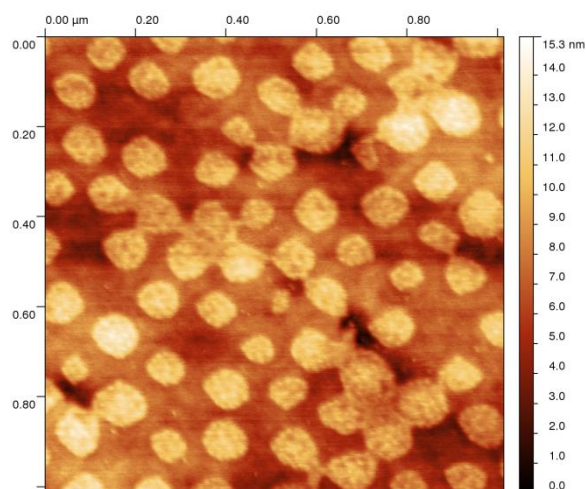
Obr. 11 Povrch Primer G



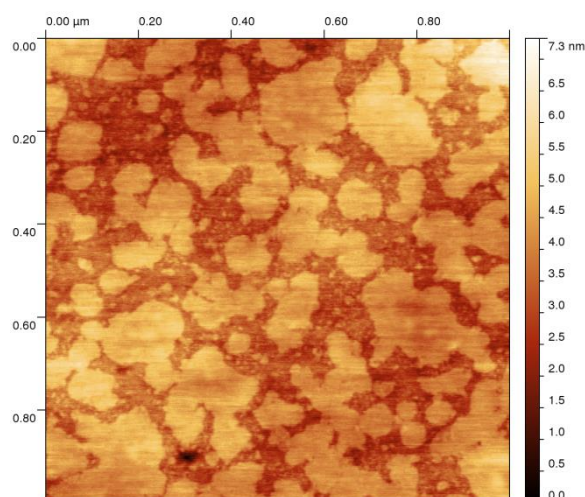
Obr. 12 Povrch Ceresit CT 17



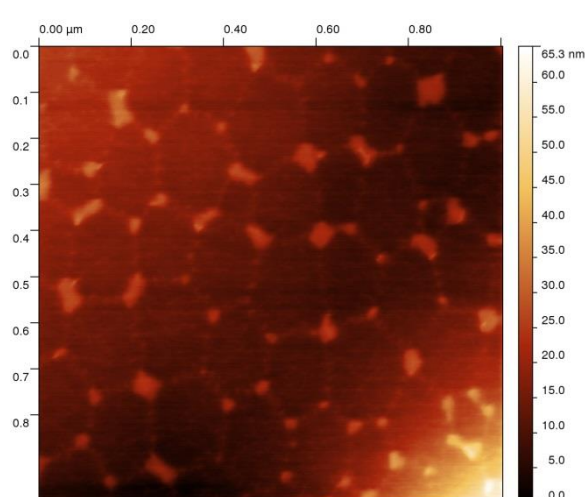
Obr. 13 Povrch Weber Podklad A



Obr. 14 Povrch PCI Gisogrund



Obr. 15 Povrch Uzin PE 360



Obr. 16 Povrch Supergrund D4

4.4.5. Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou

Soudržnost vrstev je rozhodující parametr, který ukazuje, jestli penetrační nátěr dokáže zlepšit mechanické vlastnosti na rozhraní primární povrch-penetrační nátěr-cementová stěrka. Výsledky pro primární nasákavý povrch jsou uvedeny v tabulce 7, pro primární povrch nenasákavý v tabulce 8 a rovněž jsou vyobrazeny v grafu 4.

Je patrné, že zkoušené penetrační nátěry nevykazují žádné zlepšující mechanické vlastnosti pro aplikaci cementové stěrky a jejich přídržnosti k primárnímu povrchu, vyhodnocení pro jednotlivé povrchy je uvedeno níže.

- **Nasákavý povrch (beton broušený)**

Z naměřených výsledků je patrné, že žádný z testovaných penetračních nátěrů nedokáže zlepšit přídržnost vrstev v systému

primární povrch (keramická dlažba glazovaná)-cementová stěrka. Při použití penetračního nátěru byla přídržnost vrstev 2,4 až 3,2 MPa. Bez použití nátěru byla střední naměřena hodnota přídržnosti 3,1 MPa.

- **Nasákavý povrch (keramická dlažba glazovaná)**

Pouze u čtyř výrobků bylo možno vytvořit nátěr, který by se nestahoval a netvořil nehomogenní film. Hodnoty přídržnosti se pohybovaly od 1,5 do 1,9 MPa pro systém s penetračním nátěrem. Pro nenapenetrované rozhraní keramická dlažba-cementová stěrka kolísala hodnota naměřených přídržností od 0,8 MPa do 2,4 MPa.

Tabulka 7 Soudržnost na nasákavém povrchu

Název vzorku	PP-PN-CS					PP-PN				
	Odtřhová pevnost			$\bar{x}$	s	Odtřhová pevnost			$\bar{x}$	s
	[MPa]					[MPa]				
Sika Level -01 Primer	1,92	3,31	3,26	2,83	0,79	3,07	2,88	2,72	2,89	0,18
Místo porušení	EL/CS	PP	PP			PP	PP	PP		
Sikagard - 552W	2,27	2,73	2,39	2,46	0,24	2,52	2,38	2,56	2,49	0,09
Místo porušení	PP	PP	PP			PP	PP	PP		
Sika Primer -20W	3,34	3,5	3,51	3,45	0,10	2,38	2,40	2,49	2,42	0,06
Místo porušení	CS/PP	CS/PP	CS/PP			PN/PP	PN/PP	PN/PP		
Sika Primer -21W	1,92	2,45	2,86	2,41	0,47	2,32	2,24	2,20	2,25	0,06
Místo porušení	PP	PP	PP			PP	PP	PP		
Primer G	3,20	2,8	3,08	3,03	0,21	2,60	2,31	2,81	2,57	0,25
Místo porušení	PN/PP	PN/PP	PN/PP			PN/PP	PN/PP	PN/PP		
Ceresit CT 17	3,45	3,1	3,01	3,19	0,23	2,64	3,01	2,63	2,76	0,22
Místo porušení	EL/CS	PP	CS/EL			PP	PP	PP		
Weber podklad A	3,34	2,88	3,22	3,15	0,24	3,04	2,87	2,77	2,89	0,14
Místo porušení	EL/CS	EL/CS	EL/CS			PN/PP	PN/PP	PN/PP		
PCI Gisorund	2,85	2,87	2,71	2,81	0,09	2,71	2,58	2,64	2,64	0,07
Místo porušení	PP	PP	PP			PP	PP	PP		
Uzin PE 360	3,07	2,85	3,02	2,98	0,12	2,45	2,07	2,16	2,23	0,20
Místo porušení	CS/S	CS /S	CS /S			PN/PP	PN/PP	PN/PP		
Supergrund D4	3,07	3,11	3,29	3,16	0,12	2,58	1,89	2,36	2,28	0,35
Místo porušení	CS/PP	CS/PP	CS/PP			PN/PP	PN/PP	PN/PP		
Povrch bez penetrace	2,55	3,66	3,01	3,07	0,56					
Místo porušení	EL/CS	EL/CS	PP							

Legenda zkratk a symbolů v tabulce 7:

PN.....Penetrační nátěr

CS.....cementová stěrka

PPprimární povrch (beton broušený)

$\bar{x}$ střední hodnota

s směrodatná odchylka

EL epoxidové dvousložkové lepidlo

Tabulka 8 Soudržnost na nenasákavém povrchu

Název vzorku	PP-PN-CS					PP-PN				
	Odtřhová pevnost			$\bar{x}$	s	Odtřhová pevnost			$\bar{x}$	s
	[MPa]					[MPa]				
Sika Level -01 Primer	1,39	1,17	1,71	1,44	0,38		>2,23			
Místo porušení	CS/PN	CS/PN	CS/PN			Destr.	Destr.	Destr.		
Sikagard - 552W	2,22	2,11	3,71	2,68	0,89	2,98	3,08	3,02	3,03	0,05
Místo porušení	CS/PP	CS/PP	CS/PP			EL/PP	PP	PP		
Sika Primer -20W	1,63	1,37	1,42	1,47	0,14		>1,43	>1,23		
Místo porušení	CS/PN	CS/PN	CS/PN			Destr.	Destr.	Destr.		
Sika Primer -21W	1,35	2,55	1,78	1,89	0,61	>4,62				
Místo porušení	CS/PN	CS/PN	CS/PN			Destr.	Destr.	Destr.		
Primer G	0,77	2,13	0,78	1,23	0,78		>1,57	>1,36		
Místo porušení	CS/PP	CS/PP	CS/PP			Destr.	Destr.	Destr.		
Ceresit CT 17	1,64	2,08	2,34	2,02	0,35	3,51	1,77	3,79	3,02	1,09
Místo porušení	EL/CS	EL/CS	EL/CS			EL/PP	EL/PP	EL/PP		
Weber podklad A	0,88	0	1,36	0,75	0,69	1,75	2,71	2,85	2,44	0,60
Místo porušení	CS/PN	CS/PN	CS/PN			EL/PP	EL/PP	EL/PP		
PCI Gisorund	1,93	1,53	1,77	1,74	0,20	2,13	1,03	1,94	1,70	0,59
Místo porušení	EL/CS	CS	CS/PN			EL/PP	EL/PP	EL/PP		
Uzin PE 360	1,60	1,1	1,98	1,56	0,44	1,42	1,23	1,31	1,32	0,10
Místo porušení	CS/PP	CS/PP	CS/PP			PN/PP	PN/PP	EL/PP		
Supergrund D4	1,86	1,29	1,76	1,64	0,30		>1,35			
Místo porušení	CS/PN	CS/PN	CS			Destr.	PN/PP	Destr.		
Povrch bez penetrace	1,41	2,77	2,87	2,35	0,82					
Místo porušení	CS/PP	CS/PP	CS/PP							

Legenda zkratk a symbolů v tabulce 8:

PN.....Penetrační nátěr

CS.....Cementová stěrka

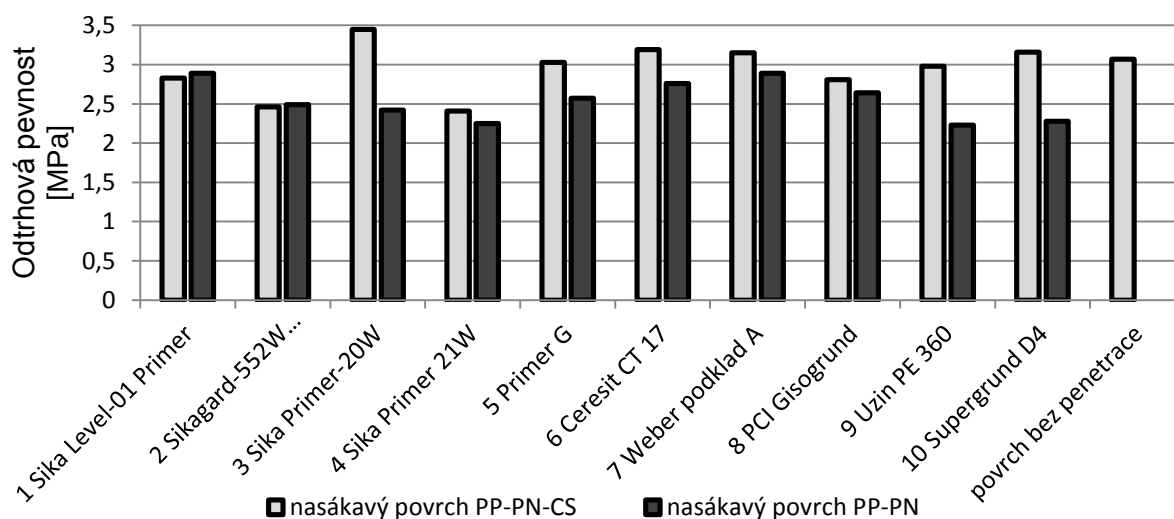
PPPrimární povrch (keramická dlažba glazovaná)

ELEpoxidové dvousložkové lepidlo

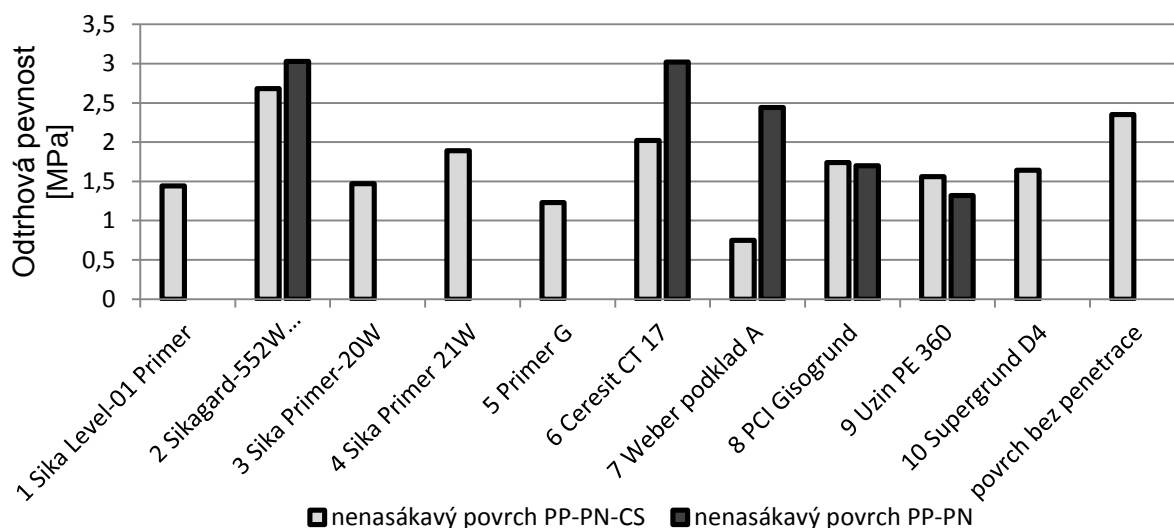
$\bar{x}$Střední hodnota

sSměrodatná odchylka

Destr.Keramická dlažba porušena lomovým ohybem během měření (destrukce)



Graf 6 Odtrhové pevnosti pro nasákavý povrch (beton broušený) [MPa]



Graf 7 Odtrhové pevnosti pro nenasákavý povrch (glazovaná keramická dlažba) [MPa]

4.5. Vyhodnocení a diskuze výsledků:

Bylo zkoušeno deset jednokomponentních primárních nátěrů s cílem stanovit fyzikálně-mechanické vlastnosti, jejich složení a některé chemické vlastnosti. Cílem bylo ověřit jejich účinnost, vydatnost a jejich synergický efekt v systému primární povrch-penetrační nátěr-samonivelační stěrka na bázi cementu. S ohledem na výsledky stanovené výše uvedenými zkouškami je možné usuzovat následující:

Přítomnost penetračního nátěru ve výše zmiňovaném systému pro zlepšení přídržnosti jednotlivých vrstev se neprokázala. Výsledky stanovení soudržnosti odtrhoměrem Proceq Dyna Z-6 na nenasákavém povrchu i na povrchu nasákavém neprokázaly ani výrazné zhoršení mechanické přídržnosti jednotlivých vrstev systému. Z tohoto úhlu pohledu se přítomnost penetračního nátěru v této aplikaci cementové samonivelační vrstvy jeví jako zbytečná. Toto tvrzení může být v jistém ohledu zavádějící, jelikož při aplikaci cementové stěrky na primární nasákavý povrch může dojít k absorpci vody do primárního povrchu. Cementová stěrka může být vystavena nebezpečí ztráty záměsové vody a tvorbě trhlin. Nenapenetrovaný povrch také může obsahovat vzduchové póry, které se během vytvrzování cementové samonivelační stěrky mohou uvolnit a způsobit porušení její struktury a tvorbou vzduchových bublinek na povrchu. Po vytvrzení mohou vzniknout z těchto pórů místní imperfekce, které ovlivňují mechanickou odolnost stěrky tak i estetiku povrchu samonivelační stěrky. Prokázání těchto jevů v laboratoři s přihlédnutím k vybavenosti laboratoře bez možnosti simulace v reálném prostředí nebylo provedeno.

Testované primární nátěry jsou z chemického hlediska tvořeny různým typem polymeru. Většina byla složena ze styren-akrylátové, ale rovněž byla zastoupena čistě akrylátová, styren-butadienová nebo epoxidová pryskyřice. Při porovnání druhu polymeru použité v disperzi nebyly shledány žádné výrazné rozdíly v mechanických vlastnostech, a co se aplikace nátěru týče. Při uvážení tohoto faktu se jeví jako nejlépe zvolené chemické složení na bázi styren-akrylátu, jelikož pravděpodobná ekonomická náročnost výroby čistých akrylátů i epoxidových pryskyřic je vyšší.

Průměrná hodnota velikosti částic se pohybovala v řádu 100-150 nm. Nebyla zjištěna přímá souvislost mezi velikostí částic a vlivem na přídržnost systému. Jediný vliv na správné fungování vrstvy je vytvoření souvislé, co nejvíce homogenní vrstvy. Výrobky Uzin PE 360 a Weber Podklad A nevytvořily souvislou vrstvu filmu, tvořily shluky částic za dané relativně nízké teploty aplikace a vysoké relativní vlhkosti která panuje v podmínkách zkušební laboratoře. Možná příčina je také v nedostatečném odpěnění těchto disperzí, které při aplikaci měly tendenci k tvorbě bublin a pěny. Další příčinou tvorby nesourodého filmu je nedostatečně vysoká minimální filmotvorná teplota. U aplikací prováděných za vyšších teplot (například v létě), by tento jev nemusel u těchto výrobků nastat.

Bylo zjištěno, že fyzikálně-chemické vlastnosti jako hustota, pH, viskozita a absorpce vody nemají přímý vliv na přídržnost systému.

5. Závěr:

Hlavním cílem mé bakalářské práce bylo zpracovat teoretický základ problematiky použití penetračních nátěrů pro cementové povrchy a popsat charakteristiku penetračních nátěrů složených z polymerních disperzí. Tyto disperze, nejčastěji vodné, jsou svým složením vhodně navrženy tak, aby při našich zeměpisných podmínkách byly schopny vytvořit film, jenž po vytvrzení vytvoří vhodný spojovací můstek pro aplikaci finálního cementového povrchu.

Experimentální část práce měla za úkol posloužit firmě Sika CZ, s.r.o. a celé společnosti Sika AG, Switzerland jako podklady pro další vývoj v oblasti penetračních nátěrů. Úkolem bylo determinovat společné vlastnosti penetračních nátěrů určených pro různé aplikace a zjistit, jestli jsou vhodné pro konkrétní použití při aplikaci cementových samonivelačních stěrtek. Rovněž zde byl požadavek na prozkoumání výrobků konkurence. Z naměřených výsledků společnost zváží možnost zúžit své široké portfolio nabídky penetračních nátěrů, popřípadě modifikovat složení svých výrobků pro zvýšení jejich kvality a cenové konkurenceschopnosti.

Během experimentální části došlo k objevení zajímavé skutečnosti. Výrobci deklarovaná tvorba spojovacího můstku mezi podkladem a finálním povrchem (kterou má zajistit vrstva vytvrzeného penetračního nátěru), se nepotvrdila. Ukázal to soubor odtrhových zkoušek, provedených na deseti penetračních nátěrech, které jsou dostupné na trhu EU. Mohlo by se zdát, že není nutné použít penetrační nátěr pro přípravu podkladu, před aplikací finálního cementového povrchu. Tato domněnka není úplně pravdivá. Penetrační nátěr vytváří určité rozhraní mezi podkladem a cementovou stěrkou. Může tím zamezit transportu záměsové vody z čerstvého cementového finálního povrchu do podkladu. Dále může zlepšovat smáčení podkladu, čímž lze potlačit tvorbu bublinek a imperfekcí ve finálním povrchu. Tyto popisované funkce na rozdíl od soudržnosti systému nelze účinně a plnohodnotně simulovat v podmínkách laboratoře. Výše popisované funkce penetračních nátěrů jsou ověřeny v praxi.

Seznam použitých zdrojů:

- [1] CEHULA D. *Rekonstrukce podlah*; nakladatelství ERA 2007; ISBN 978-867366-102-1.
- [2] NOVOTNÁ A. *Polymerní systémy ochrany betonových podlah*. Brno, 2012. s 24. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Ing. Vít Petránek, Ph.D..
- [3] *Technologie syntetické podlahy* [online]. [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: http://lenachemical.com/soubory/files/technologie_syntetick%C3%A9_podlahy_cz.pdf
- [4] *Proč penetrujeme?* [online]. [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: www.polymercolor.cz
- [5] PĚNČÍK J., LAVICKÝ M., ŠMÍD P. *Poruchy průmyslových podlah. Příspěvek XV. mezinárodní konference soudních znalců*. 2006, s. 5. Dostupné z: <http://www.soudniinzenyrstvi.cz/archiv/docs/si-2006-02-105-109.pdf>
- [6] KOVALČÍKOVÁ H., *Vliv změn v pórové struktuře betonu na aktuální trvanlivost ŽB a předpjatých konstrukcí*. Brno, 2011. s. 16-20, 97 s., 22 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce prof. Ing. Jiří Adámek, CSc.
- [7] *Práce s disperzemi – teoretická část*. In: *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_prace_s_disperzemi/teorie.htm
- [8] URBAN D., TAKAMURA K. *Polymer dispersions and their industrial applications*. Weinheim: Wiley-VCH, c2002, s. 41-68. ISBN 3-527-30286-7.
- [9] PENZEL E. *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*. 5., compl. rev. ed. Weinheim [u.a.]: VCH, 1992, s. 267-288. ISBN 35-272-0121-1.
- [10] ČSN ISO 758. *Kapalně chemické výrobky pro průmyslové použití – Stanovení hustoty při 20 °C*. 2000.
- [11] BARTOVSKÁ L., ŠIŠKOVÁ M., *Co je co v povrchové a koloidní chemii* [online]. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2005 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/grafy/viskozita_disperznich_systemu.1.graph.html
- [12] BARTOVSKÁ, L. *Disperzní soustavy* [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/fch/cz/pomucky/bartovska/09-Disperze.pdf>
- [13] PIRKL, S. *Reologie a reometrie kapalin*. In: *Univerzita Pardubice: Ústav aplikované fyziky a matematiky, Studijní literatura* [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://kf.upce.cz/Reologie%20a%20reometrie%20kapalin.doc>
- [14] KUSÁK, I. *AFM mikroskop*. In: [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/AFM_mikroskopie.pdf
- [15] BŘEŇ D.; KULHÁNEK P., *Pikoškály aneb jak uvidět atom*, ALDEBARAN BULLETIN, 27/2004, ISSN 1214-1674, [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: http://aldebaran.cz/bulletin/2004_27_pic.html
- [16] WIELGOSZEWSKI G. *AFM schematic (EN).svg*. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2011. vyd. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:AFM_schematic_%28EN%29.svg

- [17] SLÁDEK P., *O mikroskopech*, Oborové novinky, Submodul (2)-(2.1)-(2.1.6), [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://svp.muni.cz/ukazat.php?docId=39>
- [18] VACHA F. Centrifugační metody. In: <http://www.umbr.cas.cz/~vacha/> [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.umbr.cas.cz/~vacha/Vyuka/Metody/5hod%20Centrifugace.pdf>
- [19] ŠŇUPÁREK J., FORMÁNEK L. *Vodné Disperze Syntetických Polymerů* 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1979.
- [20] FTIR Spectroscopy: Attenuated Total Reflectance (ATR). [online]. [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://www.utsc.utoronto.ca/~traceslab/ATR_FTIR.pdf
- [21] ČSN EN 1542. *Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou.*
- [22] ČSN EN 13892-8. *Zkušební metody potěrových materiálů - Část 8: Stanovení přídržnosti.*

Seznam tabulek:

Tabulka 1 Penetrační nátěry, jež byly předmětem zkoušek	2
Tabulka 2 Množství sušiny	27
Tabulka 3 Spotřeba nátěru pro pórovitý povrch.....	28
Tabulka 4 Celková spotřeba pro neporézní povrch.....	29
Tabulka 5 Hustota, viskozita, absorpce vody.....	30
Tabulka 6 Střední velikost částic	32
Tabulka 7 Soudržnost na nasákavém povrchu	35
Tabulka 8 Soudržnost na nenasákavém povrchu	36

Seznam obrázků:

Obr. 1 Stan. krit. povrch. napětí γ_C pro polymerní filmy při použití Zismanovy metody [4]..	12
Obr. 2 Závislost smykového napětí τ / viskozity η na gradientu smykové rychlosti D	13
Obr. 3 Schéma kmitu pružného raménka na konci osazeného cantivelerem [13]	16
Obr. 4 Schéma AFM, detekce výchylky pružného raménka pomocí laseru [14]	17
Obr. 5 Schém. znázornění anal. ultracentrifugy pro dva druhy detekčního zařízení [4]	18
Obr. 6 FTIR spektroskopie, princip vedení infračerveného paprsku vzorkem [18]	21
Obr. 7 Povrch Level - 01 Primer	28
Obr. 8 Povrch Sikagard-552W	28
Obr. 9 Povrch Primer-20W	28
Obr. 10 Povrch Primer-21W	33
Obr. 11 Povrch Primer G	29
Obr. 12 Povrch Ceresit CT 17	29
Obr. 13 Povrch Weber Podklad A.....	29
Obr. 14 Povrch PCI Gisogrund	34
Obr. 15 Povrch Uzin PE 360	29
Obr. 16 Povrch Supergrund D4.....	34

Seznam grafů:

Graf 1 Obsah sušiny v disperzích [%]	27
Graf 2 Celková spotřeba sušiny pro pórovitý a neporézní povrch	29
Graf 3 Hustota disperzí měřená pyknometricky [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	31
Graf 4 Střední velikost částic [nm]	32
Graf 5 Střední velikost částic [nm] a absolutní směrodatná odchylka	32
Graf 6 Odtrhové pevnosti pro nasákavý podklad s cem. stěrkou nebo bez [MPa]	37
Graf 7 Odtrhové pevnosti pro nenasákavý podklad s cem. stěrkou nebo bez [MPa]	37

Seznam použitých zkratk a symbolů:

V práci jsou standardně užívané zkratky fyzikálních veličin a jejich jednotek. Většina zkratk je objasněna pro lepší orientaci přímo v textu nebo v poznámce pod čarou.

ON organizační norma, interní norma firmy Sika CZ, s.r.o.

ČSN česká technická norma

ČSN EN..... česká norma přejatá z evropské technické normy

ČSN EN ISO česká norma, přejatá, vytvořená Mezinárodní organizací pro normalizaci
(International Organization for Standardization)

Seznam příloh:

1) ON 708..... Stanovení obsahu sušiny	počet stran.....	2
2) ON 704 Hustota	počet stran.....	2
3) ON 718..... Viskozita	počet stran.....	2
4) ON 703..... Výtoková doba	počet stran.....	2
5) ON 705..... Povrchové zasychání.....	počet stran.....	2
6) ON 720..... Stanovení pH.....	počet stran.....	2
7) ON 714..... Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou	počet stran.....	3
8) Fotodokumentace odtrhových zkoušek s viditelným místem porušení	počet stran.....	11

Přílohy počet stran celkem..... 26