



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ARCHITEKTURY

ÚSTAV STAVITELSTVÍ II.

ING. MONIKA UTĚŠENÁ

**PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ PROBARVENOST
POHLEDOVÉHO BETONU**

TEZE K DISERTAČNÍ PRÁCI

ŠKOLITEL: ING. RADKA PERNICOVÁ PH.D.

DOKTORSKÝ STUDIJNÍ PROGRAM: ARCHITEKTURA A URBANISMUS

PRAHA, 2022

ABSTRAKT

Výzkumná práce definuje atributy probarvovaného pohledového betonu, přičemž není omezena pouze na čas "0", tedy čas, kdy je beton po vytvrzení odbedněn, ale zkoumá a monitoruje také tendence vizuální proměny jeho povrchu v průběhu několika let, po které je vystaven působení vnějších vlivů. Práce je koncipována do formy vycházející z potřeb architekta, investora, developera a ostatních účastníků stavebního procesu.

První část je souhrnnou rešerší problematiky pohledových betonových konstrukcí s orientací na probarvované betony. Součástí této rešerše je zmapování pohledového betonu v soudobé architektuře v zahraničí i České republice se zaměřením na pohledové plochy jednotlivých konstrukcí. Druhá část práce je věnována analýze výsledků dlouhodobého monitoringu probarvovaných betonových vzorků - desek, které byly vystaveny účinkům vnějších vlivů v exteriéru.

Naplnění cílů definovaných v bodě 02. této disertační práce by nebylo úplné bez snahy zapojení budoucích architektů - studentů Fakulty architektury a širší veřejnosti se zájmem o beton v architektuře do výzkumného procesu a vzdělávání v podobě workshopů a komentovaných exkurzí, které probíhaly paralelně po celou dobu výzkumu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Probarvovaný beton, beton v architektuře, pigmenty, pohledový beton, barevná stálost, degradace betonu

OBSAH

01	ÚVOD	9
02	FORMULACE CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE	13
	02.1 METODA VÝZKUMU A PŘÍSTUP K NAPLNĚNÍ CÍLŮ	16
03	PŘEHLED SOUČASNÉ PROBLEMATIKY	19
	03.1 PROBARVOVANÝ BETON A JEHO SPECIFIKA	23
	03.2 PROMĚNA (PROBARVENÉHO) BETONU V PRŮBĚHU ČASU	27
04	PROBARVOVANÝ BETON V ARCHITEKTUŘE	33
	04.1 PROBARVOVANÝ BETON V ZAHRANIČNÍ ARCHITEKTUŘE	34
	04.2 PROBARVOVANÝ BETON V ČESKÉ REPUBLICE	42
05	EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM	51
	05.1 VÝROBA A MONITORING EXPERIMENTÁLNÍCH BETONOVÝCH DESEK	52
	05.2 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍHO OBJEKTU	58
06	ZÁVĚR	61
07	LITERATURA A ZDROJE	65

01

ÚVOD

“ Pracujete -li s betonem, musíte znát přírodní zákony, musíte znát podstatu betonu, co beton skutečně udělá. “

Louis Kahn “I Love Beginnings.” In Latour 1991:288.

V soudobé světové architektuře, České republiky včetně, můžeme registrovat příbytek realizací, jejichž výraz dotváří probarvovaný pohledový beton. Nejedná se jen o monolitické konstrukce, kde konstrukční funkci betonu je jeho probarvením připojena estetická složka, která má beton “povýšit” na materiál hodnotnějších kvalit. Časté je také použití prefabrikovaných fasádních probarvovaných betonových panelů, které mají plnit funkci čistě estetickou.

Estetický potenciál použití probarvovaného betonu je však v časté míře narušen neznalostí a nedostupností komplexních informací týkajících se parametrů, které ovlivňují výsledný vzhled povrchu probarveného betonu a také nedorozumněním mezi jednotlivými účastníky stavebního procesu již ve fázi zadání projektu.

Budova není ukotvena v čase slavnostního předání, přirozeně stárne, povrch betonu se svou exponovaností účinkům vnějších vlivů rychle proměňuje, nad čímž je důležité přemýšlet již v samotném počátku tvůrčího procesu a tímto zabránit neuspokojeným očekáváním, jejichž důsledkem jsou předčasná bourání stavebních konstrukcí, nákladné opravy a nezdárka kdy improvizace v podobě zakrytí betonového díla jiným stavebním materiálem.

Naplnění cílů definovaných v bodě 02. této disertační práce by nebylo úplné bez snahy zapojení budoucích architektů - studentů Fakulty architektury a širší veřejnosti se zájmem o beton v architektuře do výzkumného procesu a vzdělávání v podobě workshopů a komentovaných exkurzí, které probíhaly paralelně po celou dobu výzkumu.

02

FORMULACE CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE

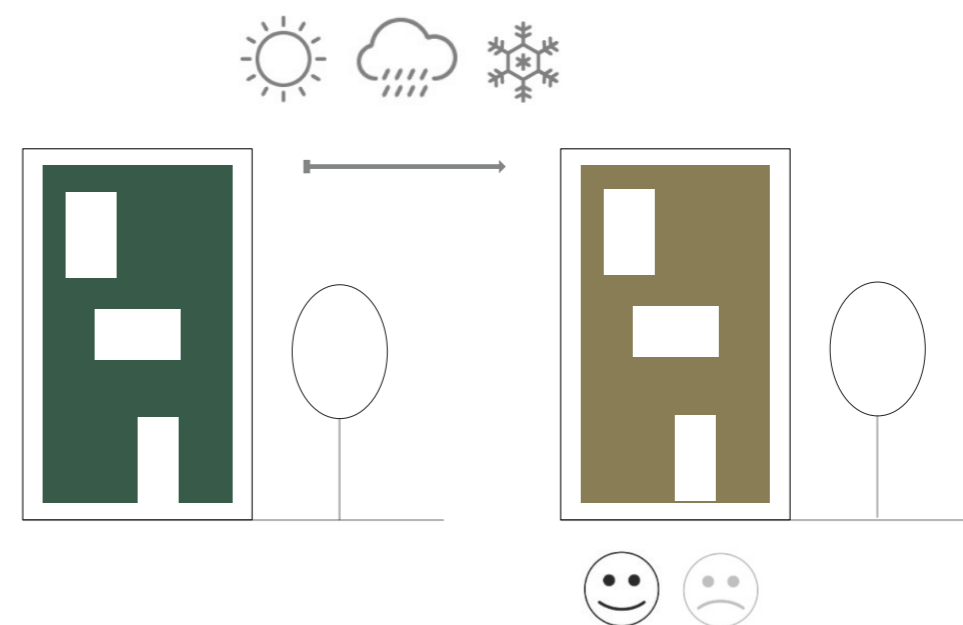
“Materiál je základem architektury a možná by se člověk příliš nemýlil, kdyby definoval architekturu jako umění stavět vhodně s vhodným materiálem“

William Morris ve své eseji The Influence of Building Materials on Architecture, 1892

Primárním cílem disertační práce je vytvoření souhrnného podkladu / vodítka pro architekty, projektanty, designéry, investory, který obsáhne problematiku probarvovaných betonových konstrukcí v celém svém kontextu a zahrne rovněž dlouhodobý časový horizont po který jsou stavby z probarveného betonu vystaveny účinkům vnějších vlivů.

V rámci výzkumu je zkoumán vliv jednotlivých proměnných, které vstupují do procesu výroby probarvovaného betonu na estetický dojem z jeho povrchu. Důraz je kladen především na rovnoměrnost a sytost barvy, výskyt estetických anomálií u jednotlivých barev pigmentů a sledována jejich tendence k proměně v čase, která vyplývá především z absence krycí vrstvy, kdy jsou pohledové plochy přímo vystaveny účinkům vnějších vlivů (působení vody, střídání teploty, působení agresivních vod, plísní). Tito vnější činitelé jsou častou příčinou vizuálních degradací, například změny barvy, výkvětů či skvrn, které jsou u architektonických betonů vzhledem k jejich výrazné estetické roli nežádoucí.

Při znalostech parametrů, které ovlivňují výsledný vzhled a výskyt estetických anomálií na povrchu probarvovaného betonu v okamžiku odebudnění a v dlouhodobém časovém horizontu po vystavení konstrukce účinkům vnějších vlivů bude možné nevyhnutelné estetické “anomálie”, které vychází z přirozené podstaty betonu predikovat již před samotným návrhem, této skutečnosti jej přizpůsobit a minimalizovat tak riziko nespokojenosti.



△ Obr. 1 Vizuální schéma cílů disertační práce

02.1 METODA VÝZKUMU A PŘÍSTUP K NAPLNĚNÍ CÍLŮ

Metoda výzkumu disertační práce je koncipována do 2 samostatných částí, které se vzájemně propojují.

TEORETICKÁ ČÁST

První, teoretická, část vychází z rešerše odborné literatury, vědeckých publikací, případových studií, rozhovorů s architekty a technologi a analyzuje zahraniční a český přístup k realizaci staveb z probarveného pohledového betonu. Tato rešerše odhaluje potenciál a možnosti povrchových úprav probarveného betonu v kontextu přístupu jednotlivých architektů, jejich motivace k použití probarveného betonu a zároveň upozorňuje na možné komplikace, které jsou s použitím tohoto materiálu spojeny.

PRAKTICKÁ ČÁST

Druhou, praktickou, částí je experimentální výzkum, který na základě analýzy prakticky ověřuje informace a data získané z teoretické části a v návaznosti na nově získané poznatky je doplňuje.

Stěžejní částí tohoto výzkumu byla výroba experimentálních desek z probarveného betonu s použitím různě barevných pigmentů, které byly po dobu tří let vystaveny účinku vnějších vlivů v exteriéru a monitorována jejich vizuální proměna.

Na tuto část volně navázal projekt Archibeton - popularizace pohledového betonu v architektuře. Edukace studentů - budoucích architektů probíhala paralelně s výzkumem. Předpoklad kvalitního výsledku vychází z dobré orientace architekta v této problematice. Semináře a komentované prohlídky byly přístupné také pro širokou veřejnost, jelikož sebelepší záměr architekta může být pozitivně / negativně vnímán skrze (ne) vědomost pozorovatele.

TEORETICKÁ ČÁST



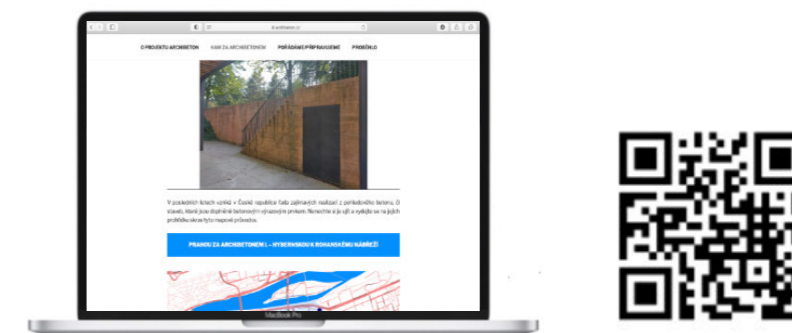
△ Obr. 2 Souhrn informací z případových studií a léty prověřenou výstavbou [48,60,56,73]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST



△ Obr. 3 Výroba experimentálních vzorků a následné schéma měření proměny barevnosti v průběhu času

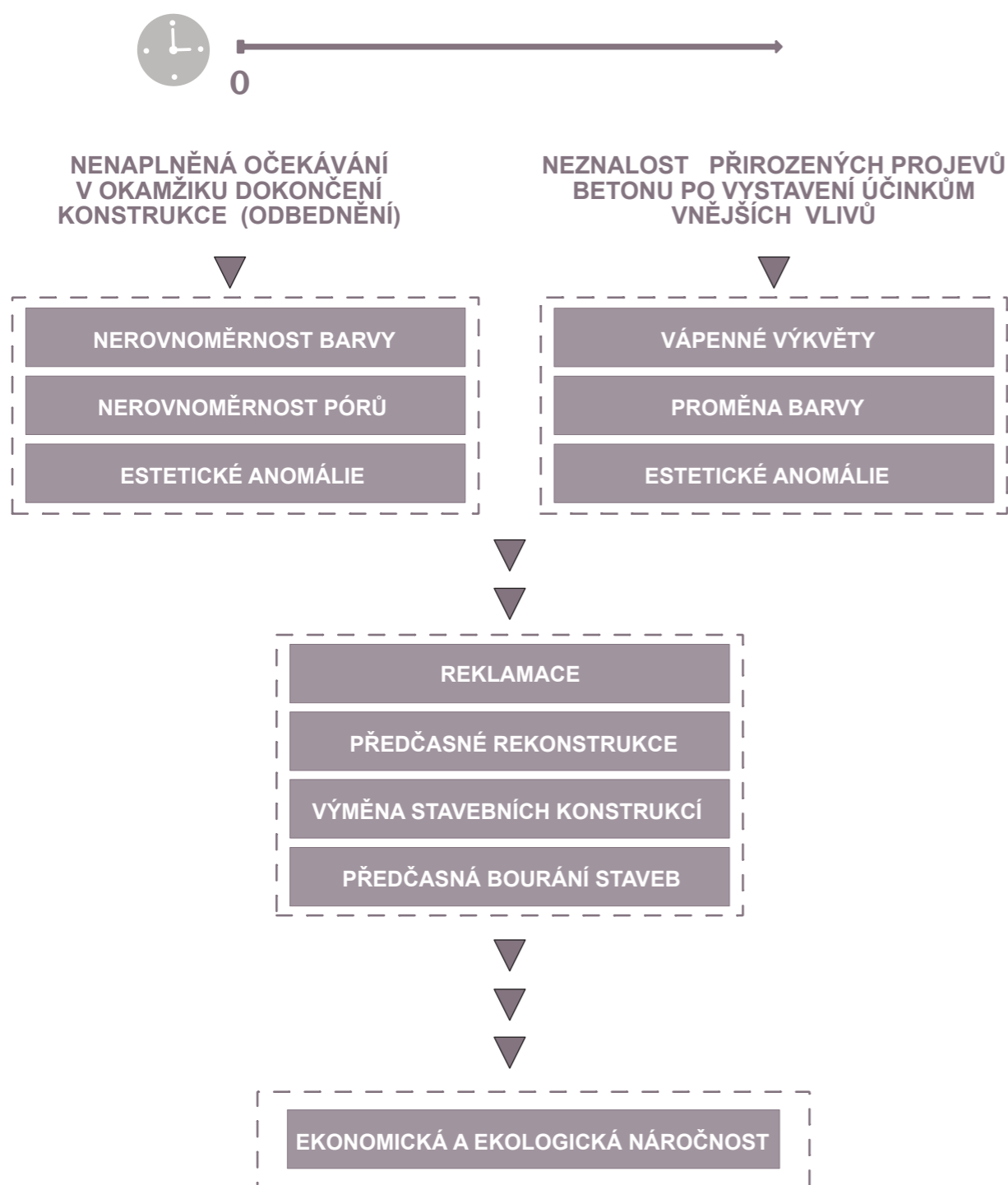
POPULARIZACE PROBARVENÝCH BETONŮ



△ Obr. 4 Informace a fotografie z komentovaných prohlídek, workshopů a mapový průvodce po architektuře z pohledového betonu jsou publikovány na webových stránkách archibeton.cz

03

PŘEHLED SOUČASNÉ PROBLEMATIKY



△ **Obr. 5** Schéma problematiky probarvovaných pohledových betonů v architektuře

Beton v architektuře, architektonický beton, beton pohledový, přirozeně šedý, či probarvený pigmenty neplní pouze funkci konstrukční, ale je také výrazovým prvkem. Exponovaný zraku člověka i účinkům vnějšího prostředí, nezakrytý a nechráněný jiným materiálem je, navzdory svým limitům, v soudobé architektuře pro svůj určitý estetický potenciál široce využíván. Nutno dodat, často je také předmětem kritiky a nenaplněných ambicí.

Návrh a provedení architektonického díla z pohledového betonu je poměrně složitý proces, který, jak prezentuje řada sporů současné stavební praxe, není vždy jednoduché převést v úspěšnou realizaci a spokojenost s její vizuální kvalitou v čase odbednění i v dlouhodobém časovém horizontu. Tato spokojenost, respektive nespokojenost přitom vychází převážně z nereálných očekávání, která vyplývají z nevědomosti chování a přirozené podstaty betonu [1].

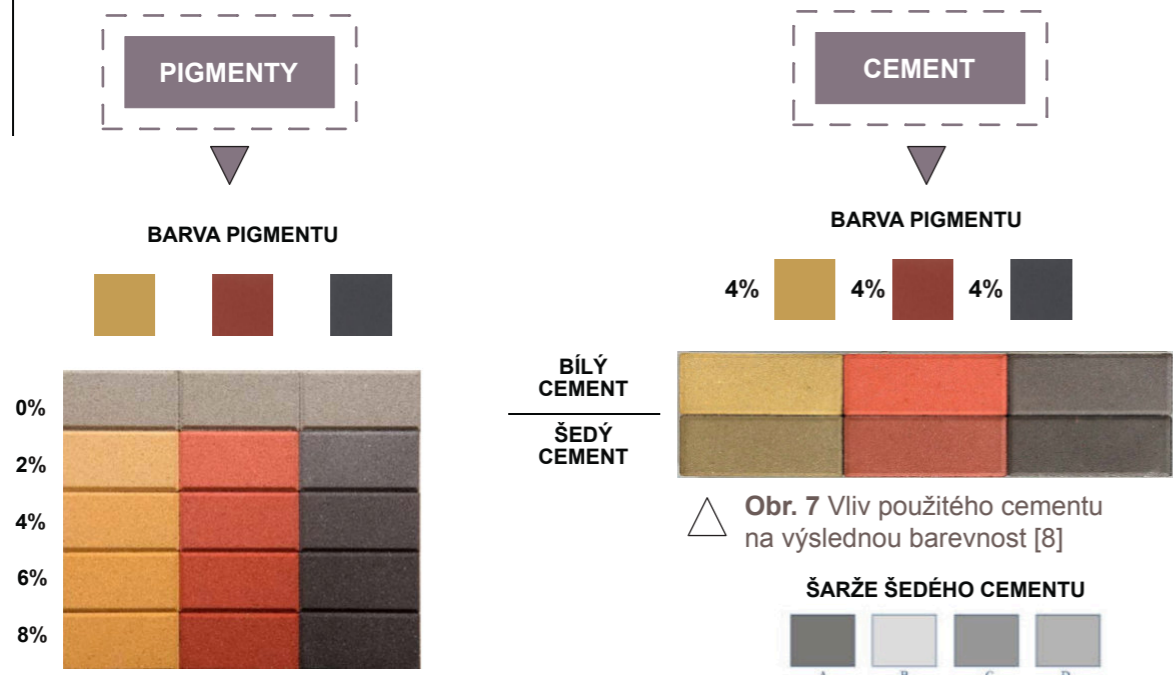
Vzhledem k absenci krycí vrstvy je beton v exteriéru přímo vystaven účinkům vnějších vlivů. Na exponované betonové plochy působí sluneční záření, dešťová i agresivní voda, střídaní teplot i mechanické namáhání. Tito vnější činitelé jsou v průběhu času příčinou proměny barvy, barevné nevyrovnanosti, vzniku vápenných výkvětů, skvrn či plísní, které nejsou vždy žádoucí a pro řadu investorů či veřejnost přijatelné [2,3].

Neuspokojená očekávání, tím více jedná - li se o beton probarvovaný, kdy je řada investorů více senzitivní k výskytu jakýchkoliv estetických anomálií vedou často k improvizaci v podobě zakrytí betonového díla jiným stavebním materiálem, předčasným bouráním stavebních konstrukcí či nákladným opravám, která jsou povětšinou jen dočasným řešením.

03.1

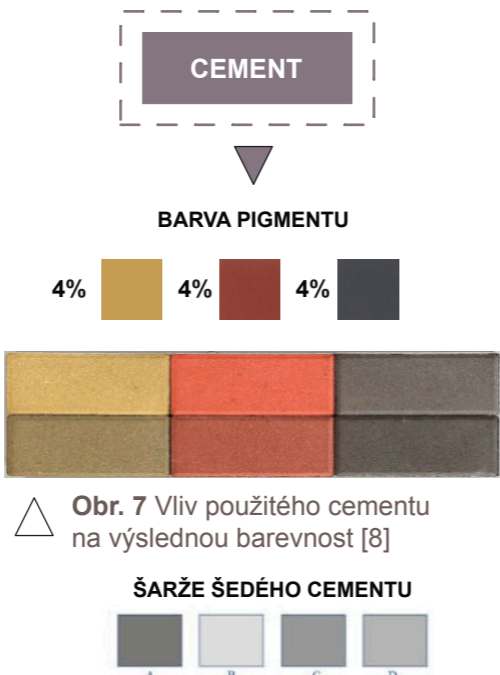
PROBAROVANÝ BETON A JEHO SPECIFIKA

VIZUÁLNÍ PŘÍKLADY VLIVU VSTUPNÍCH SLOŽEK A PARAMETRŮ NA VÝSLEDNOU BARVU VYTVRZELÉHO BETONU



Obr. 6 Vliv koncentrace pigmentu na výslednou barevnost [8]

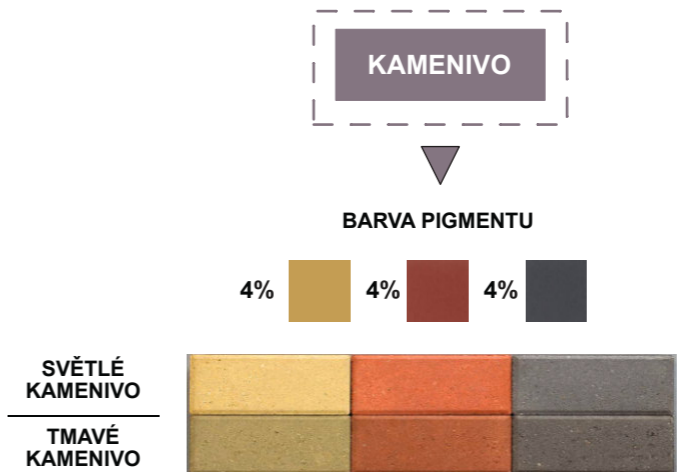
Obr. 8 Vliv šarže šedého cementu na výslednou barevnost [9]



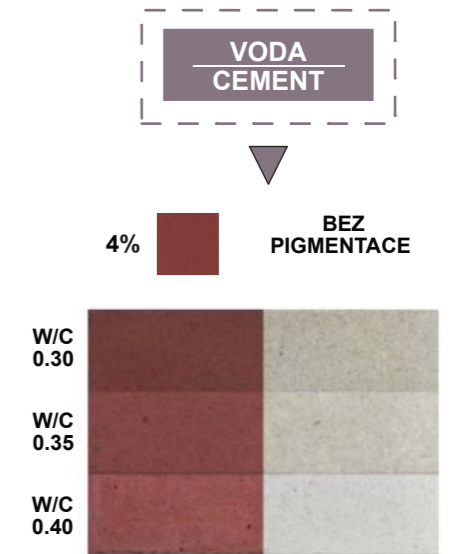
Obr. 7 Vliv použitého cementu na výslednou barevnost [8]



BETON PO VYTVRZENÍ



Obr. 10 Vliv barevnosti kameniva na výslednou barevnost [8]

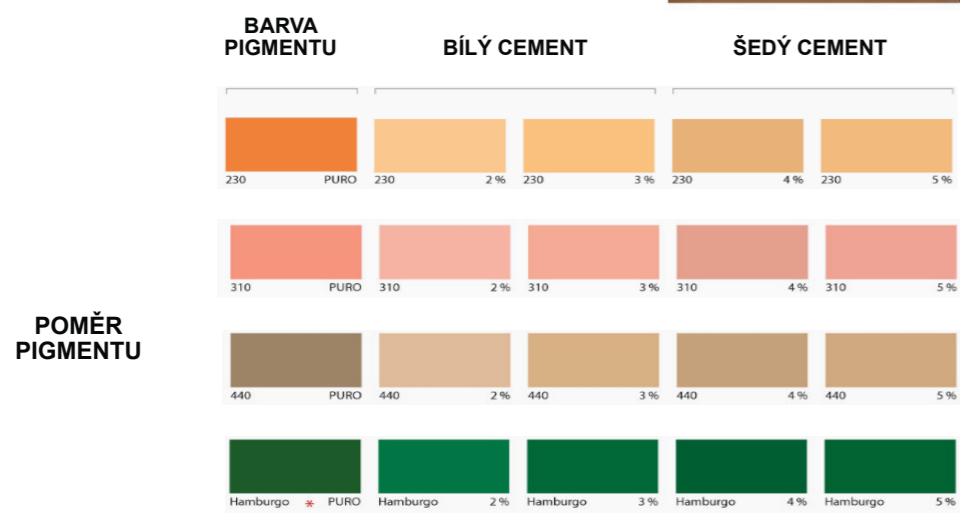


Obr. 11 Vliv vodního součinitele na výslednou barevnost [5]

Na vizuálních příkladech jsou znázorněny vlivy jednotlivých složek betonové směsi na výslednou barevnost betonu po jeho vytvrzení.

Jedním ze základních vlivů na barevnost betonu je procentuální zastoupení pigmentu v betonové směsi vztaženo na hmotnost cementu. Obr. 6 Na této vizuální ukázce je zřejmé, že barva má tendenci k proměně jen do určitého procenta přidaného pigmentu. Od 5 % přidaného pigmentu vztaženého na hmotnost cementu dochází k takzvanému barevnému nasycení. Přidání vyššího procenta baravného pigmentu než 5 % není vzhledem k ekonomické stránce a k poklesu pevnosti betonu žádoucí.

Cementová pasta má na barevnost betonu rovněž značný vliv. Obr. 7 Zásadní barevný rozdíl je zřejmý při použití bílého nebo šedého cementu. Použitím bílého cementu je možné dosáhnout pastelových odstínů. V případě černého pigmentu přidaného do betonové směsi není rozdíl markantní. Výraznou změnu v barevnosti však mohou způsobit také jednotlivé šarže šedého cementu, kterých může být celá řada v závislosti na výrobci a dodavateli cementu. Obr. 8 Po vytvrzení betonu jsou zrna kameniva obalena cementovou pastou, vliv barvy kameniva nebude mít v okamžiku odbednění na barevnost betonového povrchu výrazný vliv. Obr. 10 Dojde-li však k odloupení, či vymytí povrchové cementové vrstvy může být vliv na barevnost betonové plochy výrazný. Dalším hybatelem barevného odstínu vytvrzelého betonu je voda, respektive její poměr k obsahu cementu. Čím vyšší je vodní součinitel, tím bude dosaženo světlejšího odstínu vytvrzelého betonu. Obr. 11 [4-7].



Obr. 9 Vliv koncentrace pigmentu a druh použitého cementu na výslednou barevnost [10]

PROMĚNA (PROBARVOVANÉHO) BETONU V PRŮBĚHU ČASU

“Jako architekti často zanedbáváme, jak se budovy, které navrhujeme, vyvinou, jakmile je předáme klientům. Trávíme tolik času pochopením toho, jak lidé budou budovu využívat, že můžeme lehce opominout, jak bude využívána a jak ji bude ovlivňovat počasí. Je to nevyhnutelný a nejistý proces, který vyvolává otázku, kdy je budova vlastně dokončena; když se nastěhuje poslední kus nábytku, když se položí finální střešní taška nebo když je dokončena proměna vlivem přírody?

Přírodní síly mohou přidat na celistvosti materiálu a zjemnit jeho strohý, bezcharakterní počáteční vzhled. Toto pokračování stavebního procesu je důležité zvážit, aby se vytvořila struktura, která bude časem jen růst do krásy.

Ella Thorns, 6 Materials that Age Beautifully, 2018

Otázkou stárnutí betonu a jeho poznamenáním vnějšími vlivy v průběhu času se architekti intenzivně zabývali již v polovině dvacátého století. Adrian Forty této problematice věnuje ve své knize *Concrete and Culture: A Material History* celou kapitolu, ve které sdílí obavy a dilemata mnohých architektů z nepříjemného stárnutí betonu a jejich vyjádření, že pokud by měli toto médium používat, musí najít cestu, jak zamezit nekontrolovatelným projevům estetických anomálií, které jsou způsobeny účinky vnějšího prostředí na jeho povrchu.

Architekti ve svém “experimentování” volili řadu více či méně úspěšných strategií. Jednou z nich byl tlak na vývoj betonových prefabrikátů, který by umožnil větší kontrolu nad jejich výrobou oproti výstavbě in-situ. Snahou bylo vyrobít především méně porézní povrchy, které by byly stálější a barevně vyrovnané. Další přístup soustředil úsilí k propracovaným detailům celé budovy s cílem eliminace průtoku dešťové vody po fasádě. Dnešní doba spoléhá především na stavební chemii, jejíž aplikace by měla zajistit resistenci betonového povrchu vůči agresivním účinkům vody.

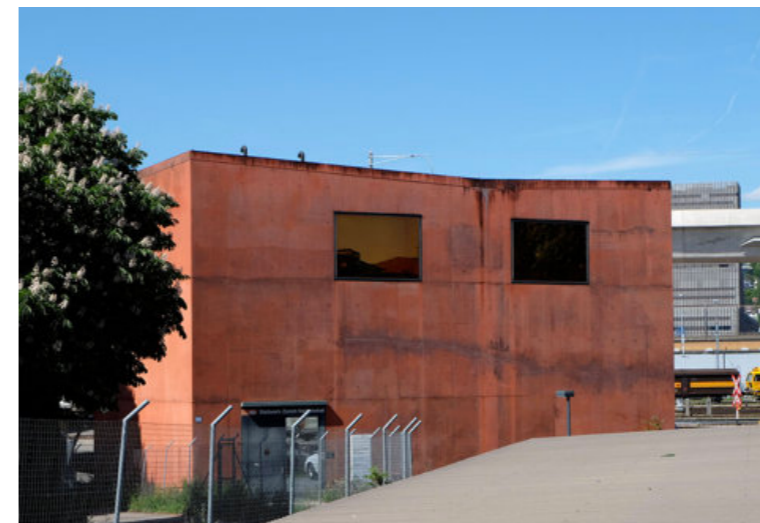
Nicméně veškeré přístupy vycházející ze snahy přírodu “obejít”, ať už se jedná o vynález “Manšestrového” efektu amerického architekta Paula Rudolpha, ve kterém se snažil odvést stékající vodu kanálky v žebrech odlitého betonu, či přístup Johna Partridge, který se soustředil na identifikaci náchylných míst a detailů v konstrukci, proti nimž bojoval například vývojem specifického tvaru oken, stejně tak aplikace ochranných nátěrů narazily na “limit” přirozenosti betonu a na skutečnost, že určitým projevům není z povahy betonu možné se zcela vyvarovat [11,12].

VÝKVĚTY A VÝLUHY



△ Obr. 12 Projevy vápenných výkvětů a bílých výluhů se staly předmětem sporů a reklamací fasádních panelů na budově Main Point v pražském Karlíně. V důsledku nespokojenosti s estetickým vnímáním byla řada panelů vyměněna

PROMĚNA BAREVNOSTI V PRŮBĚHU ČASU V ZÁVISLOSTI NA POUŽITÉM PIGMENTU A CEMENTU



△ Obr. 13 Exteriér Stavědla, záměrem bylo docílit stejné barevnosti jako rez objevující se na vlakových kolejích v přímé blízkosti [18]
Před samotnou realizací byly provedeny časově náročné zkoušky, které měly být zárukou dosažení správné barevnosti betonových stěn. V návaznosti na experimentální testování byl zvolen tmavě hnědý pigment. Navzdory počáteční, kvalitní, dlouhodobé přípravě se beton postupně po vystavení účinkům povětrnostních vlivů proměnil ze sytě červenohnědé na růžově oranžovou [17]

PROJEVY DEŠŤOVÝCH SRÁŽEK V ZÁVISLOSTI NA PROVEDENÍ STAVEBNĚ TECHNICKÝCH DETAILŮ



△ **Obr. 14** Propisující se trvalá proměna pohledových ploch červeně probarveného betonu Muzea umění Pauly Rego vlivem dešťových srážek [21]
Budova muzea je probarvena z červeně probarveného betonu se specifickou vizuální strukturou použitého bednění. Dlouhodobé účinky dešťových srážek vytvářejí na fasádě dojem prokresleného stromu



◁ **Obr. 15** Rudin House, Leymen, propisující se trvalá proměna pohledových ploch vlivem absence okapnice [19]

PROMĚNA BAREVNOSTI BETONOVÉHO POVRCHU VLIVEM OBNAŽENÍ ZRN KAMENIVA



△ **Obr. 16** Budova centra pro psychiatrickou péči pro děti a dospělé ve francouzském Metz [23]
Architektonická kancelář Richter Architectes našla v proměně barevnosti vlivem obnažení zrn kameniva pozitivum a ztvárnila tak výrazový prvek budovy centra pro psychiatrickou péči pro děti a dospělé, která má působit jakoby vycházela ze země. Exponaci zrn kameniva bylo dosaženo vysokotlakým čističem, který tlakem vody porušil vrchní pohledovou vrstvu a obnažil použitý agregát [22].

04

**PROBAROVANÝ BETON
V ARCHITEKTUŘE**

04.1

PROBARVOVANÝ BETON V ZAHRANIČNÍ ARCHITEKTUŘE



CENTRUM PSYCHIATRICKÉ PÉČE PRO DĚTI A DOSPĚLÉ

ARCHITEKT: RICHTER ARCHITECTES ET ASSOCIÉS, ROK REALIZACE: 2013, LOKACE: METZ, FRANCIE

Centrum péče pro děti a dospělé s psychickou poruchou pojali architekti z kanceláře RICHTER ARCHITECTES ET ASSOCIÉS jako kokon v brnění, který ochraňuje pacienty před vnějším světem a nabízí jim bezpečné prostředí. Svým vizuálním vnějším pojetím má budova působit jakoby vycházela ze země a byla vždy přítomna. Obálka budovy je realizována ze zeleně probarveného betonu pigmenty, jejíž povrch následně po vytvrzení betonu lokálně upravil umělec Grégoire Hespel, který vytvořil téměř archaické dílo. Jeho záměrem bylo vytvořit krajinu v krajině, odhalit podstatu použitého materiálu a vytvořit tak organický plášť. Technicky tohoto efektu dosáhl vysokotlakým čističem, kterým v momentě odbednění vytvořil erodované oblasti a odhalil použitý agregát. V některých místech byla použita minerální vlna, která byla dle návrhu Grégoire Hespela předem integrována do použitého bednění [27,28].

▽ Obr. 17 Pohled na hlavní vstupní portál budovy s exponovaným erodovaným povrchem, jehož vizuální ztvárnění je dílem francouzského umělce Grégoire Hespela [29]



Vizuální umělec francouzského původu Grégoire Hespel ztvárnil své dílo intervencí do fasády budovy, nikoliv štětcem a barvami, ale přímým zásahem do betonové konstrukce, s cílem zdůraznit zemitý charakter budovy a vytvořit tak vstup do její vnitřní části jako součást ničím nerušené procházky mezi přírodou a architekturou. Deaktivací betonového povrchu metodou hydropískování odhalil drobné barevné kamenivo, které při různém úhlu pohledu s odstupem na fasádu navozuje pocit výhledu na divokou krajinu.

Přímo na staveništi byl postaven prototyp stěny, na které Grégoire Hespel mohl provádět experimenty [27,28].

▽ **Obr. 18** Dílo umělce Grégoire Hespela, který krajinu z malířského plátna intervenoval do betonové hmoty. Hespel zasahuje do betonové hmoty ihned po odbednění, na staveništi se tak prolíná tvorba uměleckého díla a dělnická profese což je do jisté míry logisticky náročný proces [29]



△ **Obr. 19** Detaily exponované struktury betonu, které vznikly po zásahu vysokotlakého čističe. Tlak vody porušil vrchní pohledovou vrstvu a obnažil použitý agregát [29]



MEZIGENERAČNÍ BYTOVÝ DŮM

ARCHITEKT: SANDEN + HODNEKVAM ARCHITECTS, ROK REALIZACE: 2017-2020,
LOKACE: LILLEHAMMER, NORSKO

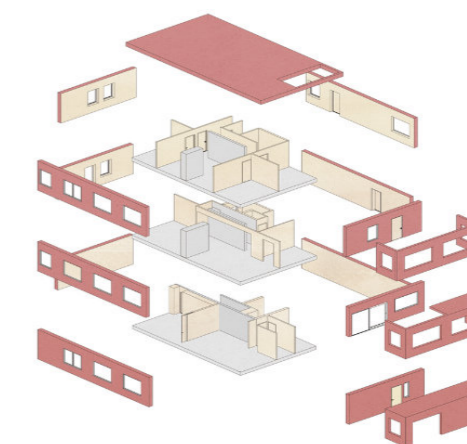
Červeně probarvený betonový dům v norském Lillehammeru je vyroben na principu opakovatelné stavebnice, která umožňuje majitelům domů realizovat velkou část stavebních prací svépomocí.

V celkové hmotě se jedná o projekt pro třígenerační rodinu. Vzhledem k relativně velkému objemu a omezenému rozpočtu se finance staly důležitým faktorem, který generoval potřebu najít řešení, které bude cenově dostupné, bude vyhovovat záměru a zároveň dodržena celková kvalita projektu.

Stavba je situována na poměrně strmém pozemku o výměře 650 m² s výškovým rozdílem cca 10 metrů. Vzhledem ke komplikovanému terénu, zajištění dodržení předpisů výšek jednotlivých pater a využití potenciálu krásného výhledu do okolí je velká část domu zasazena do svahu.

Kombinace velmi racionálního a opakujícího se stavebního systému a značného množství výstavby svépomocí vedla k velmi nízkým stavebním nákladům v kombinaci s dobrou kvalitou v poměru peněz a času [59].

◁ Obr. 20 Pohled na exteriér domu a schema prefabrikace [59,62]

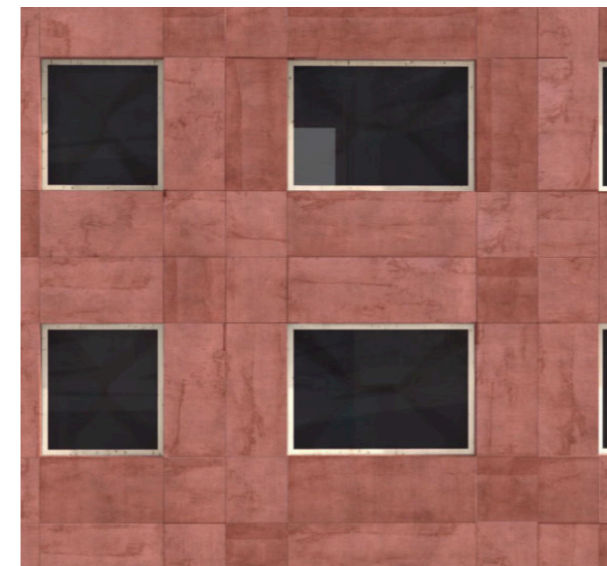


Na základě omezeného rozpočtu a skutečnosti, že část domu je umístěna pod zemí, zvolili architekti jako primární vnější stavební materiál prefabrikované betonové prvky. Všechny prvky fasády, podzemní i nadzemní, jsou vyrobeny ze stejného materiálu a dodržují stejný systém. Tímto je zajištěna jednoduchost konstrukce a detailů a zaručeny nízké stavební náklady. Přechody mezi prefabrikovanými prvky a liniemi mezi deskami se prolínají a vytvářejí charakteristický vzor na fasádách. Betonové prvky se opakují, což umožnilo použití stejného bednění vícekrát. Opakující se systém také umožňuje potenciální opětovné použití stavebních materiálů v budoucnu.

Betonové prvky jsou vyrobeny z izolovaného betonu (cellcrete), s 50mm vnější vrstvou z betonu, který je probarven červeným pigmentem na bázi oxidu železa.

Před zahájením prefabrikace testovali architekti různé varianty bednění a ladili kombinaci jednotlivých prefabrikovaných betonových prvků. Předem bylo počítáno si faktem, že nelze docílit barevné jednotlosti [59].

▽ Obr.21 Průběh výstavby [61]



◁ Obr. 22 Detail kresby fasády [61]

▽ Obr. 23 Schéma prefabrikace [61]

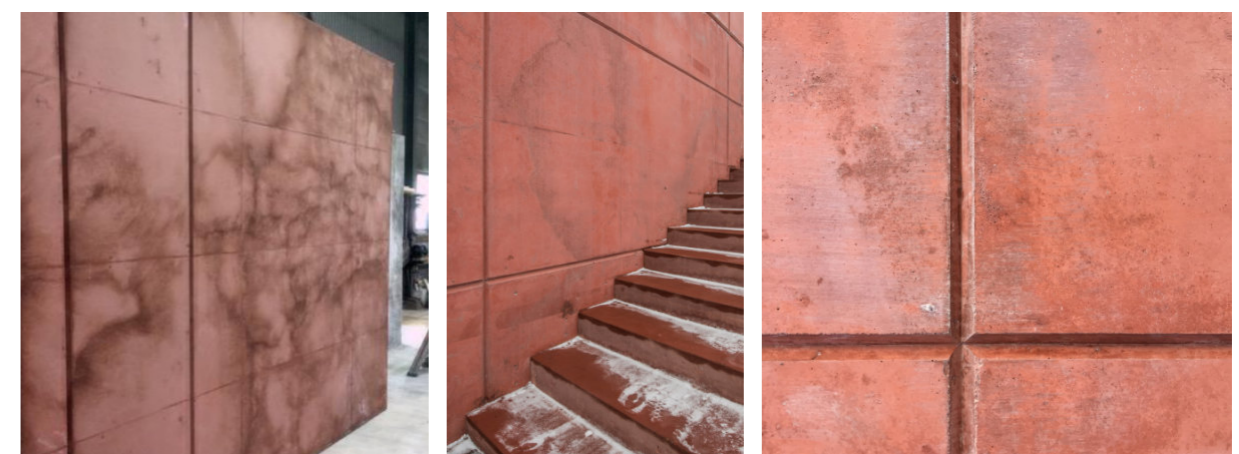


▽ Obr. 24 Testování různých betonových směsí. Poměr vody, druhu, barvy a poměru pigmentu v kombinaci s cementem a štěrkem z norského západního pobřeží [60]



▽ Obr. 25 Test pigmentace betonových prvků v měřítku 1:1 [61]

▽ Obr. 26 Viditelné spáry mezi prefabrikovanými prvky vytváří charakteristický vzor na fasádách [59,60]



04.1

PROBARVOVANÝ BETON V ČESKÉ ARCHITEKTUŘE



NOVÁ SCÉNA DJKT V PLZNI

ARCHITEKT: VLADIMÍR KRUŽÍK / Contemporânea Lda, ROK REALIZACE: 2012-2014, LOKACE: PLZEŇ, ČESKÁ REPUBLIKA

Nová scéna divadla Josefa Kajetána Tyla v Plzni, je prvním divadlem v České republice, které vzniklo po roce 1989 včetně zázemí. Divadlo bylo součástí projektu Evropské hlavní město kultury 2015 a zahrnuje divadelní budovu se dvěma sály, hledištěm pro 500 diváků, restauraci, baletní školou, studiovou scénou a provozní částí.

Ideový návrh pochází od portugalské architektonické kanceláře Contemporânea Lda, který následně rozpracovala projekční kancelář Helika v čele s architektem Vladimírem Kružíkem.

Argument pro použití červeně probarveného betonu je čistě výtvarný a vychází z očekávání, že bude evokovat archetypy divadelní architektury minulých století. Pochybnost o vhodnosti červeně probarveného betonu byla eliminována při společné návštěvě architektů muzea umění Pauly Rego v portugalském Cascais, kde došlo s konečnou platností k rozhodnutí tento materiál v poměrně rozsáhlém měřítku k realizaci Nové scény DJKT v Plzni použít [67,98].

“Přáli jsme si, aby cihlově červená barva betonu, která nás tolik nadchla v Portugalsku, přinesla neopakovatelnou živost a jedinečnost i fasádám plzeňské novostavby”.

Akad. Arch. Vladimír Kružík



◀ Obr. 27 Pohled na průčelí divadla [99]

Konstrukce probarvených betonových stěn je provedena jako monolit in situ, ačkoliv se během přípravných prací zvažovala alternativa prefabrikátů. Na základě výsledků dlouhodobého testování však bylo zjištěno, že nejlepší výsledek zaručuje odlití na staveništi.

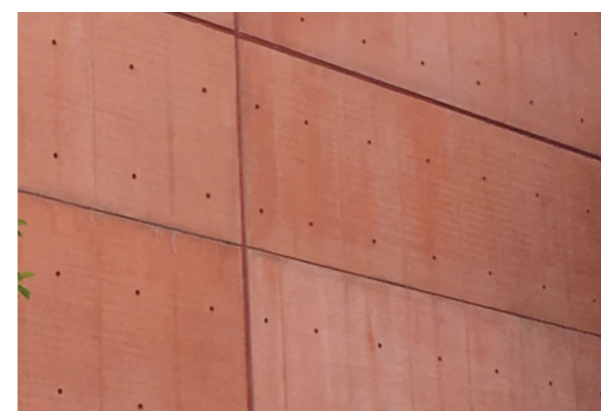
Z počátku byl zamýšlen hladký povrch pohledových ploch, v průběhu testování se od této myšlenky odstoupilo, realizován byl povrch na němž jsou zřetelné bublinky a póry. Architekt kladl důraz na rovnoměrné rozmístění těchto struktur, tento požadavek následně ovlivnil průběh betonáže. Při dosažení hladkého povrchu by bylo náročné rovnoměrnost rozmístění pórů a vzduchových bublinek zajistit.

Beton byl plněn shora pomocí bádíí, bylo potřeba vyzkoušet, jakým způsobem nejlépe postupovat, aby vznikly vzduchové bublinky ideální velikosti. Technologem bylo doporučeno plnění pod hladinou z důvodu hrozby oddělování frakcí směsi, tímto způsobem však vznikal příliš hladký a nestejný povrch. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo plněním přes rukáv zhruba z výšky 30 cm nad hladinou. Výsledná receptura byla lazena zhruba jeden rok. Bylo zhotoveno zhruba třicet malých vzorků a sedm zkušebních monolitů. Úvodní a koncové receptury se hodně odlišovaly. Betonáž probíhala každý den i při mírném mrazu, protože směs byla přehřátá. Při nižších teplotách bylo dokonce dosaženo lepších výsledků, barevnost byla sytější a nevytvářely se kresby v líci [67,98].

“Při plánování realizace barevných betonů je zásadní mít naprosto přesnou představu o požadovaném odstínu. Sytě červeného zbarvení fasády divadla bylo dosaženo pomocí anorganického pigmentu na bázi červeného oxidu železa. Dosavadní výzkumy ukázaly, že tyto anorganické pigmenty mají velmi dobré vlastnosti s ohledem na dlouhodobou stálost barevného odstínu”.

Ing. Stanislav Smiřický, jednatel a vedoucí zkušební laboratoře Betotech.

Realizace byla spojena s řadou obtíží, které byly doprovázeny dlouhými diskuzemi, opakovaným vzorkováním a hledáním finálního barevného odstínu, což bylo na jedné straně způsobeno nezkušeností s probarvovaným betonem v takovémto rozsahu v České republice. Po odbednění budily červené betonové fasády pozornost široké veřejnosti, povětšinou v negativním slova smyslu. Kritiku vzbudila především určitá barevná nejednotnost pohledových ploch a přírodní charakter. Ironií této negativity je záměr architekta, který odmítl pokusy o dokonalý, jednolitý barevný vzhled povrchu fasády [67,98].



◁ Obr. 28 Detail pohledové plochy



▽ Obr. 29 Průběh výstavby a a betonáže [100,101]





RODINNÁ VILA

ARCHITEKT: ARCHITEKTONIKA 3000 I PETR SKRUŠNÝ , ROK REALIZACE: 2015,
LOKACE: BRNO, ČESKÁ REPUBLIKA

Rodinná vila a protějšší objekt, ve kterém se nachází ateliér , garáž a vinný sklep jsou situovány na místo původního tenisového dvorce, který byl vsazen téměř tři metry pod okolní terén. Z tohoto zasazení následně vzešel koncept atriového domu, který je situovaný na okraji parcely a svým prosklením se maximálně otevírá do atria, které nabízí absolutní intimitu. Základním požadavkem architekta a investora v jedné osobě bylo, vzhledem k atriu, které není moc velké, dostatečné prosvětlení prostoru a tedy použití materiálu v barvě, která světlo nepohlcuje. Z tohoto požadavku vzešla preference použití sněhově bílého betonu. Dle slov architekta je pro něj “ beton daleko ušlechtlejším materiálem, co se týká použití v exteriéru, a to jak z hlediska estetiky, tak z hlediska trvanlivosti. Při tomto složení se navíc nemusím bát, že někde popraská, opadá nebo se bude muset renovovat. Je to záležitost na několik desítek let. To je jeden z hlavních důvodů - nadčasovost a trvanlivost” [102,103].

◁ Obr. 30 Exteriér vily je proveden z bíle probarveného betonu [104]



Působivý dojem stavby je dosažen fungující kombinací použitých materiálů, primárně bílého betonu a skla. Bílý pohledový beton byl realizován na bočních stěnách v zahradě a hlavní, přední stěně objektu s wellness a garáží. Protěžší čelní stěna domu je realizována v plném prosklení. Spojení bílého betonu a skla je výsledkem mimořádného světla a jasů. Sám architekt z vlastní zkušenosti dodává “ Když stojím na zahradě, i večer je tu díky bílému betonu mnohem větší světlo, protože stěny doslova září ”.

Vzhledem k vysokým nárokům na pohledovost betonové konstrukce byl při její výrobě kladen důraz na výběr kvalitních surovin a pigmentů, které budou odolávat po vytvrzení vnějším vlivům a budou stálobarevné v dlouhodobém časovém horizontu.

Pro výrobu betonu byl zvolen jako pojivo bílý dánský cement, pro zvýšení výsledné bělosti betonu byl do betonové směsi přidán bílý pigment, titanová běloba, v obsahu 5 % z celkové hmotnosti cementu. U bílého betonu je výsledná bělost významně ovlivněna bělostí pojiva, pigmentu a čistotou a bělostí kameniva. Z tohoto důvodu byla věnována výběru kameniva patřičná pozornost. Z environmentálního i ekonomického hlediska byla snaha o dodání surovin z blízkých zdrojů samotné stavby. V případě kameniva však v okolí Brna nebylo možné kamenivo použít a sice z důvodu obsahu oxidu železa na části zrn. Obsah oxidu železa se po delší době projevuje rezavými skvrnami na povrchu betonových konstrukcí, což u bílého betonu v tomto případě nebylo žádoucí. Pro výrobu betonu byla použita pouze pitná voda [102,103].

Před betonáží nebyla na odpovědnost investora provedena žádná referenční konstrukce, což znamenalo určité riziko. Při betonáží se potvrdilo, že je nutné přesně stanovit množství potřebného betonu, neboť cca 0,5 m³ betonu chybělo. Protože byl tento beton namíchan ze speciálně dovezeného drobného kameniva, které bylo v zásobníku betonárny jen v době výroby tohoto betonu, způsobil tento problém na betonárně poměrně výrazné problémy v následné výrobě standardních betonů.

Výsledná pórovitost povrchu a drobné nedostatky na povrchu konstrukcí se objevovaly v akceptovatelné míře [102,103].

▽ Obr. 31 Exteriér a výhledy z interiéru na exponované bílé probarvené pohledové betonové plochy [104]

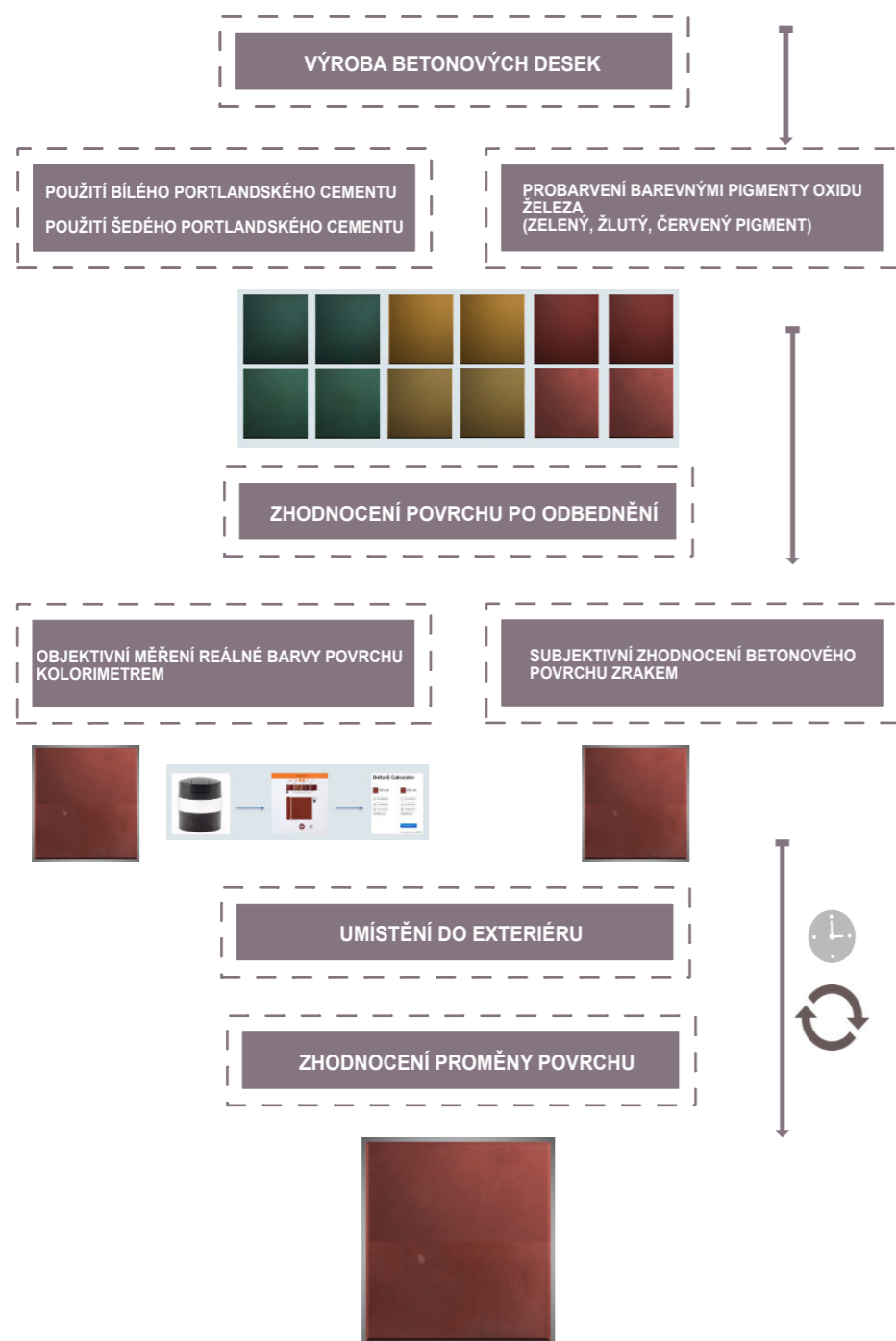


05

EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM

VÝROBA A MONITORING EXPERIMENTÁLNÍCH BETONOVÝCH DESEK

JEDNOTLIVÉ FÁZE EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU



PŘEDMĚT EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU

Předmětem experimentálního výzkumu byly dvě sady betonových desek, každá o ploše 0,1 m². První sada byla vyrobena s použitím bílého portlandského cementu CEM I 52,5 R - SR 5 a betonová směs probarvena syntetickými pigmenty, žlutým a červeným oxidem železa a zeleným oxidem chromu. Na **Obr. 35** jsou tyto desky označeny číslicí a písmenem 1A, 1B, 1C. Pro výrobu druhé sady vzorků byl použit šedý portlandský cement CEM I 42,5 R s přidáním žlutého, zeleného a červeného pigmentu stejného výrobce a stejného obsahu 5 % hmotnosti pojiva jako u první sady vzorků. Druhá sada je na **Obr. 35** označena číslicí a písmenem 2A, 2B, 2C. Obě sady betonových desek byly odlity do plastových forem.

OZNAČENÍ	CEMENT	PIGMENT	KONCENTRACE
1A	bílý	žlutý oxid železa	5 %
1B	bílý	zelený oxid chromu	5 %
1C	bílý	červený oxid železa	5 %
2A	šedý	žlutý oxid železa	5 %
2B	šedý	zelený oxid chromu	5 %
2C	šedý	červený oxid železa	5 %

△ Tab. 1 Základní rozdělení dvou sad betonových desek v závislosti na použitém druhu cementu a pigmentu



△ Obr. 32 Odlité experimentální betonové desky v plastových formách

METODA EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU

Betonové desky byly po dobu tří let monitorovány. Sledována byla především jejich vizuální a barevná proměna v důsledku působení vnějších vlivů v exteriéru.

Po odbednění byl povrch každé betonové desky zdokumentován, pozornost byla věnována stejnobarevnosti v ploše a výskytu pórů, které mohou mít na proměnu barevnosti a výskyt estetických anomálií vliv.

Na každé z desek bylo vyznačeno pět oblastí, aby došlo k pokrytí větší plochy měření kolorimetrem. Následně byla měřena intenzita barvy pomocí kolorimetru ColorCatch Nano, který ukazuje a měří hodnoty barevného prostoru Lab. Betonové desky byly po této počáteční dokumentaci umístěny do exteriéru a v opakujících se cyklech několika měsíců až let opět zdokumentovány a porovnány hodnoty předchozích měření.

Cílem bylo pozorování míry tendence k proměně barevnosti jednotlivých vzorků. Míra tendence proměny barvy byla stanovena barevnou odchylkou Delta E.

Barevná odchylka Delta E byla počítána dle vztahu (1):

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (1)$$

L* - světlost [108]

a*, b* - kolorimetrické souřadnice, které představují rozsah barevných odstínů v dvourozměrné rovině [108]

NÁSTROJE EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU

- kolorimetr COLORCATCH NANO

- aplikace RAL iColours

- Apple Ipad 3rd

- fotoaparát OLYMPUS E-PL 10

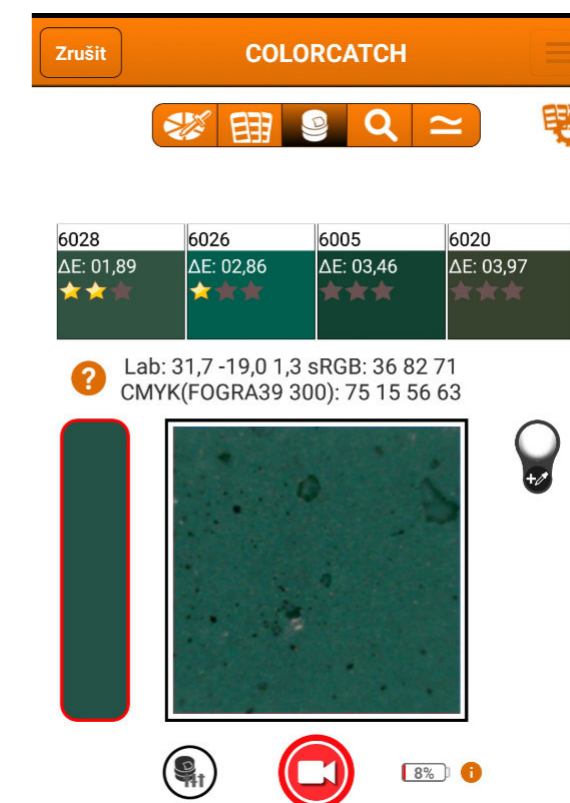
- objektiv 14-42 mm EZ

- Delta E Calculator

▼ Obr. 33 Fotodokumentace povrchu betonové desky s použitím šedého cementu a přidáním zeleného pigmentu oxidu železa po odbednění



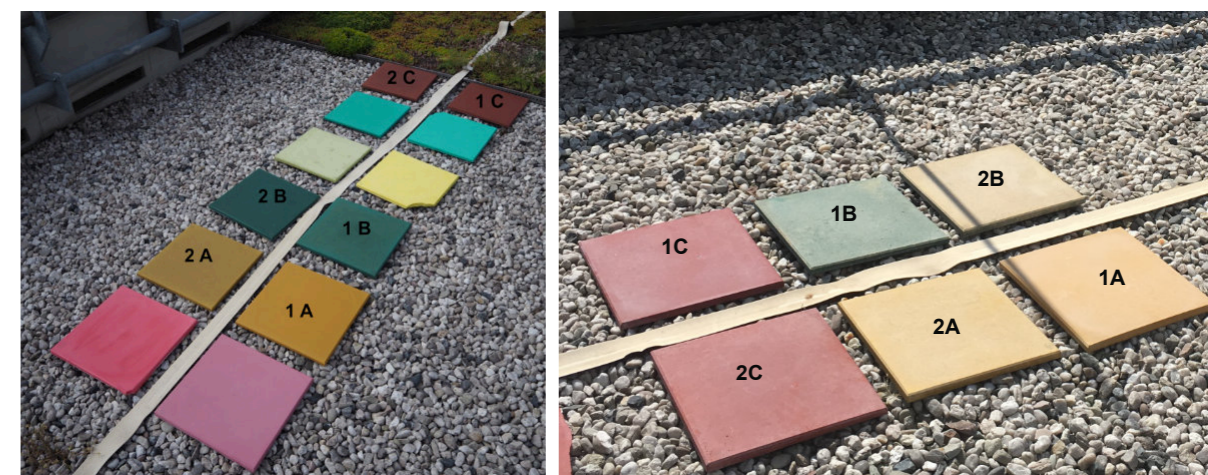
▼ Obr. 34 Datový výstup z aplikace RAL iColours



▼ Obr. 35 Experimentální desky umístěné v exteriéru vystavené účinkům vnějších vlivů

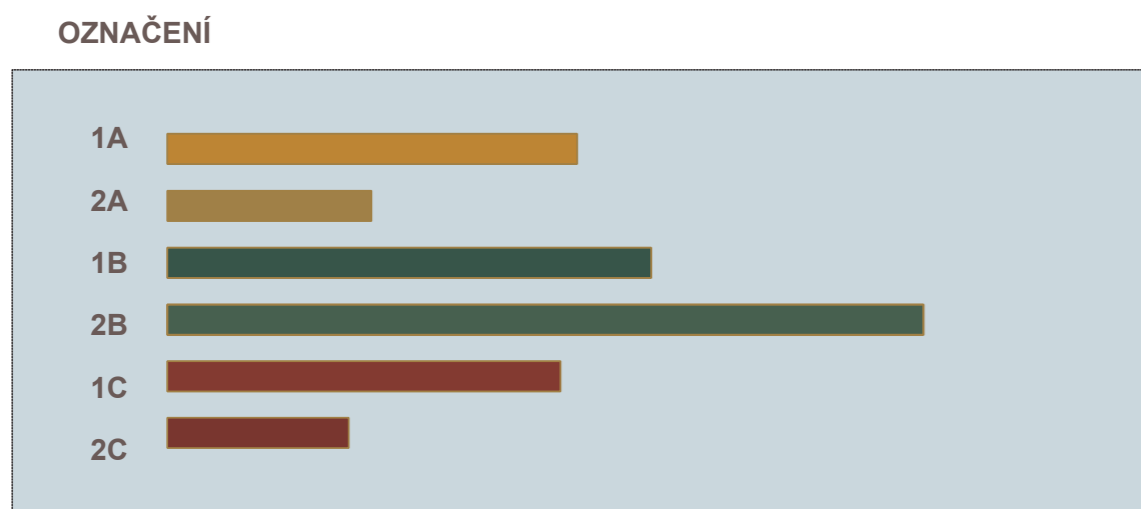
Fotografie z data 28.6.2019
(po odbednění)

Fotografie z data 29.7.2020
(po jednom roce vystavení účinkům vnějších vlivů)



OZNAČENÍ	Delta E (12)	Delta E (36)
1A	26.5831	27.1295
1B	19.4003	32.1424
1C	7.8508	26.4313
2A	9.2814	13.494
2B	36.3785	49.1477
2C	19.1763	12.5535

△ Tab. 2 Číselné vyjádření odchytky Delta E v periodě 12ti měřců a tří let po vystavení betonových desek účinkům vnějších vlivů



△ Obr. 36 Grafické porovnání odchytky Delta E jednotlivých betonových desek po vystavení účinkům vnějších vlivů po době 36ti měsíců

DISKUZE

Z výše uvedených výsledků je zřejmé, že míra tendence k proměně barevnosti jednotlivých pigmentů je různá a může mít veliký numerický rozptyl. Největší vizuální rozdíl můžeme zaznamenat u zeleného pigmentu oxidu chromu v kombinaci s šedým portlandským cementem CEM I 42,5 R. Odchytka Delta E je po 12ti měsících vystavení účinkům vnějších vlivů rovna 36.3785 a po 36ti měsících 49.1477 a u desky probarvené zeleným pigmentem oxidu chromu v kombinaci s bílým portlandským cementem CEM I 52,5 R - SR 5 s odchylkou Delta E po 12ti měsících 19.4003 a 36ti měsících 32.1424. Tyto vysoké hodnoty mohou souviset s velkým množstvím pórů v celé ploše jednotlivých desek.

U desky probarvené červeným pigmentem oxidu železa v kombinaci s šedým portlandským cementem CEM I 42,5 R došlo v průběhu času ke zmenšení barevné odchytky vztažené k barvě betonové desky před jejím vystavením účinkům povětrnostních vlivů. Barevná odchytky Delta E je po 12ti měsících vystavení účinkům vnějších vlivů rovna 19.1763 a po 36ti měsících 12.5535. Tato klesající tendence byla způsobena postupným vymizením výkvětovitosti, která byla v době měření po 12ti měsících vystavení účinkům vnějších vlivů většího rozsahu. Oproti tomu barevná odchytky Delta E u desky z červeně probarveného betonu oxidu železa v kombinaci s bílým cementem CEM I 52,5 R - SR 5 se v průběhu 24 měsíců více než ztrojnásobila, což je způsobeno rozsáhlým výskytem výkvětovitosti po delší době vystavení účinkům vnějších vlivů.

Nejmenší barevná odchytky Delta E po 12ti měsících vystavení účinkům vnějších vlivů byla naměřena u desky probarvené červeným oxidem železa v kombinaci s bílým portlandským cementem CEM I 52,5 R - SR 5 s hodnotou 7.8508. Nejmenší barevná odchytky Delta E po 36ti měsících vystavení účinkům povětrnostních vlivů byla naměřena u desky probarvené červeným oxidem železa v kombinaci s šedým portlandským cementem CEM I 42,5 R s hodnotou 12.5535.

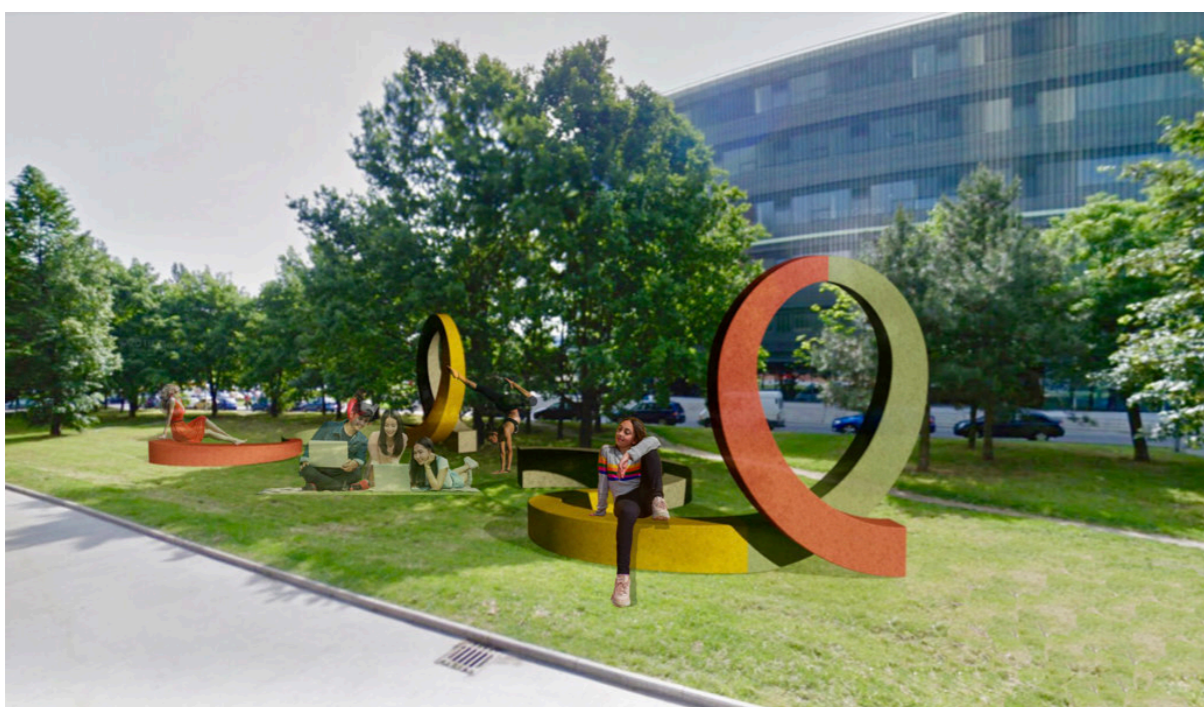
Protože se jedná o experimentální projekt menšího rozsahu s omezenou plochou pro měření, měl by být závěr predikce proměny probarvených ploch v závislosti na použitém druhu pigmentu a barvě cementu potvrzen více experimenty na konstrukci většího rozsahu.

05.2

NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍHO OBJEKTU

ZÁMĚR INSTALACE

Experimentální výzkumný projekt, který podpoří edukaci studentů v oblasti probarvovaných betonů a zároveň jim nabídne prostor pro odpočinek a setkávání. Tento projekt svou myšlenkou a konceptem navazuje a doplní již dokončený dřevěný průchod, který vytvořili studenti v rámci Letní dílny 2017 ateliéru MáMa a na experimentální AIR House/UCEEB před Fakultou stavební.



△ Obr. 37 Vizualizace experimentálního objektu

LOKACE



△ Obr. 38 Satelitní a katastrální snímek

KONCEPCE ZÍSKÁVÁNÍ DAT

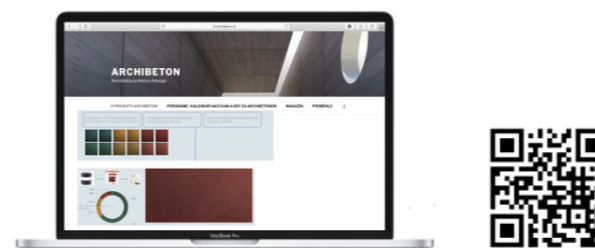
Data potřebná k výzkumu budou vycházet z hodnocení referenčních ploch experimentálních betonových bloků, které se liší barvou probarvovacího pigmentu a umístěním v rovině. Tyto plochy budou pravidelně fotodokumentovány, analyzována míra jejich vizuální proměny v čase a měřena jejich reálná barva kolorimetrem.



△ Obr. 39 Varianty barevnosti

PREZENTACE VÝSLEDKŮ VÝZKUMU VEŘEJNOSTI

Základní informace o tomto projektu budou uvedeny v místě instalace. Naměřená data, aktuální monitoring a analýzu výzkumu bude možné sledovat online na webovém portálu archibeton.cz, kde bude celý projekt detailně prezentován.



△ Obr. 40 Informace na webových stránkách www.archibeton.cz

06

ZÁVĚR

CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Primárním cílem disertační práce bylo vytvoření souhrnného podkladu / vodítka pro architekty, projektanty, designéry, investory, který obsáhne problematiku probarvovaných betonových konstrukcí v celém svém kontextu a zahrne rovněž dlouhodobý časový horizont po který jsou stavby z probarveného betonu vystaveny účinkům vnějších vlivů.

NAPLNĚNÍ CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE

Tento předem stanovený cíl byl v obsahu této disertační práce naplněn. Práce představuje komplexní výzkum probarvovaného betonu, možnosti jeho využití a potenciál v architektuře, ale také jeho možné limity.

Práce je strukturovaná do dvou hlavních částí. Části teoretické, která vychází z rešerše odborné literatury, výzkumných studií, zkušeností architektů a 22 případových studií zahraničních a českých staveb. Tyto případové studie demonstrují český a zahraniční přístup k návrhu a realizaci staveb z probarveného pohledového betonu. Na konkrétních příkladech staveb je poukázáno na skutečnost, že rizika betonu spojená s vystavením konstrukce účinkům vnějších vlivů lze kreativním přístupem k návrhu "obrátit" v estetický potenciál. Další příklady nopak poukazují na skutečnost, že neznalost přirozeného chování probarveného betonu a jeho tendenci k proměně barevnosti po vystavení účinkům vnějších vlivů může vést například ke zbytečné časové a finanční náročnosti při hledání ideální a přesné barvy pigmentu pro architektonický záměr, přičemž v krátkém časovém horizontu po vystavení konstrukce účinkům vnějších vlivů se barva probarveného betonu více či méně promění. Jiné příklady soudobé architektury, které jsou do výše uvedených případových studií zahrnuty dále poukazují na nemožnost vyvarování se vápených výkvětů, které jsou častým sporem mezi zhotovitelem, potažmo architektem a investorem, ačkoliv se jedná o jev dočasný. Těmto sporům je přitom možné se vyvarovat správnou komunikací.

Část teoretická je doplněna částí praktickou formou experimentálního výzkumu, ve kterém byly předmětem zkoumání probarvované betonové desky, které byly po dobu tří let vystaveny účinkům vnějších vlivů v exteriéru. V pravidelných cyklech byly desky monitorovány a analyzována jejich vizuální a barevná proměna v čase. Výsledky tohoto experimentálního výzkumu jsou představeny a shrnuty v kapitole 05.1 VÝROBA A MONITORING EXPERIMENTÁLNÍCH BETONOVÝCH DESEK. Tyto desky budou v pravidelných cyklech monitorovány i nadále.

PŘÍNOS DISERTAČNÍ PRÁCE V PRAXI

Návrh architektonického díla z pohledového, potažmo probarvovaného betonu je kreativní proces, který, jak ukazuje současná stavební praxe, není vždy jednoduché převést v úspěšnou realizaci či dlouhodobou spokojenost s kvalitou jejího povrchu.

Ačkoliv v mnoha případech již nastává posun správné specifikace při zadání a uspokojivému výsledku při odbednění, stále v řadě případů dochází k neuspokojivému estetickému vnímání vzhledu povrchu po určité době jeho vystavení účinkům vnějších vlivů. Tato skutečnost je způsobená především nedostatečným množstvím informací týkající se přirozené podstaty chování betonu a rizik, která mohou jejich nevědomostí při zadání vzniknout. Disertační práce by měla sloužit jako dostupný, srozumitelný nástroj a podklad, který předem na základě výše uvedených informací a dat z experimentálního výzkumu na tato rizika upozorní. Přesnou a srozumitelnou definicí těchto rizik bude v praxi možné jim snáze předejít či s nimi počítat. Při predikci chování architektonického betonu již v počáteční fázi návrhu je možné zvýšit kvalitu architektonického díla v budoucnosti.

DOPORUČENÍ PRO ČESKÉ PROSTŘEDÍ / PODNĚT K NAVAZUJÍCÍMU VÝZKUMU

Data z praxe a zkušenosti architektů poukazují na problém s vizuální proměnou probarvovaných betonových konstrukcí v čase, který z podstatné části vychází z neinformovanosti a malého počtu referenčních staveb, které by na podstatu betonu přirozeně upozornily. Poměrně častá je výstavba zkušebních betonových konstrukcí v měřítku 1:1 před započítáním stavby, na kterých se ověří správný návrh betonové směsi. Avšak tato konstrukce nezohledňuje faktor času a působení vnějších vlivů v exteriéru. Řešením je návrh a realizace volně přístupné konstrukce v dostatečném měřítku, která by dočasně "suplovala" nedostatek referenčních staveb v českém prostředí a umožnila nejen architektům, ale také investorům či širší veřejnosti zorientovat se v této problematice a upozornit na možná rizika a limity, či naopak potenciál, který probarvovaný beton nabízí.

V rámci této práce byl zpracován návrh experimentálního objektu, takzvané "Dejvické stuhy", blíže specifikované v kapitole 05.2 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍHO OBJEKTU, která by mohla být v praxi vhodnou, volně přístupnou edukativní konstrukcí umístěnou v kampusu ČVUT v Praze.

07

LITERATURA A ZDROJE

[1] Kasal, P., Hela, R., Finkous, P., Lorenc, V.: *Technická pravidla ČBS 03 Pohledový beton*, 2018, ISBN: 978-80-906759-3-3

[2] Hawes, F.: *Weathering of Concrete Buildings (Appearance Matters S.)*, 1986, ISBN-10:0721013333

[3] Mostafavi, M.: *On Weathering: The Life of Buildings in Time*, 1993, ISBN-10: 026263144X

[4] Margoldová, J.: *Barevné betony*, Beton TKS, 2012, pp. 90-95

[5] Chipperfield, D., Vázquez, F.: *Concrete and Pigments: Ciudad de la Justicia of Barcelona*, 2012, ISBN: English 9788415391203

[6] Bennet, D.: *The Art of Precast Concrete: Colour Texture Expression*, 2005, ISBN-10 3764371501

[7] Bennet, D.: *Innovations in Concrete*, 2002, ISBN-10: 0727720058

[8] Brookes, M.: *The applications, benefits and limitations of inorganic pigments when used to through-colour architectural concrete*, 2017

[9] Sullivan, Ch.: *Problems with integrally colored Concrete*, www.concretenetwork.com [online], dostupné z : www.concretenetwork.com/chris_sullivan/colored_concrete.htm

[10] Serra Ciments: Colour Chart, www.serraciments.com [online], dostupné z : <https://www.serraciments.com/en/colour-chart/>

[11] Forty, A.: *Concrete and Culture: A Material History*, 2016, ISBN-10 1780236360

[12] Paul Rudolph's Fluted Concrete Buildings, www.scribd.com [online], dostupné z : <https://www.scribd.com/document/221339419/Paul-Rudolph-s-Fluted-Concrete-Buildings-tcm45-344645>

[13] PCI, *Architectural Precast Concrete*, www.pci.org [online]

[14] Bayferrox: *Efflorescence. A Temporary Problem*, 2004, www.bayferrox.us [online], dostupné z: https://bayferrox.us/uploads/tx_lanxessmatrix/bayferrox_efflorescence_02.pdf

[15] graf upraven autorem z Chipperfield, D., Vázquez, F.: *Concrete and Pigments: Ciudad de la Justicia of Barcelona*, 2012, ISBN: English 9788415391203

[16] Becker, S.: *Béton rouge über eine variante in rot, BAUNETZWOCHEN#463* Das Querformat für Architekten, 2016, pp. 8-16

[17] McLachlan, F. : *Ethereal material: colour and material surface*, Construction Materials Volume 166 Issue CM6, 2013, pp. 358-364

[18] Gigon/ Guyer, Signal Box, www.architecture.eu [online], dostupné z: <http://www.architecture.eu/Architekten/Schweiz/Gigon%20Guyer/Gigon%20Guyer%20-%20Signal%20Box%20Zurich%201.html>

[19] Rudin House, Leymen, [blog.livedoor.jp](http://blog.livedoor.jp/moromi1-impgass/archives/2825244.html) [online] dostupné z: <http://blog.livedoor.jp/moromi1-impgass/archives/2825244.html>

[20] Šteger, O., Popenková, M. : *Chyby vznikající při realizaci pohledového betonu*, asb-portal.cz [online] , dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/cement-a-beton/chyby-vznikajici-pri-realizaci-pohledoveho-betonu> dostupné na: asb-portal.cz

[21] Nguyen, V. A. , Sens, S. : Instagram [online], dostupné z: <https://www.instagram.com/explore/tags/paularegomuseum/>

[22] Dosda, E.: *Réparer les vivants*, Poly 216, 2019, pp. 58-59

[23] Boegly, L. : *Psychiatry Centre, Metz an der Mosel | France*, www.jung.de [online], dostupné z: <https://www.jung.de/ru/7988/psychiatry-centre-metz-an-der-mosel-france/3268/?reference%5Bcategory%5D=28>

[24] Vetchý, J.: *Hydrofobní impregnace betonu*, www.mct.cz [online], dostupné z: <https://www.mct.cz/soubor/hydrofobni-impregnace/>

[25] Kaspersen, K., Østnor, T., Bøhnsdalen Eide, M., De Weerd, K. : *Characterisation of concrete surfaces in Askimporten tunnel*, 2012, ISBN 978-82-536-1311-6

[26] tabulka upravena autorem z Kaspersen, K., Østnor, T., Bøhnsdalen Eide, M., De Weerd, K. : *Characterisation of concrete surfaces in Askimporten tunnel*, 2012, ISBN 978-82-536-1311-6

[27] Dosda, E. : *Réparer les vivants*, Poly 216, 2019, pp. 58-59

[28] Metz Queuleu : *une œuvre artistique scellée dans le béton teinté*, SANTÉ, www.republicain-lorrain.fr [online], dostupné z: <https://www.republicain-lorrain.fr/edition-de-metz-ville/2016/02/01/metz-queuleu-une-oeuvre-artistique-scallee-dans-le-beton-teinte>

[29] Boegly, L., Perez, J. : *PSYCHIATRIC HEALTH CENTER, METZ, FRANCE*, www.theplan.it [online], dostupné z: <https://www.theplan.it/eng/award-2019-health/psychiatric-health-center-metz-france>

[30] Houzelle, B.: *Centre de soins psychiatriques*, Construction Moderne, 2019, pp. 2-5

[31] Eqiom, *EB Parement*, eqiom.com [online], dostupné z: <https://www.eqiom.com/betons/produits/betons/eb-parement>

- [32] Richter & Associates, dostupné z: <https://www.facebook.com/RichterAssociatesArchitects/>
- [33] Lanxess, *Case Study Steinsdalsfossen, Bergen, Norway*
- [34] Dale, N.P., Havran, J.: *Steinsdalsfossen Waterfall/ JVA*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/778737/steinsdalsfossen-waterfall-jva>
- [35] Productora, *Bautista House*, dostupné z: <http://productora-df.com.mx/en/project/casa-bautista/>
- [36] Luque, O.: *Casa Bautista*, www.facebook.com [online], dostupné z: <https://www.facebook.com/search/posts/?q=productora%20architects>
- [37] Productora, www.facebook.com [online], dostupné z: https://www.facebook.com/productora.df/photos/?ref=page_internal
- [38] IN SITU: *Conversations on Architecture and Beyond* dostupné z: https://www.instagram.com/p/B_xafVZIXjG/?utm_source=ig_embed
- [39] Shah, D.: *Paradero Todos Santos by Yektajo Valdez Architects celebrates rustic architecture*, 2022, www.stirworld.com [online], <https://www.stirworld.com/see-features-paradero-todos-santos-by-yektajo-valdez-architects-celebrates-rustic-architecture>
- [40] McKnight, J.: *Concrete structures form Paradero Hotel on Mexico's Baja Peninsula*, 2021, www.dezeen.com [online], dostupné z: <https://www.dezeen.com/2021/03/28/concrete-structures-form-paradero-hotel-on-mexicos-baja-peninsula/>
- [41] Yektajo Valdez Architects, www.instagram.com [online], dostupné z: <https://www.instagram.com/yyektajo/>, <https://www.instagram.com/rubenvaldezpractice/>
- [42] Lanxess, *Case Study Project: Ciutat de la Justícia, Barcelona, Spain*
- [43] Ciudad de la Justicia of Barcelona, www.yumpu.com [online], dostupné z: <https://www.yumpu.com/es/document/read/27886241/ciudad-de-la-justicia-de-barcelona-city-of-justice-barcelona>
- [44] Schéma upraveno autorem z Chipperfield, D., Vázquez, F.: *Concrete and Pigments: Ciudad de la Justicia of Barcelona*, 2012, ISBN: English 9788415391203
- [45] Argelés, J.: *City of Justice Barcelona & L'Hospitalet de Llobregat / b720*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/61643/city-of-justice-barcelona-l%25e2%2580%2599hospitalet-de-llobregat-david-chipperfield-b720>
- [46] Richters, Ch., Malagamba, D., Pegenaute, P., *Paisajes Españoles: Ciudad de la Justicia, Barcelona*, www.arquitecturaviva.com [online], dostupné z: <https://arquitecturaviva.com/obras/ciudad-de-la-justicia-de-barcelona>
- [47] J. MARINO PASCUAL & ASOCIADOS BODEGA ANTION, 2008, www.divisare.com [online], dostupné z: <https://divisare.com/projects/62902-j-marino-pascual-asociados-adriana-landaluce-esteban-bodega-antion>
- [48] Lanxess: *Case Study: Project: Bodega Antión, La Rioja, Spain*
- [49] Rico, L.: *La bodega de La Rioja alavesa Antión quiebra con un pasivo de 6 millones*, www.elpais.com [online], dostupné z: https://elpais.com/ccaa/2012/04/11/paisvasco/1334167606_936673.html
- [50] Berg, N.: *Citation: Vegas Altas Congress Center and Auditorium*, 2016, www.architectmagazine.com [online], dostupné z: https://www.architectmagazine.com/awards/r-d-awards/citation-vegas-altas-congress-center-and-auditorium_o
- [51] Palacio de Congresos Villanueva de la Serena, dostupné z: <https://palaciocongresosvillanuevadelaserena.negocio.site>
- [52] Zabalbeascoa, A.: *¿Cuánto deben verse los Palacios de Congresos?*, 2015, www.elpais.com [online], dostupné z: https://www.elpais.com/2015/02/16/del_tirador_a_la_ciudad/1424071080_142407.html
- [53] De Villar-Chacón Arquitectura, *Vegas Altas Congress Center and Auditorium*, www.archiweb.cz [online], dostupné z: <https://www.archiweb.cz/en/b/vegas-altas-kongrovo-centrum-a-auditorium-palacio-de-congresos-villanueva-de-la-serena>
- [54] Dunar arquitectos, *Palacio de Congresos Vegas Altas de Luis Pancorbo & José de Villar. Villanueva de la Serena*, 2012, www.twitter.com [online], dostupné z: <https://twitter.com/dunrarquit/status/252682181623816192>
- [55] Serra Ciments, *Conference and Exhibition Centre*, www.serraciments.com [online], dostupné z: <https://www.serraciments.com/en/work/conference-and-exhibition-centre/>
- [56] Kyrö Distillery Companyn uusi tynnyrivarasto, *Betoni 2/2019*, foto: Kuvio, K
- [57] Lanxess, *Case Study Kyrö Distillery, Isokyrö, Finland*
- [58] Kuvio, K., Portman, A.: *Kyrö Distillery Company Barrell Storage Building*, 2019, www.ark.fi [online], dostupné z: <https://www.ark.fi/en/2019/04/kyro-distillery-company-barrell-storage-building/>
- [59] Sanden+Hodnekvam Architects, www.sandenhodnekvam.no [online], dostupné z: <https://sandenhodnekvam.no/project/house-hk>
- [60] house_h_k: *byggeblogg for enebolig på Lillehammer*, www.instagram.com [online], dostupné z: https://www.instagram.com/house_h_k/

[61] Sanden+Hodnekvam Architects, [www.instagram.com](https://www.instagram.com/sanden_hodnekvam_architects/) [online], dostupné z: https://www.instagram.com/sanden_hodnekvam_architects/

[62] Sanden+Hodnekvam Architects, *Red Concrete House*, 2020, www.divisare.com [online], dostupné z: <https://divisare.com/projects/426807-sanden-hodnekvam-architects-red-concrete-house>

[63] Pael House, 2010, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/59110/pael-house-pezo-von-ellrichshausen-architects>

[64] Palma, C., Estudio Palma, *Pael House*, 2010, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/59110/pael-house-pezo-von-ellrichshausen-architects>

[65] Astbury, J.: *Valerio Olgiati creates huge red concrete canopy at entrance to Bahrain's Pearling Path*, 2019, www.dezeen.com [online], dostupné z: <https://www.dezeen.com/2019/04/20/valerio-olgiati-canopy-pearling-path-concrete-architecture/>

[66] Lanxess, *Case Study, Project: Casa das Histórias Paula Rego, Cascais, Portugal*

[67] Kružik, V.: *Nové divadlo v Plzni a jeho červené betonové fasády*, 2014, Beton TKS, pp. 2

[68] Guerra, F., Alves, L.F.: *Paula Rêgo Museum, Cascais*, www.arquitecturaviva.com [online], <https://arquitecturaviva.com/works/museo-paula-rego-1>

[69] Gigon/Guyer Architekten, [www.facebook.com](https://www.facebook.com/GigonGuyer/photos) [online], <https://www.facebook.com/GigonGuyer/photos>

[70] Harald, F. M., : Gigon/Guyer Architekten, [www.facebook.com](https://www.facebook.com/GigonGuyer/photos) [online], <https://www.facebook.com/GigonGuyer/photos>

[71] Hornitos Hotel / Gonzalo Mardones V Arquitectos, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/375284/hornitos-hotel-gonzalo-mardones-viviani>

[72] Gonzalo Mardones Arquitecto, *Hotel Hornitos*, www.gonzalomardones.com [online], dostupné z: <https://gonzalomardones.com/en/portfolio/hotel-hornitos/>

[73] Saieh, N.: *Caja los Andes Hotel by Gonzalo Mardones Viviani*, www.nicosaiieh.cl [online], dostupné z: <https://www.nicosaiieh.cl/caja-los-andes-hotel/>

[74] MOAA Architects, *Toi Ohomai Health Sciences Building*, <http://www.moaa.co.nz> [online], dostupné z: <http://www.moaa.co.nz/project/toi-ohomai-health-sciences-building>

[75] Peter Fell, *Waiariki Institute of Technology, Health and Science in Rotorua*, www.peterfell.co.nz [online], dostupné z: <https://www.peterfell.co.nz/waiariki-institute-of-technology-health-and-science-in-rotorua/>

[76] Chabard, P.: *Cyrille Hanappe and Olivier Leclercq have pooled their individual skills in AIR*, A10#38 Eurovision

[77] Ferrattier, D., Boureau, D.: *Apprentice Formation Centre / AIR*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/39476/apprentice-formation-centrer-air>

[78] 2 Houses in Lerin / azpilicueta arquitectura y paisaje, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/881740/2-houses-in-lerin-azpilicueta-arquitectura-y-paisaje?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

[79] Bescós, R.: 2 Houses in Lerin / azpilicueta arquitectura y paisaje, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/881740/2-houses-in-lerin-azpilicueta-arquitectura-y-paisaje?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

[80] Lanxess, *Case Study Muzeum Lotnictwa Polskiego, Krakow, Poland*

[81] Muzeum polského letectví, www.archiweb.cz [online], dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/muzeum-polskeho-letectvi-muzeum-lotnictwa-polskiego>

[82] Lanxess, *Case Study MuCEM, Marseille, France*

[83] Di Frenna Arquitectos, [www.instagram.com](https://www.instagram.com/difrenna.arquitectos/) [online], dostupné z: <https://www.instagram.com/difrenna.arquitectos/>

[84] Hosking, B.: *Federal House / Edition Office*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/968418/federal-house-edition-office>

[85] Estudio MMX, [www.facebook.com](https://www.facebook.com/estudioMMX) [online], dostupné z: <https://www.facebook.com/estudioMMX>

[86] Chao, Z.: *Atelier Xi designs peach-coloured concrete pavilion in rural China*, www.dezeen.com [online], <https://www.dezeen.com/2021/08/14/peach-hut-atelier-xi-concrete-pavilion-china/>

[87] Boegly, L.: *Antoine de Ruffi School / TAUTEM Architecture + bmc2 architectes*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/959725/antoine-de-ruffi-school-tautem-architecture-plus-bmc2-architectes>

[88] Sundal, K.: *Pir Ålesund Office Building / Mad arkitekter*, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/976373/pir-alesund-office-building-mad-arkitekter?ad_source=unverified&ad_name=project

- [89] French + Tye, *Barevná betonová přístavba rozzářila viktoriánský dům. Pobaví vás také interiér plný křivek*, www.estav.cz [online], dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/9853.barevna-pristavba-rozzarila-viktoriansky-dum-interier-vas-pobavi-i-svymi-krivkami>
- [90] Morgado, J.: *Vilarinha House / TRAMA arquitetos*, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/978540/vilarinha-house-trama-arquitetos?ad_medium=gallery
- [91] Koitani, Y.: *Aira/ anonymous*, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/907302/aira-anonymous?ad_medium=gallery
- [92] Lanxess, *Case Study Bochum Justice Center*
- [93] Luque, O.: *Hotel Tepoztlán / Taller Carlos Marín + Pasquinel Studio*, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/941774/hotel-tepoztlan-taller-carlos-marin-plus-pasquinel-studio?ad_medium=gallery
- [94] Paniczko, P.: *Museum of the Second World War | Studio Architektoniczne Kwadrat*, www.arch2o.com [online], dostupné z: <https://www.arch2o.com/museum-of-the-second-world-war-studio-architektoniczne-kwadrat/>
- [95] Hulec a Špička Architekti, *Obnova a přístavba Dominikánského kláštera – Domu umění v Opavě*, <http://www.hs-architekti.cz> [online], dostupné z: <http://www.hs-architekti.cz/opava.php>
- [96] Dům umění v Opavě, www.kudyznudy.cz [online], dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/aktivita/dum-umeni-v-opave>
- [97] Dům umění, vizualizace, www.http://op4u.cz [online], dostupné z: <http://op4u.cz/pub/mmo/foto/investice/37/index.htm>
- [98] Vinšová, H.: *Umění improvizace při náročných zakázkách*, Stavitel 05, 2014, pp. 10-11
- [99] Nové divadlo, www.stavbaroku.cz [online], dostupné z: <https://www.stavbaroku.cz/printDetail.do?Dispatch=ShowDetail&siid=1163>
- [100] Pohledové betony na Novém divadle v Plzni, www.transportbeton.cz [online], dostupné z: <https://www.transportbeton.cz/pohledove-betony-na-novem-divadle-v-plzni.html>
- [101] Sladký, V.: *Novostavba plzeňského divadla má název, otázky nadále zůstávají*, www.musical-opereta.cz [online], dostupné z: <https://www.musical-opereta.cz/novostavba-plzenskeho-divadla-ma-nazev-otazniky-nadale-zustavaji/>

- [102] Málek, M., Kovářová, P.: *Petr Skrušný: Baví mě kombinovat přírodní materiály s moderními trendy*, magazin.aktualne.cz [online], dostupné z: <https://magazin.aktualne.cz/bydleni/petr-skrusny-bavi-me-kombinovat-prirodni-materialy-s-moderni/r~3150a962470411e98a200cc47ab5f122/>
- [103] Žalud, O., Veselý, J.: *Technologie barevných betonů na vile architekta Petra Skrušného*, 2015, www.stavba.tzb-info.cz [online], dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/12300-technologie-barevnych-betonu-na-vile-architekta-petra-skrusneho>
- [104] Teplý, L.: *Technologie barevných betonů na vile architekta Petra Skrušného*, 2015, www.stavba.tzb-info.cz [online], dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/12300-technologie-barevnych-betonu-na-vile-architekta-petra-skrusneho>
- [105] Terasový dům v Košířích, www.archiweb.cz [online], dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/terasovy-dum-v-kosirich>
- [106] Rusina Frei - Obnova nábřeží řeky Loučné v Litomyšli, www.earch.cz [online], dostupné z: <https://www.earch.cz/katalog/projekty-a-realizace/rusina-frei-obnova-nabrezi-reky-loucne-v-litomysli>
- [107] CONSTRUCTION OF STATE REGIONAL ARCHIVE IN LOUNY, www.subterra.cz [online], dostupné z: <https://www.subterra.cz/en/reference/construction-of-state-regional-archive-in-louny/>
- [108] Novosad, P.: *Architektonické betony*, disertační práce, 2016

VLASTNÍ PUBLIKAČNÍ ČINNOST

2021

Utěšená, M.; Pernicová, R.

ČESKEM ZA ARCHIBETONEM

In: <https://www.archibeton.cz/kam-za-archibetonem/>

Utěšená, M.; Pernicová, R.

VLIV PIGMENTŮ NA ZMĚNU BAREV POHLEDOVÝCH BETONŮ VLIVEM VNĚJŠÍCH PODMÍNEK

In: Sanace a rekonstrukce staveb 2021, 43. konference. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky WTA CZ, 2021. p. 51-56. ISBN 978-80-908408-0-5.

Pernicová, R.; Hurtig, K.; Utěšená, M.

VLIV MRAZU NA TRVANLIVOST PROBARVOVANÝCH BETONŮ

In: Sanace a rekonstrukce staveb 2021, 43. konference. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky WTA CZ, 2021. p. 23-29. ISBN 978-80-908408-0-5.

2020

Pernicová, R.; Utěšená, M.; Kratochvíle, L.

INFLUENCE OF PIGMENTS ON MECHANICAL PROPERTIES OF COLORED CONCRETE

In: Engineering Mechanics 2020: Book of full texts. Prague: Institute of Thermomechanics, AS CR, v.v.i., 2020. p. 504-507. ISSN 1805-8248. ISBN 978-80-214-5896-3.

Pernicová, R.; Utěšená, M.; Šesták, J.

THE ISSUE OF ABSENCE OF STANDARDS FOR PROPERTIES AND DURABILITY OF EXPOSED CONCRETE

In: Proceedings of the 21st Conference on the Rehabilitation and Reconstruction of Buildings. Key Engineering Materials Vol. 868. Zürich: Transtech Publications, 2020. p. 70-75. ISSN 1662-9795. ISBN 978-3-0357-3653-3.

Utěšená, M.; Pernicová, R.

COLOR INTENSITY OF ARCHITECTURAL CONCRETE DEPENDING ON THE TYPE OF CEMENT

In: Materials Science Forum. Curich: Trans Tech Publications, 2020. p. 50-54. Materials and Technologies in Engineering II. vol. 986. ISSN 0255-5476. ISBN 978-3-0357-1590-3.

2019

Pernicová, R.; Utěšená, M.; Šesták, J.

PROBLEMATIKA ABSENCE NOREM - POHLEDOVÝ BETON

In: Sanace a rekonstrukce staveb 2019. Praha: Czech Technical University in Prague, 2019. p. 87-92. ISBN 978-80-02-02888-8.

Utěšená, M.; Pernicová, R.

ANALYSIS OF THE CURRENT CONSTRUCTION FROM FAIR FACED CONCRETE IN TERMS OF BOUND CO₂ EMISSIONS

In: 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019 - Energy and clean technologies. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2019. p. 845-850. 19. vol. 4.1. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-83-6.

Pernicová, R.; Utěšená, M.

INFLUENCE OF MOULD-RELEASING AGENT ON SURFACE PROPERTIES OF COLOURED CONCRETE

In: 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2019. p. 177-182. vol. 19. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-89-8.

Pernicová, R.; Šesták, J.; Utěšená, M.

REVIEW OF FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF ARCHITECTURAL CONCRETE

2018

Utěšená, M.; Pernicová, R.

INCREASING DURABILITY OF SURFACE LAYERS OF ARCHITECTURAL CONCRETE STRUCTURES WITH REGARDS TO ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

In: 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2018 - Ecology, Economics, Education and legislation - Ecology and Environmental Protection. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2018. p. 537-543. vol. 18. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-47-8.

ABSTRACT

The dissertation defines the attributes of coloured exposed concrete, while it is not limited only to time "0", i.e. the time when the concrete is removed from the formwork after hardening, but also examines and monitors the tendency of the visual transformation of its surface over the course of several years, after which it is exposed to external influences. The work is conceived in a form based on the needs of the architect, investor, developer and other participants in the construction process.

The first part is a comprehensive survey of the issue of visible concrete structures with an orientation to colored concrete. Part of this research is the mapping of exposed concrete in contemporary architecture abroad and in the Czech Republic, with a focus on the visible surfaces of uniform structures. The second part of the work is devoted to the analysis of the results of long-term monitoring of coloured concrete samples - slabs that were exposed to the effects of external influences in the exterior.

KEYWORDS

Coloured concrete, concrete in architecture, pigments, exposed concrete, color fastness, degradation of concrete