

VNÍMÁNÍ ARCHITEKTONICKÉHO PROSTORU OSOBAMI
SE ZRAKOVÝM POSTIŽENÍM - MATERIÁLOVÁ ŘEŠENÍ

Pavel Lupač / Teze disertační práce / Fakulta architektury ČVUT v Praze / 2022

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta architektury

Ústav nauky o budovách

VNÍMÁNÍ ARCHITEKTONICKÉHO PROSTORU OSOBAMI SE ZRAKOVÝM POSTIŽENÍM - MATERIÁLOVÁ ŘEŠENÍ

PERCEPTION OF ARCHITECTURAL SPACE BY PEOPLE WITH VISUAL
IMPAIRMENT - MATERIAL SOLUTIONS

Teze disertační práce

Doktorský studijní program: Architektura a urbanismus

Studijní obor: Architektura, teorie a tvorba

Školitel: prof. Ing. arch. Irena Šestáková

Ing. arch. Pavel Lupač

Praha 2022

Práce vychází z myšlenky, že vystavěný architektonický prostor lze navrhovat takovým způsobem, který bude komfortní pro orientaci a dobře využitelný pro skupinu osob se zrakovým postižením, současně bude působit stejně na skupinu uživatelů bez postižení. Primárním smyslem, kterým běžně vnímáme prostor, je zrak, ten je doplněn ostatními smysly. Při absenci dostatečně rozpoznatelných orientačních prvků pak zrakový vjem nahrazujeme jinými smysly tím více, čím více jsou orientační prvky nejasné, což však může snadno vést k dezinterpretaci prvků a znehlednění prostředí. U osob se zrakovým postižením je hranice rozpoznatelnosti prvků v prostoru výrazně posunuta, což přináší pro prostředí, ve kterém se pohybují, specifitější požadavky.

Cílem práce bylo nalézt a popsat princip, který by bylo možné využít pro návrh a tvorbu prostoru, v němž je snadné se orientovat. Dále pak měl být nalezen objektivní nástroj, který by dokázal prověřit vhodnost konkrétního řešení za použití definovaného principu.

Z analýzy dostupných zdrojů a kvalitních řešení z praxe se jako vhodná možnost, jak vybudovat přehledné, dobře čitelné a univerzální prostředí, nabízí využití principu kontrastu. Konkrétně mohou být využity kontrasty materiálů, které jsou užívány pro tvorbu prostoru a jednotlivých prvků sloužících k orientaci. V práci jsou kategorizovány skupiny kontrastů, které jsou vhodné pro práci s architektonickým prostorem a které pomáhají vytvořit srozumitelné prostředí s jasnou orientační strukturou.

Adekvátní nástroj, který by analyzoval návrh a konkrétní řešení, byl nalezen v oblasti digitálního zpracování obrazu a počítačového vidění. Jako velmi nadějný byl zkoumán model saliency maps – zobrazení map míst poutajících pozornost, konkrétně model Walthera a Kocha. Vhodnost tohoto počítačového modelu byla zjišťována ve více fázích, zahrnujících vnímání konkrétních prostor a nabízených řešení respondenty a jejich porovnání s analýzou prostoru počítačovým modelem. V poslední fázi byl

vytvořen návrh za pomoci kategorizovaných typů materiálových kontrastů a modelu saliency maps. Navržené řešení bylo realizováno a jeho vhodnost byla prakticky ověřena.

V práci byl nalezen a kategorizován princip, kterým lze vytvářet vystavěný architektonický prostor, ve kterém by bylo komfortní se orientovat osobami jak bez zrakového postižení tak i osobami se zrakovým postižením se zbytky zraku. K těmto principům byl pak nalezen a ověřen vhodný objektivní analytický nástroj, který může být při návrhu prostor využit architektem, jemuž bude sloužit jako vodítko při ověření konkrétních orientačních prvků. Spojení využitelných kategorizovaných materiálových vlastností a analytického modelu přináší komplexní nástroj pro návrh nových nebo analýzu stávajících řešení. Zároveň rozvoj technologií přináší další možnosti pro vývoj tohoto nástroje a jeho možnou implementaci do tvůrčího procesu návrhu.

KLÍČOVÁ SLOVA

architektura, orientace, kontrast, materiál, zrakové postižení, návrh prostoru, saliency maps

ABSTRACT

The thesis is based on the idea that the built architectural space can be designed in such a way that it will be comfortable for orientation and well usable for a group of people with visual impairments, while at the same time having the same effect on a group of users without disabilities. The primary sense through which we normally perceive space is sight, which is supplemented by the other senses. In the absence of sufficiently recognisable orientation elements, the more the orientation elements become obscured, the more visual perception is then replaced by other senses. This can easily lead to disinterpretation of the elements and cluttering of any environment. The boundary of recognisability of elements in space is significantly shifted for people with visual impairments, which brings more specific requirements into the environment.

The aim of this work was to find and describe a principle that could be used to design and create an environment that is easy to navigate. Furthermore, an objective tool was then to be found that could test the suitability of a particular solution using the defined principle.

Based on analysis of available resources and quality solutions from practice, the use of the contrast principle is suggested as a suitable option to build a clear, readable and versatile environment. In particular, the contrast of materials used to create the space and the individual elements used for orientation can be used. The thesis categorizes groups of contrasts that are suitable for working with architectural space and that help to create an intelligible environment with a clear orientation structure.

An adequate tool to analyze the design and specific solutions was found in the field of digital image processing and computer vision. The model of saliency maps - the display of maps of places attracting an attention, specifically the Walther and Koch model, was investigated as very promising. The suitability of this computer model was

investigated in multiple phases, involving respondents' perceptions of specific spaces and proposed solutions, and comparing them with the computer model's analysis of the space. In the last stage, a design was created using categorized material contrast types and saliency maps model. The designed solution was implemented and its suitability was practically verified.

In this thesis, a principle was found and categorized to create built architectural space that could be comfortably navigated by persons without visual impairment as well as by persons with visual impairment with residual vision. Based on these principles, a suitable analytic tool was then found and verified, which can be used by an architect in designing of an environment, to serve as a guide in the verification of specific orientation elements. The combination of usable categorised material properties and an analytical model provides a comprehensive tool for designing new or analysing existing solutions. At the same time, advances in technology provide further opportunities for the development of this tool and its possible implementation in the creative design process.

KEY WORDS

architecture, orientation, contrast, material, visual impairment, design of the space, saliency maps

1.	ÚVOD	1
2.	IDENTIFIKACE PROBLÉMU	3
2.1.	VNÍMÁNÍ PROSTŘEDÍ	3
2.2.	KONTEXT PROSTŘEDÍ A JEHO POPIS	9
3.	CÍL PRÁCE	11
4.	METODIKA A POSTUP ZPRACOVÁNÍ	12
5.	MOŽNOSTI MATERIÁLOVÉHO ŘEŠENÍ A JEJICH UŽITÍ PŘI ORIENTACI A NÁVRHU PROSTORU	15
5.1.	MATERIÁL A ORIENTACE	15
5.1.1.	KONTRAST MATERIÁLŮ – JEJICH JEDINEČNÉHO KOMPLEXNÍHO SOUBORU VLASTNOSTÍ	19
5.1.2.	RELIÉFNÍ KONTRAST	26
5.1.3.	KONTRAST BAREV	36
5.1.4.	KONTRAST JASŮ	47
6.	MOŽNOSTI ANALÝZY PROSTORU S DŮRAZEM NA JEHO NÁVRH A SNADNOU ORIENTACI	58
7.	ANALÝZA PROSTORU POMOCÍ DIGITÁLNÍCH MODELŮ ZOBRAZUJÍCÍCH SALIENCY MAPS A JEJICH POPIS	62
8.	VYUŽITÍ ANALÝZY ZALOŽENÉ NA SALIENTNÍCH MODELECH PŘI TVORBĚ PROSTORU	66
8.1.	ZKOUMANÝ SALIENTNÍ MODEL PRO ANALÝZU OBRAZU A JEHO VYHODNOCENÍ S DŮRAZEM NA ORIENTACI OSOB V PROSTORU	70
8.2.	OVĚŘENÍ VHODNOSTI SALIENTNÍHO MODELU PŘI NÁVRHU PROSTŘEDÍ	73
8.2.1.	VIZUALIZACE KONTRASTNÍCH PRVKŮ RESPONDENTY	75
8.2.1.1.	CÍL REALIZOVANÉHO ŠETŘENÍ	75
8.2.1.2.	POPIS ŠETŘENÍ A ZPRACOVÁNÍ ZÍSKANÝCH DAT	76
8.2.2.	POROVNÁNÍ SCÉN SE ZVÝRAZNĚNÝMI ORIENTAČNÍMI PRVKY A BEZ ZVÝRAZNĚNÍ	77
8.2.2.1.	CÍL REALIZOVANÉHO ŠETŘENÍ	77
8.2.2.2.	POPIS ŠETŘENÍ	78
8.2.3.	APLIKACE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ POMOCÍ SALIENTNÍHO MODELU DO REÁLNÉHO PROSTORU	80
8.2.3.1.	CÍL REALIZOVANÉHO ŠETŘENÍ	80
8.2.3.2.	POPIS ŠETŘENÍ	80
8.3.	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ OVĚŘENÍ VHODNOSTI SALIENTNÍHO MODELU PRO NÁVRH PROSTŘEDÍ	83
9.	ZÁVĚR	85
10.	SEZNAM CITOVANÝCH ZDROJŮ	90
11.	SEZNAM OBRÁZKŮ	92
12.	SEZNAM PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI AUTORA	95

Město a jeho stavby jsou architektonickým prostorem¹, ve kterém je nám dáno se každodenně pohybovat. Orientaci v něm zvládá každý z nás jinak a stejně tak jsou pro orientaci každého člověka důležité jiné momenty. Jsou to prvky v našem okolí, které na sebe necháváme působit a které nám pomáhají s identifikací konkrétního místa nebo trasy našeho pohybu. Většinou je však pro jejich různorodost nedovedeme konkretizovat a popis často zjednodušujeme na vizuální postřehy, přičemž vjemy ostatních smyslů necháváme do jisté míry bez povšimnutí a vyhodnocení.

Pokud tedy ztrácíme zrak, ztrácíme s ním jeden z nejdůležitějších smyslů, který jsme si vyčlenili pro orientaci v prostoru. Při současném tempu života jsou pro nás zrakové podněty primární a často jedinou informací důležitou nejen pro pohyb v prostoru, ale i pro naše ostatní činnosti. Mállokdo si uvědomuje o jakou část návyků a životního stylu by po omezení zrakového vnímání přišel. Přitom je zrakové postižení v populaci velice běžnou záležitostí, a i když pomineme vady zraku, které jsou kompenzovány (např. užitím brýlí), stále se dostáváme k vysokému procentu světové populace, která je bez účinných pomůcek zrakově postižena. Odhadovaný počet zrakově postižených byl v roce 2010 celosvětově 285 milionů osob, přičemž 39 milionů trpí slepotou a 246 milionů osob je postiženo zhoršeným viděním.² Je tedy zřejmé, že počet zrakově postižených osob mezi námi je vysoký. K tomuto číslu je ještě nutné dodat, že 70 - 75% zrakových vad vzniká u lidí starších 65 let³, tedy z důvodu stárnutí, přičemž

1 *Architektonický prostor definuji jako vystavěný prostor navrhovaný a vytvářený pomocí stavebních a architektonických prvků a principů.*

2 *Global data on visual impairments 2010. [online]. WHO/NMH/PBD/12.01, 2012. s. 3 [cit. 3.7.2020]. Dostupné z: <https://www.who.int/blindness/GLOBALDATAFINALforweb.pdf>*

3 Schindler, R., Pešák, M. *Kdo je zrakově postižený?* [online]. SONS ČR. [cit. 1.7.2020]. Dostupné z: <http://www.sons.cz/kdojezp.php>

například v evropské populaci je díky zlepšování zdravotní péče a zvyšování životní úrovně očekáván nárůst osob v seniorském věku. Do roku 2020 byl očekáván nárůst osob v seniorském věku ze 14 milionů na 19 milionů, do roku 2050 dokonce na vysokých 40 milionů osob starších 85 let.⁴ Je tedy pravděpodobné, že procento zrakově postižených do budoucna poroste, i když díky vývoji medicíny zřejmě ne tak dramaticky, jako čísla uvedená v odhadech.

Stejně poroste potřeba přizpůsobit naše okolí tak, abychom jej i se zrakovým handicapem mohli vnímat a užívat s co nejmenším omezením. Můžeme lépe stimulovat tento náš primární orientační smysl - zrak, nebo se pokusit o stimulaci ostatních smyslů tak, aby mohly zrak doplňovat, popřípadě jej dostatečně kompenzovat. Musíme také vycházet z faktu, že adaptabilita osob s handicapem a lidí v seniorském věku je snížena, a je tudíž nutné vytvářet již pro zdravé lidi prostředí, které bude obsahovat zvýrazněné prvky stimulující zrak, k orientaci nejčastěji využívaný smysl. K lepší orientaci je možné a vhodné využít řešení, která zapojují i jiné smysly, než je zrak. Zapojení sluchu, čichu nebo hmatu vizuální prvky velmi dobře podpoří.

Takto položené úvahy nad zrakovým postižením nás mohou vést k myšlence, zda je možné budovat prostředí, které by nebylo primárně určené pro osoby se zrakovým handicapem, ale jejich potřeby by do sebe začleňovalo. Takovéto prostředí by bylo vytvořené podle principu inkluze. To znamená, že by bylo navržené tak, aby bylo přehledné a přívětivé pro každého z nás, nejen pro osoby se zrakovým handicapem.

4 *Demographic trends, statistics and data on ageing* [online]. World Health Organization - Regional office for Europe. [cit. 3.7.2020]. Dostupné z: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/Life-stages/healthy-ageing/data-and-statistics/demographic-trends,-statistics-and-data-on-ageing>

2.

IDENTIFIKACE PROBLÉMU

2.1.

VNÍMÁNÍ PROSTŘEDÍ

Městské prostředí a prostředí budov je tvořeno podle architektonického konceptu, který je vypracován na základě konkrétního zadání. Často již toto zadání nerespektuje základní potřeby snadné orientace v prostoru a požadavek tvorby kvalitního prostředí. Příkladem může být požadavek na „průhlednost“ stavby - užití velkého množství prosklených ploch (obr. 1) .



Obrázek 1: Skleněné stěny znesnadňují vnímání objektu (CaixaForum, Barcelona, Španělsko)

Dalším, často viditelným problémem je nesystematičnost orientačních opatření, která se často setkávají i s mnoha výraznými prvky, které na sebe strhnou veškerou pozornost. Ve vystavěném prostředí se můžeme setkat s více prvky různých orientačních systémů, které na sebe nenavazují a mohou být i v rozporu. Problémem také mohou být různá reklamní zařízení, která svou výrazností snadno upozadí vše ostatní. Pro vnímání prostoru je zásadní psychika a zdraví jedince. To ovlivňuje způsob, jakým

prostor vnímáme, jak se rozhodujeme a jak se v prostředí orientujeme. Je nutné, aby návrh vycházel z konkrétních potřeb lidského vnímání, a pozitivního působení na psychiku osob.⁵ Pro normálně vidícího člověka jsou mnohé prostory velmi obtížně definovatelné, o to více toto platí pro osoby se zrakovým handicapem. Navíc je rozpoznávání jednotlivých objektů ve scéně složitý proces zatřizování základních vjemů a jejich interpretace zkušenostmi uloženými v našem mozku. Mozek však nejedná vždy naprosto spolehlivě, někdy při vyhodnocení informací převáží zkušenost nad skutečně viděným obrazem. Pak můžeme vidět iluzorní objekty, které jsou přizpůsobeny naší představě viděného, například fiktivní flotilu lodí na mořském horizontu místo kupy mraků.⁶

Je tedy zřejmé, že prostor, ve kterém není rozpoznatelná hierarchie jednotlivých prvků, může být velmi matoucím shlukem informací, který může vést k mylné představě o sobě samém (obr. 2) . Stejně tak lze přemýšlet nad prostředím s nevýrazným nebo žádným konceptem, kde chybí jakýkoliv výraznější nebo kontrastující prvek (obr. 3). Problém jasné hierarchie nebo chybějícího konceptu lze přirovnat k představě našich předků, kteří věřili, že z okolí objektů se šíří vlny, podobné vlnám na vodě, které se však šíří ve tvaru samotného objektu a takto je objekt vnímán.⁷ Jak moc jasná a přesná bude představa o prostoru, z něž přicházejí vlny všechny naprosto stejné nebo naopak vlny, u nichž nedokážeme identifikovat hierarchii, systém nebo záměr?

5 Šestáková, I., Lupač, P. Orientace a pohyb v prostoru. *Interiér*, ročník 2011, číslo 3, s. 44.

6 Gregory, R. L. *Eye and brain: the psychology of seeing*. Oxford University Press, 1997. s. 6.

7 Tamtéž, s. 1.



Obrázek 2: Prostor s mnoha výraznými prvky ale bez jasné hierarchie (Musiktheater, Graz, Rakousko)



Obrázek 3: Prostor bez výrazných orientačních prvků (budova opery, Oslo, Norsko)

S jasnou hlavou a bez omezujícího postižení dokážeme často identifikovat na první pohled velmi složité věci. Dokážeme se koncentrovat na více věcí zároveň, přičemž dokážeme vnímat i zbytek prostředí periferním viděním a dokážeme naši pozornost rychle zaměřit na výrazný podnět mimo místo, na které jsme v aktuálním okamžiku soustředěni. Současně dokážeme skládat podněty z různých míst našeho okolí do jedné informace, která nám dává jasnou představu o prostoru, ve kterém se nacházíme a o předmětech, které nás obklopují. Vše nám ale může značně zkomplikovat jakákoliv zraková vada vůbec, nebo jen obtížně kompenzovatelná.

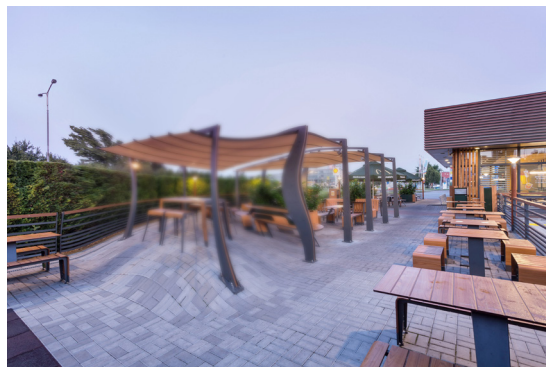
Dle World Health Organization se v populaci nejčastěji setkáváme s následujícími degenerativními zrakovými vadami: refrakční vady, katarakt, glaukom, makulární degenerace podmíněná věkem, diabetická retinopatie, trachom, korneální dystrofie rohovky.⁸

Tyto degenerativní vady jsou způsobeny různými mechanismy, které zahrnují vývojové vady, vady spojené se stárnutím, civilizačními onemocněními, či infekcemi způsobenými mikroorganismy. Kromě těchto nejčastěji zastoupených vad je mezi populací rozšířeno ještě množství dalších, např. vady viditelnosti barevného spektra nebo vady spojené s úrazy oka a mozku. Všechny vady spojuje to, že deformují viděný obraz – základní vnímanou sadu informací. Nutně však nemusí deformovat i následnou představu o prostoru (obr. 4 - 9).

8 *Global data on visual impairments 2010. [online]. WHO/NMH/PBD/12.01, 2012. s. 3 [cit. 3.7.2020]. Dostupné z: <https://www.who.int/blindness/GLOBALDATAFINALforweb.pdf>*



Obrázek 4: Obrázek viděný bez zrakové vady



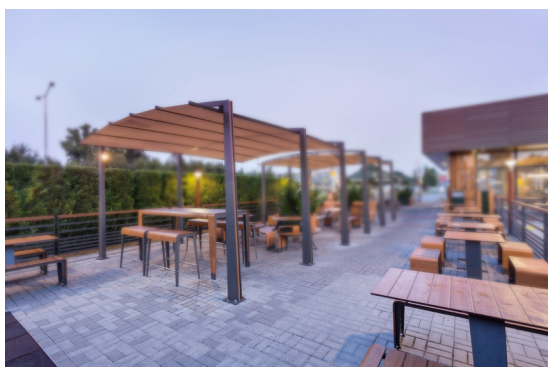
Obrázek 5: Simulace makulární degenerace



Obrázek 6: Simulace glaukomu



Obrázek 7: Simulace kataraktu



Obrázek 8: Simulace myopie



Obrázek 9: Simulace retinopatie

Anatomie oka a jeho patologické změny jsou již poměrně přesně zmapovány. Jsou prozkoumána i omezení, která plynou z různých zrakových postižení. Otázkou stále do jisté míry zůstává interakce vnějšího světa, oka jako prostředníka a mozku jako interpreta vjemu. Interpretace vjemu je pro vnímání prostoru jak osobami se zrakovým postižením, tak osobami se zdravým zrakem zásadní a měla by určovat způsob, jak budeme vytvářet prostředí, ve které se pohybujeme. Existuje několik vědeckých teorií, které vztah mezi okem a mozkiem popisují, zatím však nelze přesně určit jasný vzorec zpracování signálu přicházejícího z oka v mozku. Oko přejímá optické signály z reálného světa a převádí je na impulzy dále vyhodnocované v mozku. Tyto impulzy nemají charakter obrazů, obraz je skládán až v mozkové tkáni. Důležitým faktem je, že signály přicházející z oka a vyhodnocované v mozku jsou oproti realitě časově opožděny, dále ještě musíme počítat se zpožděním reakce mozku a reakce zbytku těla na viděnou událost. Důsledkem tohoto faktu je, že mozek musí „myslet do budoucna“. Musí předvídat události ještě dříve, než se stanou tak, aby dokázal na situaci adekvátně reagovat. Z toho je patrné, že mozek často nemůže pracovat pouze s vnějšími impulzy, ale musí nutně pracovat i s určitým systémem založeným na zkušenosti, která mu umožní budoucí děje předvídat. Důležité je i to, že lidé mají své zrakové vnímání přizpůsobené prostředí, ve kterém žijí. Je například postřehnutelný rozdíl ve vnímání vzdálenosti mezi člověkem žijícím celý svůj život v kompaktním organickém pralese, kde se velká část vjemů odehrává v blízkém okolí, a člověkem žijícím v pravidelném městském prostředí s dlouhými paralelními ulicemi a velkými vzdálenostmi. Lidé navyklí životu v lesním prostředí vnímají v první chvíli vzdálené objekty v rozvolněném nebo uměle vytvořeném prostředí jako malé objekty.⁹

Zatím nedokážeme přesně popsat interpretaci reálného světa mozkem a jeho další reakce, nelze proto předložit popis ideálního řešení prostorů a jednotlivých prostorových prvků. Interpretaci obrazu mozkem však dnes často úspěšně popisují a simulují počítačové algoritmy, které jsou doplňovány prvky umělé inteligence a umějí být lidskému vnímání velmi podobné. Stále se však musíme do velké míry spoléhat na zkušenosti a intuici. Na tyto dvě proměnné nakonec spoléhá i sám mozek.

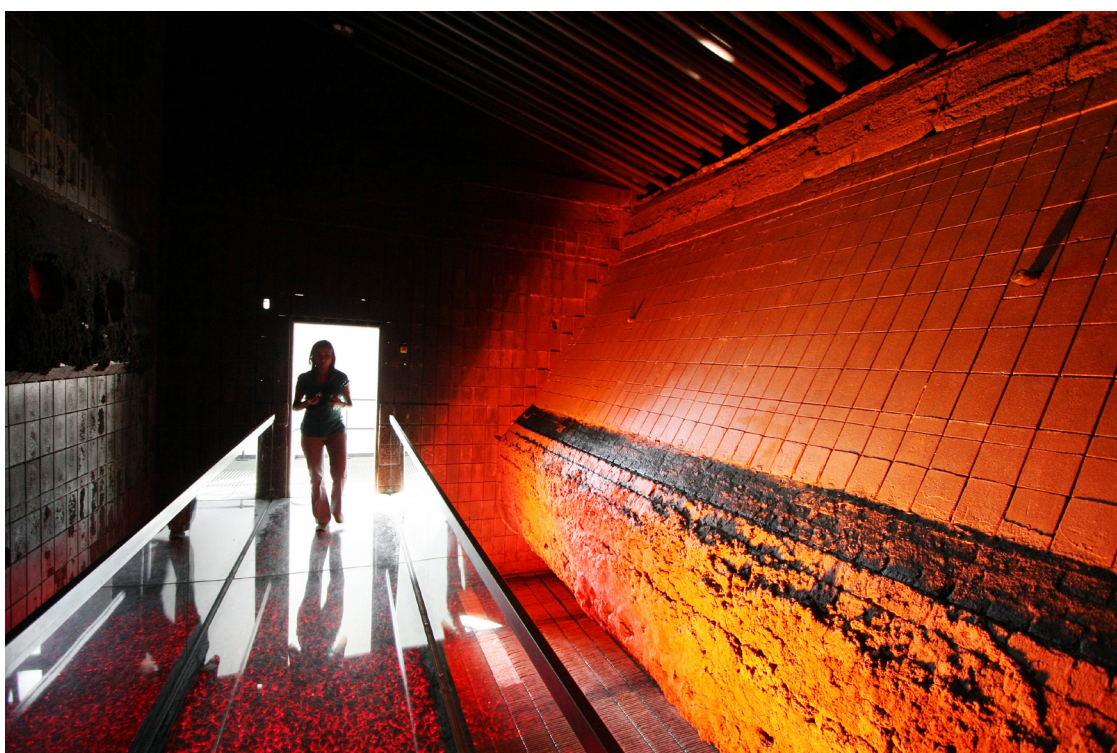
2.2.

KONTEXT PROSTŘEDÍ A JEHO POPIS

Účinky architektonických prostor jsou se samozřejmostí vnímány a často popisovány v teoretických pracích architektů. Většinou si všichni dobře uvědomují, jak se mění vnímání prostoru při změnách proporcí, materiálů nebo použitých prvků v interiéru a exteriéru. Architekt Peter Zumthor¹⁰ popisuje několik stavebních kamenů návrhu architektonického prostoru. Uvádí například vztah proporce prostoru k velikosti lidské bytosti, změnu teploty v prostředí, která pocity člověka ovlivňuje. Dále zmiňuje vztah a napětí na hranici interiéru a exteriéru a dále i úroveň intimity prostředí z pohledu člověka procházejícího architekturou. Nejdůležitější jsou však autorovi poznámky k užití materiálu, světla a zvuku v architektuře. O materiálu se Peter Zumthor zmiňuje jako o stavebním prvku rozličných vlastností, který je svými unikátními vlastnostmi v prostoru vždy jedinečný. Pokud do tvorby prostoru zahrneme práci s kombinací materiálů, získáváme nekonečné množství variací, vždy však unikátních.

10 Zumthor,P.:*Atmospheres*. Birkhäuser, 2006

Tímto způsobem lze tvořit jedinečný prostor o jedinečné kvalitě. Do hry vstupuje také světlo, které může tvořit prvek svou samotnou přítomností, nebo měnit vnímání vlastností jednotlivých materiálů (obr. 10). Stejně tak použití materiálů a různých proporcí prostoru ovlivňuje šíření zvuku, dalšího prvku, který lze při návrhu velmi dobře využít. Dramaturgii prostoru vytváříme také inscenací výhledů a průhledů, vztahem k exteriéru. Vnímání ovlivňujeme uspořádáním půdorysů a řazením prostorů.¹¹



Obrázek 10: Teplá barva ohně mění vyznění prostoru z šedivých chladných materiálů (Lisabon, Portugalsko)

Problém všech prvků, ze kterých je prostor vystavěn, tkví v jejich obtížné kategorizaci a exaktním popisu, který je téměř nemožný z důvodu vzájemné interakce prvků. Návrh a vyznění prostoru dokážeme proto nejlépe popsat pomocí nepříliš vědeckých

11 Šestáková, I. Tomandl, J., Voříšková, Š., Lupač, P., Gál, O. *Principy tvorby prostředí pro osoby s parkinsonovou nemocí*. ČVUT v Praze, 2019. s. 13.

prožitků. Je tedy těžké exaktně definovat prvky, které jsou pro návrh prostředí nejen pro zrakově handicapované tolik důležité. Dobře tyto prožitky dokáže přiblížit fotografie, která umožňuje zachytit alespoň část komplexnosti celé scény. Zároveň se zdá být vhodným médiem pro analýzu scény jak člověkem zkoumajícím nebo navrhujícím prostor, tak potom i počítačovým algoritmem simulujícím interpretaci obrazu mozkiem. Vhodnost použití fotografie jako komunikačního prostředku při práci se zrakovými vadami lze opřít i o praxi poradců a asistentů zrakově postižených. Pro co nejméně komplikovaný pohyb v prostředí je třeba zrakově postiženou osobu s konkrétní situací seznámit. Vhodné médium pro seznámení se s konkrétním prostorem pak může být podle poradkyně dětských klientů se zrakovým postižením fotografie daného prostoru, které dítěti pomůže získat s prostorem zkušenost.¹²

3.

CÍL PRÁCE

Cílem práce je popsat, kategorizovat a vyhodnotit princip, který by mohl být univerzálně použit při návrhu a realizaci inkluzivního vystavěného prostředí, tedy nejen pro osoby se zrakovým handicapem (i když s ohledem právě na ně). Vhodnou možností, jak dosáhnout přehledného prostředí, ve kterém je snadné se orientovat a který tedy splňuje požadavek univerzality, je práce s kontrastem. Proto je tato práce soustředěna právě na otázku využití kontrastů. Možností použití kontrastů při návrhu anebo začleňování určitých kontrastních řešení do existujících prostorů je nepřehledné množství a proto je jedním z cílů definovat základní vlastnosti kontrastních principů a pokusit se je kategorizovat do několika málo skupin, které by bylo možné cíleně aplikovat a kombinovat.

12 Šumníková, P. *Možnosti prostorové orientace a samostatného pohybu*. UK – Pedagogická fakulta, 2018. s. 121.

Užitím jednotlivých prvků v širším kontextu prostředí dochází k jejich vzájemné interakci jak mezi sebou, tak vzájemně se svým okolím. Dalším krokem je tudíž nalezení vodítka, které by pomohlo prostor analyzovat a vyhodnotit vhodnost konkrétního návrhu v tomto širším pojetí. Toto vodítko nebo nástroj musí zohlednit fakt, že možností užití konkrétních typů kontrastů vytváří v prostoru nekonečnou řadu variant. Tyto varianty se pro svůj počet a specifičnost nedají katalogizovat a konkrétně pojmenovat tak, aby vzniklo vždy jedno univerzální řešení. Cílem tedy nemá být katalogizace vhodných řešení, ale nalezení nástroje univerzálně použitelného pro ověření vhodnosti navrženého nebo realizovaného řešení.

4.

METODIKA A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

Práce je rozpracovaná na základě analýzy dostupných zdrojů z literatury, online dat a pozorování konkrétních řešení v praxi v České republice a v zahraničí. Navazující části práce byly zpracovány pomocí počítačového softwaru a algoritmů, dílčí výstupy byly ověřovány na vzorku osob a v praxi. Dále byly poznatky konzultovány s odbornými osobami organizací sdružujících osoby s handicapem, odborníky z řad architektů zabývajících se tvorbou prostředí pro osoby s handicapem, odborníkem v oblasti analýzy obrazu počítačovými metodami a výzkumníkem z oboru psychologie - oblasti zrakové pozornosti a paměti.

V práci je jako jeden z hlavních výrazových prostředků k popisu konkrétní situace využita fotografie, je tak záměrně položena na úroveň textu. Tyto fotografie mohou zachycovat subjektivní pohled, i tak jde však o velmi objektivní zdroj informací, jelikož zobrazují celkový kontext, který je pouze při použití textu nedosažitelný. Právě kontext a celkové vyznění situace je pro orientaci a pro práci s prostorem a prvky v něm naprosto zásadní, a tudíž je fotografie vhodné médium, které dokáže problém popsat v celé šíři.

Postup práce byl členěn do několika navazujících bloků:

- a) identifikace problému a stanovení cílů práce
- b) rešerše dostupných zdrojů (literatura, online data)
- c) obhlídky řešení v praxi, jejich fotodokumentace
- d) studium, třídění a vyhodnocování nabytých poznatků
- e) vytvoření kategorizace jednotlivých možných přístupů k vytvoření kontrastního řešení
- f) rešerše, hledání a získávání nástrojů pro objektivní analýzu prostředí s vhodnými typy vizuálních kontrastů
- g) ověřování vhodnosti modelu počítačového vidění pro návrh v praxi
 - vizualizace kontrastních prvků v digitální scéně respondenty a porovnání s analýzou scény pomocí počítačového modelu
 - vytváření digitálních scén s kontrastními prvky navrženými pomocí počítačového modelu a jejich porovnání respondenty se scénami bez navržených kontrastních prvků
 - aplikace navrženého řešení pomocí počítačového modelu do reálného prostoru, testování respondentem se zrakovým postižením
- h) vyhodnocení a závěr výzkumu

Výzkum, především pak zahraniční cesty spojené s rešeršemi k tématu, byl finančně podpořen grantem Studentské grantové soutěže ČVUT - **SGS10/096/OHK1/1T/15** - Architektonický prostor a orientace osob se smyslovým handicapem – materiálová řešení povrchů.

Dále byly materiály a znalosti získávány při spoluřešení výzkumných grantů: Grant Grantové agentury České republiky **GAČR 16-23901S** - Principy tvorby prostředí pro

osoby s Parkinsonovou nemocí, Studentské grantové soutěže ČVUT - **SGS12/158/OHK1/2T/15** – Nové trendy v bydlení pro seniory, z Fondu rozvoje vysokých škol - **326/2013** - Nové trendy v bydlení pro seniory: rozvoj elektronických studijních materiálů o bydlení, z Fondu rozvoje vysokých škol - **1893/2011** – Univerzální design a přístupnost staveb veřejné hromadné dopravy osobám s tělesným nebo smyslovým handicapem.

Témata konzultovali odborné osoby z dalších oborů: **prof. Ing. Daniel Sýkora, PhD.**, Fakulta elektrotechnická ČVUT, Katedra počítačové grafiky a interakce; **Mgr. et Mgr. Filip Děchtěrenko, Ph.D.**, Psychologický ústav Akademie věd ČR, který se ve své práci zabývá zrakovou pozorností a pamětí; **Ing. František Brašna**, Sjednocená organizace nevidomých a slabozrakých ČR a **Mgr. Matouš Pilnáček**, Sociologický ústav Akademie věd ČR.

5. MOŽNOSTI MATERIÁLOVÉHO ŘEŠENÍ A JEJICH UŽITÍ PŘI ORIENTACI A NÁVRHU PROSTORU

5.1. MATERIÁL A ORIENTACE

Hlavním principem umožňujícím základní orientaci v prostoru je princip kontrastu. Věci od sebe rozlišujeme na základě jejich odlišnosti od okolí. To mimo jiné potvrzují i zkušenosti z praxe rodičů a pedagogických pracovníků pečujících o zrakově postižené.¹³ Může se jednat o jakýkoliv kontrast vyplývající ze situace, například kontrast tepelný, hmotový, světelný, akustický nebo kontrast materiálový ovlivňující všechny předchozí typy kontrastů (obr. 11).



Obrázek 11: Kontrast materiálů, barev a hmot (Praça Nova de São Jorge Castle, Lisabon, Portugalsko)

Právě materiál a jeho užití v rámci architektonického prostoru je vedle hmotového řešení jedním z nejdůležitějších prostředků ztvárnění vystavěného prostředí, poněvadž

13 Šumníková, P. *Možnosti prostorové orientace a samostatného pohybu*. UK – Pedagogická fakulta, 2018. s. 121.

může být dobře vnímán zrakem nebo zbytky zraku. Důležitost užití materiálových řešení v kontrastním provedení pro osoby se zbytky zraku - zrakovým postižením se odráží i ve skutečnosti, že je v mnoha evropských zemích legislativně upravena, v České republice se tak děje především vyhláškou č. 398/2009 Sb.

Chceme-li stavět budovy a vytvářet prostředí, ve kterém žijeme, činíme tak prostřednictvím jednotlivých stavebních elementů. Vlastnosti těchto prvků jsou definovány kromě tvaru i materiály, ze kterých jsou složeny. V našem okolí se nachází nepřeberné množství materiálů různých vlastností, které dokážeme vnímat díky všem našim smyslům, nejenom zraku. Samotné materiály se od sebe liší barevností, strukturou, fyzikálními vlastnostmi, atd.. Každý materiál poskytuje dlouhou řadu svých variací s odlišnými vlastnostmi (obr. 12), čímž vzniká nepřeberný vzorník různě kontrastních řešení, který lze dále rozvíjet pomocí unikátních materiálových kombinací.



Obrázek 12: Různě opracovaný materiál má odlišné vlastnosti (Sagrada Família, Barcelona, Španělsko)

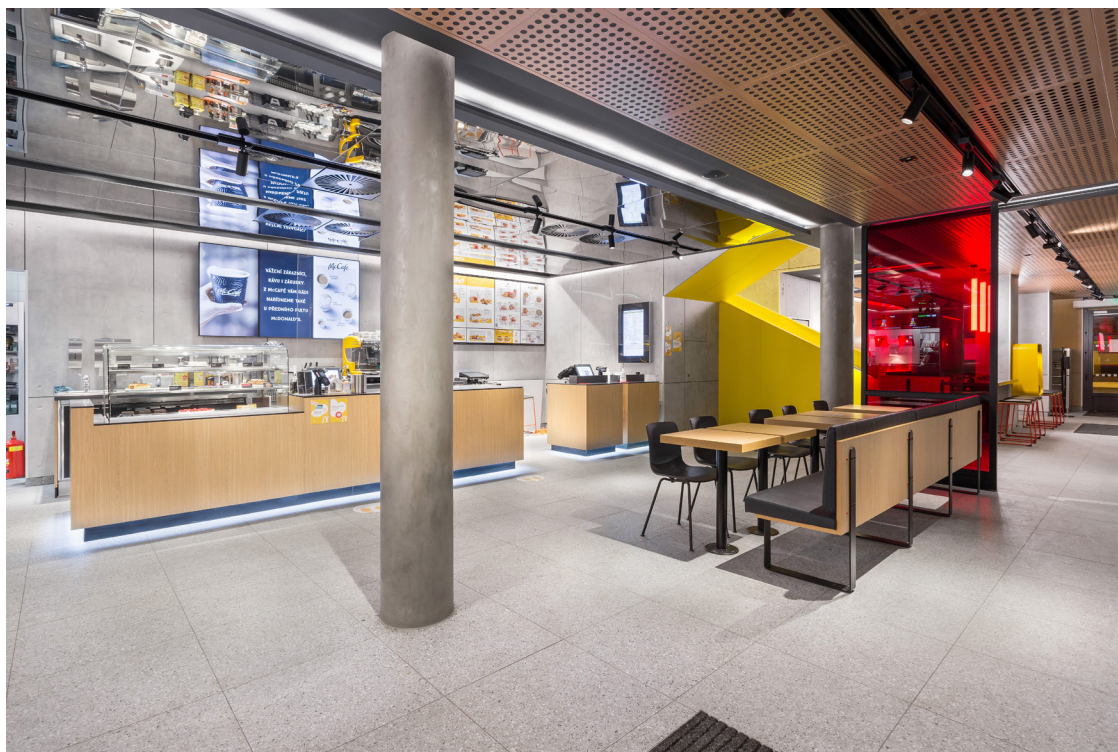
Pokud budeme jednotlivé materiály dále opracovávat a vrstvit, můžeme jejich účinek dále výrazně měnit. Z materiálu, jakým je kámen, který vnímáme jako tvrdý a nepoddajný, můžeme ohlazením vytvořit valoun s výrazem měkkého předmětu, který je oproti obecnému vnímání kamene jako tvrdého materiálu výrazově posunut. Naopak hrubým štípáním dojem tvrdého a nepoddajného materiálu ještě umocníme. Stejně tak ze dřeva, materiálu, který vnímáme jako měkký a poddajný, můžeme jeho agresivním tvarováním vytvořit pocit ostrého a tvrdého materiálu (obr. 13).



Obrázek 13: Různé tvarování materiálu určuje jeho vyznění – jemné řasení nebo ostré žlábký v jednom kusu kamene

Při práci s různými materiály a prvky, které za použití materiálů vytváříme, je velmi podstatné dbát na to, aby byly jednotlivé použité elementy v prostoru v harmonickém vztahu. Pokud budou prvky vzájemně soupeřit o svou pozornost, nebude prostor přehledný, i když bude vytvořený ze zřetelných prvků. V případě práce s kontrastními

prvky a materiály je tak třeba dbát přiměřenosti.¹⁴ Stejně tak je velmi důležité posuzovat použití kontrastních prvků i v případě různých mentálních handicapů. U lidí s kognitivním nebo intelektuálním postižením mohou mít silné kontrasty velmi odpuzující účinek¹⁵ (obr. 14).



Obrázek 14: Mnoho různých silných kontrastních prvků soupeřících o svou pozornost (restaurace Restaurace McDonalds, Olomouc, Česká republika)

Charakteristikou jednotlivých skupin materiálových kontrastů a jejich pojmenováním můžeme lépe vnímat to, jak se dají jednotlivé kontrasty použít v konkrétních situacích a také to, jak se dají mezi sebou navzájem kombinovat. V dalších bodech se zabývám několika základními skupinami kontrastů a příklady jejich použití v praxi. Jistě lze vytvořit širší kategorizaci, popřípadě dělení na základě jiných parametrů. U níže

14 Šestáková, I., Francová, N., Sobek, J., Procházková, M., Sobek, J., Lupač, P. *Bydlení (nejen) pro lidi se zdravotním postižením*. MPSV ČR, 2012. s. 69.

15 Voříšková, Š. *Barrierefreiheit*. universalRAUM GmbH, 2012. s.119.

pojmenovaných skupin se však pokouším o co nejjednodušší dělení, které je zřejmé při prvním kontaktu se situací stejně, jako by měly být jasné a dobře čitelné orientační prvky v prostoru.

5.1.1. KONTRAST MATERIÁLŮ – JEJICH JEDINEČNÉHO KOMPLEXNÍHO SOUBORU VLASTNOSTÍ

Každý materiál je definován skupinou vlastností, jako je barva, povrchová struktura, tvrdost, odrazivost, tepelná kapacita atd. Vhodnou kombinací materiálů s unikátním charakterem můžeme vytvářet vizuální kontrasty.¹⁶ Ty jsou zesilovány kontrasty jednotlivých vlastností porovnávaných materiálů. Příkladem může být kontrast přírodní zeleně a šedé betonové plochy. V městském prostředí bude zeď vyzařovat chlad a vláhu, naopak beton bude absorbovat teplo a bude jej do určité míry šířit zpět do svého okolí. Strukturou bude betonová stěna hladká a plošná, naopak zeď porostlá břečťanem bude prostor a plochu svými listy členit. Beton bude v závislosti na své povrchové úpravě světlo spíše pohlcovat a utlumovat, zatímco lesklé listy břečťanu budou vytvářet velké množství odrazových ploch a celá plocha pak bude působit živějším a světelnějším dojmem. Dalším faktorem bude barevný kontrast jednotlivých materiálů (obr. 15 - 18).

Komplexnost materiálových vlastností zahrnuje další, nevizuální vlastnosti materiálů, které nejsou vnímány přímo zrakem a dotváří výsledný dojem. Tyto vlastnosti zahrnují využití dalších smyslových vjemů jako je hmat, sluch, vnímání teploty a čich.¹⁷

16 Lupač, P. Kontrasty. *ERA21*, ročník 2012, číslo 04, s. 50.

17 Kling, B., Krüger, T. *Signage. Detail*, 2013. s. 41.



Obrázek 15: Kontrast rostlin a stavebních konstrukcí (Krematorium Baumschulenweg, Berlín, Německo)



Obrázek 16: Kontrast stavebních konstrukcí různých vlastností (Lysaker station, Oslo, Norsko)



Obrázek 17: Kontrast rostlin a stavebních konstrukcí (Montjuïc, Barcelona, Španělsko)



Obrázek 18: Kontrast rostlin a stavebních konstrukcí (XAL showroom, Graz, Rakousko)

Surčitým prvkem, se kterým máme předchozí zkušenost, si vlastnosti vnímané ostatními smysly asociujeme a jsou součástí vjemu konkrétního objektu. Pokud jsou pak tyto prvky vnímány jako celek rozličných vlastností, můžeme s nimi tímto způsobem velmi efektivně pracovat. Například použitím vodního elementu nebo záhonu květin vytvoříme jasný orientační prvek i pro osoby se závažným poškozením zraku. Tyto prvky jsou současně použitelné svou formou vizuálního kontrastu, který je dostatečně zřejmý i pro osoby s méně závažným zrakovým postižením (odrazivost světelných paprsků u vody, členitost povrchu u zeleně). Další výhodou těchto řešení je často obohacení prostoru o přírodní prvek, který je v městském prostředí často málo zastoupen a je většinou vnímán pozitivně. Kupříkladu cesta lemovaná květinovým záhonem bude v době květu velmi dobrým orientačním prvkem, který může být užíván jak osobami se ztrátou zraku, tak bude dobře podprahově vnímán i osobami bez postižení. Stejným způsobem bude působit vodní prvek, který může v prostředí dominovat akusticky (bublání potoka), nebo může být vnímán pro svou schopnost absorpce velkého množství tepla (prostřednictvím vodních ploch lze dobře regulovat přehřáté městské prostory) (obr. 19 - 22).



Obrázek 19: Chodník lemovaný záhony vytváří kontrast vnímatelný více smysly (Potters Field Park, Londýn, Velká Británie)



Obrázek 20: Prostor doplněný vodním prvkem vytváří kontrast vnímatelný více smysly (Scottish Parliament, Edinburgh, Skotsko)



Obrázek 21: Prostor doplněný vodním prvkem vytváří kontrast vnímatelný více smysly (Stanice metra, Zurich, Švýcarsko)



Obrázek 22: Prostor doplněný vodním prvkem vytváří kontrast vnímatelný více smysly (More London Place, Londýn, Velká Británie)

Naopak užitím materiálů s podobnými nebo stejnými vlastnostmi vytváříme jednolitý, nepřehledný prostor. Tomu je tak i v případě, že prostor zahltneme velkým množstvím kontrastních materiálů bez jednotného a snadno pochopitelného konceptu. V případě použití kontrastu příliš velkých ploch může dojít k tomu, že kontrasty již nebudou vnímány, budou vnímány pouze jednotlivé materiálově kompaktní plochy, což se může stát například u velkých ploch náměstí (obr. 23 - 24). Dalším faktorem ovlivňujícím vnímání kontrastů je úhel pohledu a síla nasvětlení. Obecně lze také říci, že pokud chceme předmět v prostředí rozeznat od okolí, musí být kontrast předmětu tím větší, čím menší předmět je.¹⁸



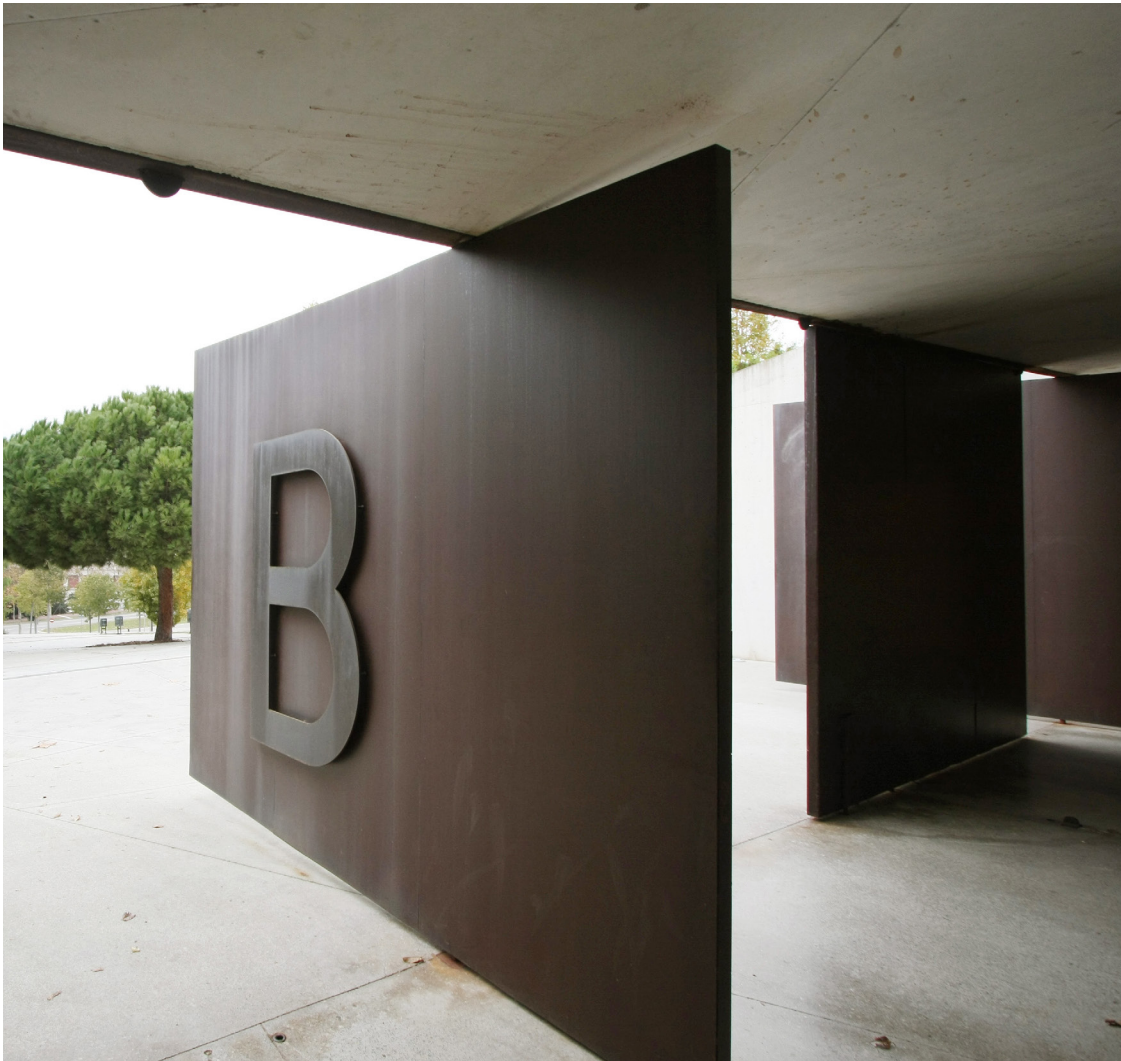
Obrázek 23: Velké kontrastní plochy znepřehledňují vnímání prostoru náměstí, dělí plochu náměstí na mnoho menších částí (Norrmalmstorg, Stockholm, Švédsko)



Obrázek 24: Velké kontrastní plochy znepřehledňují vnímání prostoru náměstí, dělí plochu náměstí na mnoho menších částí (Sergels torg, Stockholm, Švédsko)

Reliéfní kontrast je ovlivněn prostorovou strukturou povrchu. Společně s vhodným světelným zdrojem jsou struktury materiálů nebo objekty schopny vrhat stín a tím zvýrazňovat kontrast mezi osvětlenými plochami a místy, které jsou ve stínu. Řešení reliéfu může být ve formě pozitivního reliéfu (informace vystupuje nad podklad) (obr. 25), negativního reliéfu (informace je zahloubena do podkladu) (obr. 26), nebo jejich kombinace (obr. 27).

Samotný reliéf pak může vytvářet konkrétní symbol (obr. 28 - 29) nebo plošně pojednává celý objekt či jeho část (obr. 30 - 31).



Obrázek 25: Reliéf vystupující z plochy (Montjuïc, Barcelona, Španělsko)



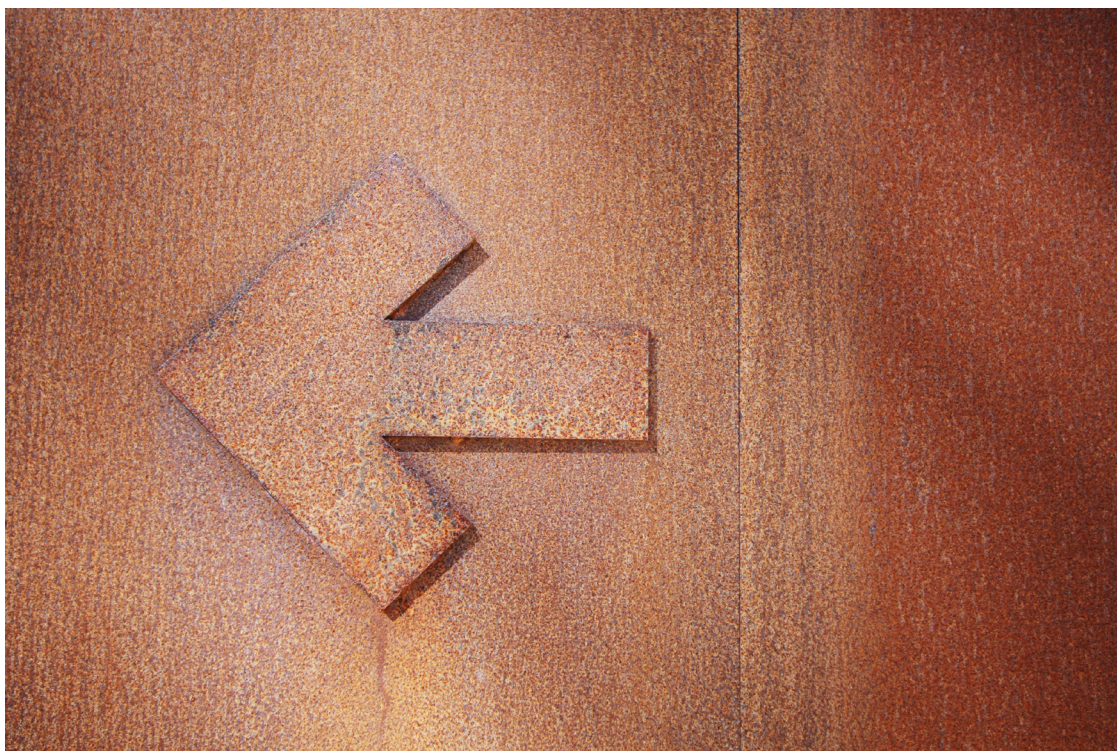
Obrázek 26: Reliéf zahloubený do plochy (Neuer Wall, Hamburg, Německo)



Obrázek 27: Reliéf kombinující vystoupení a zahloubení do plochy (Hamburg, Německo)



Obrázek 28: Symbol zobrazený za pomoci reliéfního kontrastu (Hlavní vlakové nádraží, Antverpy, Belgie)



Obrázek 29: Symbol zobrazený za pomoci reliéfního kontrastu (Praça Nova de São Jorge Castle, Lisabon, Portugalsko)

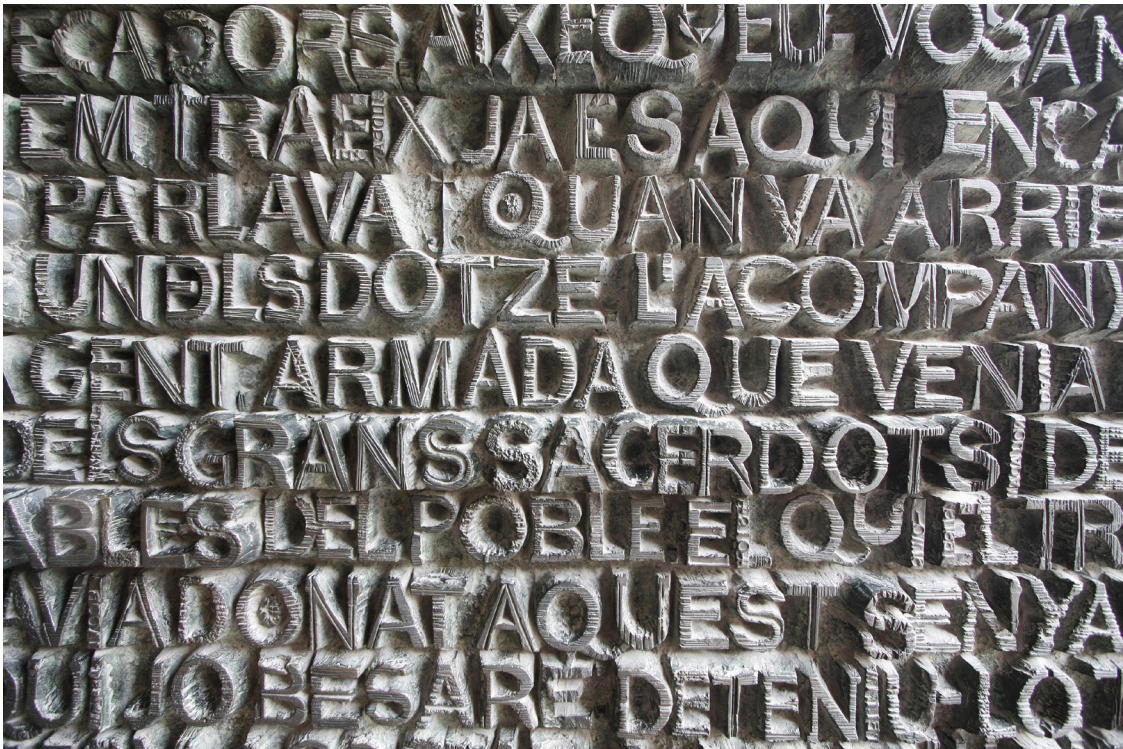


Obrázek 30: Plocha pojednaná za pomoci reliéfního kontrastu (Berlín, Německo)



Obrázek 31: Symbol zobrazený za pomoci reliéfního kontrastu (Tchoban Foundation Museum, Berlín, Německo)

Velmi důležité je v případě práce s tímto typem kontrastu měřítko reliéfního prvku. V případě informace kódované do symbolu je nutné, aby byl pozorovatel schopen ze své pozice tuto informaci jako symbol identifikovat. V opačném případě je pravděpodobné, že bude symbol považován za součást členění celé plochy nebo objektu (obr. 32). U práce s reliéfním pojednáním ploch je měřítko užití struktury neméně důležité a může vnímání objektů a ploch dramaticky proměňovat. Jednotlivé vnímané části budovy může reliéfní ztvárnění roztržít a změnit tak vnímání konstrukce a hmot budovy (obr. 33). V závislosti na míře reliéfnosti a struktuře materiálu může vhodné nasvícení vytvořit buď změněný charakter drobně strukturované plochy, nebo v případě více typů reliéfních povrchů může od sebe jednotlivé reliéfní prvky a plochy oddělovat (obr. 34).



Obrázek 32: Informace kódovaná do reliéfního pojednání plochy, v tomto případě je informace záměrně druhořadá (Sagrada Família, Barcelona, Španělsko)



Obrázek 33: Schodiště s bloky pro sezení je řešeno tak, že stupně schodiště a bloky měřítkově splývají, je tak složitě oddělit schodiště od míst pro sezení (Oslo National Academy of the Arts, Oslo, Norsko)



Obrázek 34: Oddělení povrchů dlažby různého měřítka a směru pokládky (Montjuic, Barcelona, Španělsko)

Tyto principy je třeba užívat cíleně, s ohledem na výsledné vyznění zvýrazněného prvku, nikoliv pouze dekorativně. Mozek vnímá zvláště texturu a objekt. Pokud má měřítko textury blízko měřítku objektu, nastávají ve vnímání rozpory.¹⁹ To znamená, že v případě jednotlivých vystupujících nebo zahluobených reliéfních prvků blížících se velikosti samotného pojednaného objektu nebo plochy může dojít k nepřehlednému rozčlenění objektu nebo plochy a tím i narušení vnímání prostoru. Stejně tak v případě užití výrazných reliéfních prvků, mohou být tyto prvky vnímány jako samostatné plastiky, bez vazby na objekt nebo plochu, jíž jsou součástí (obr. 35).



Obrázek 35: Reliéfní prvky pojednávající parapet jsou takového měřítka, že jsou vnímány jako samostatné plastiky a boří tak vnímání členění budovy (Avenida do Indico, Lisabon, Portugalsko)

Další výraznou vlastností reliéfního kontrastu je jeho vnímatelnost hmatem, především potom nášlapem nebo prsty ruky. Reliéfně pojaté plochy a prostory mohou

19 Gregory, R. L. *Eye and brain: the psychology of seeing*. Oxford University Press, 1997. s. 71.

využívat obou možností, jak vizuálních tak i haptických. Příkladem mohou být kovové body usazené do dlažby popř. jiného povrchu, které mají především varovnou a vodící funkci. Materiálovým kontrastem jsou odlišitelné od svého podkladu, zároveň však dokážou harmonicky souznít třeba i s povrchem historického dláždění ulic (obr. 36). Při pohledu z dálky potom jednotlivé prvky splývají v jasné orientační linie a plochy. Příkladem reliéfu vnímatelného dobře jak hmatem tak vizuálně může být i takzvané pyramidové písmo. Jedná se o znaky vyvýšeného písma, které má mírně zaoblený, trojúhelníkový nebo lichoběžníkový průřez. Je v případě potřeby čitelné jak osobami se zrakovým postižením, tak díky své reliéfnosti i běžným pohledem. Toto písmo musí z plochy vystupovat, v případě písma zapuštěného do plochy přestává být pohmatem čitelné.²⁰



Obrázek 36: Kovové vystupující prvky mohou tvořit dostatečný kontrast s podkladem a mohou být dodatečně kotveny do historické dlažby (Stanice metra, Brusel, Belgie)

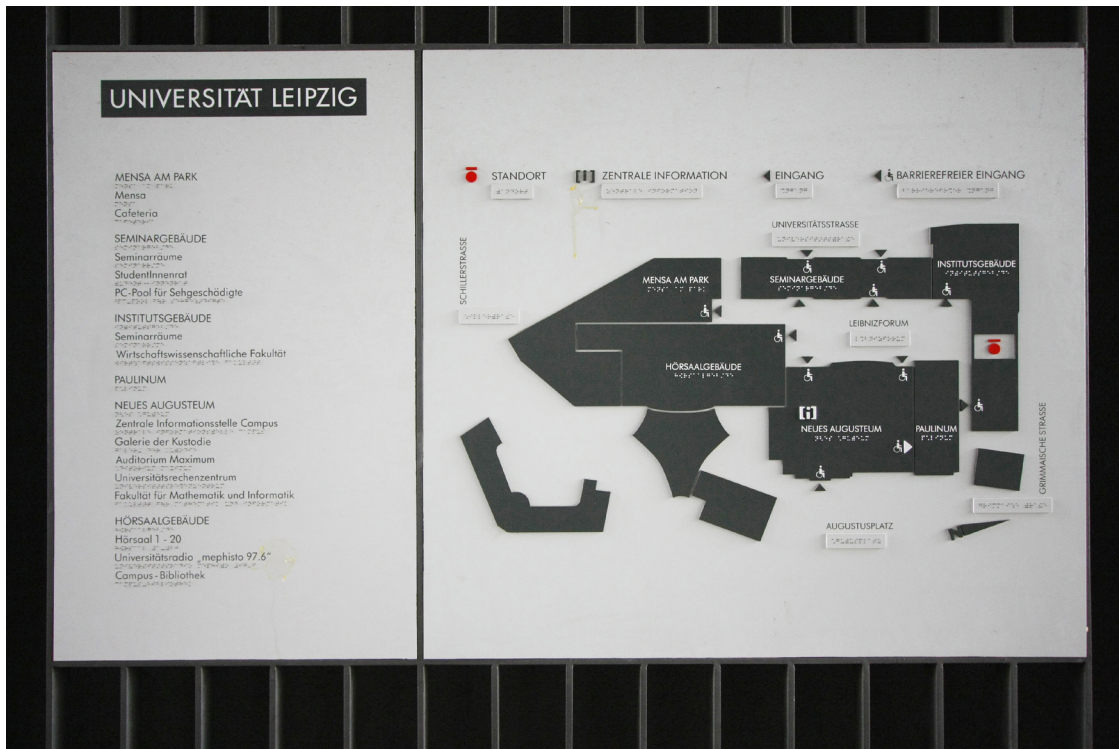
20 Voříšková, Š. *Barrierefreiheit*. universalRAUM GmbH, 2012. s. 68.

Specifickou možností využití reliéfního kontrastu, která velmi dobře funguje v praxi, jsou prostorové mapy znázorňující v modelu části území nebo budovy. Tyto mapy pomáhají pohledem k identifikaci jednotlivých objektů a prostorů v dané lokalitě. Pro osoby s těžkým zrakovým poškozením pak vytváří tyto modely možnost „osahat“ a osvojit si prostor hmatem. Modely navíc mohou kombinovat různé materiály a materiálové vlastnosti, což vede k další vizuální a hmatové zkušenosti, kterou lze pro odlišení a zapamatování si jednotlivých prostor využít (obr. 37 - 38).



Obrázek 37: Hmatový prostorový model vyrobený z kovu (More London, Londýn, Velká Británie)

V praxi se lze setkat s vícero pojetím těchto map nebo modelů. Na úrovni jednotlivých prostorů uvnitř budov se často užívají haptické mapy s reliéfními čarami značící obrysy zdí a otvorů. Jsou to vlastně reliéfní technické výkresy půdorysu budovy. Tyto půdorysy jsou pak často ještě doplněny o názvy místností například ve slepeckém písmu.



Obrázek 38: Hmatový prostorový model vyrobený z plastu (Univerzita Lipsko, Lipsko, Německo)

Dalším použitím mohou být realistické nebo různě stylizované modely jednotlivých budov (obr. 39). Touto metodou mohou být zobrazeny řezy budovou, které obsahují jak pohled z exteriéru, tak i z interiéru. Takovéto pojetí je pro orientaci velmi cenné, budovu lze vnímat v celém jejím kontextu. Větší prostorový rozsah potom zobrazují mapy celých urbanistických celků, nebo různých areálů. Reliéfně jsou zobrazeny stylizované hmoty jednotlivých budov nebo objektů v jejich vzájemném vztahu. Všechna tato vyobrazení je možné výhodně kombinovat.



Obrázek 39: Hmatový model zobrazující rozsah celé budovy (Kunsthau Graz, Graz, Rakousko)

5.1.3.

KONTRAST BAREV

Lidské oko je konstruováno tak, aby vnímalo několik základních vlnových délek světla, které pak mozek spojí do jediné barvy. Buňky, které v oku vnímají barvy, se nazývají čípky. Tyto čípky vnímají zvláště červenou, zelenou a modrou barvu. Jejich vzájemné poměry a množství ve výsledku ovlivní vnímanou barvu a její jas. Tak abychom dokázali popsat viděné barvy a byli jsme schopni je reprodukovat, byla vytvořena řada barevných modelů. Tyto modely popisují spektrum okem viditelných vlnových délek a podle toho, jak barevný prostor viditelného spektra popisují, jsou vhodné pro různé typy reprodukce. Tomu, jak vnímá a reprodukuje barevný prostor lidský mozek, je podobný barevný model HSB. Jednotlivá písmena a hodnoty zkratky vyjadřují popořadě: Hue – odstín barvy, Saturation –

syťost barvy, Brightness – světlost barvy, nebo také jas barvy. Je to srozumitelný a dobře představitelný model, který obsahuje tři kombinovatelné hodnoty. Pokud tyto hodnoty mícháme (pro použití při reprodukci na zobrazovacích zařizních jsou vyjádřitelné číslem na stupnici), potom dokážeme získat jakoukoliv barvu viditelného spektra (popsanou buď zápisem čísel jednotlivých hodnot, nebo souřadnicí v rámci barevného prostoru). Tento model je velmi užitečný i pro práci s barevným kontrastem, jelikož můžeme při návrhu využít jak kombinaci proměnných, tak každou z hodnot nebo vlastností zvlášť (obr. 40 - 42).



Obrázek 40: Použití barevného kontrastu odstínu barev (Oslo National Academy of the Arts, Oslo, Norsko)

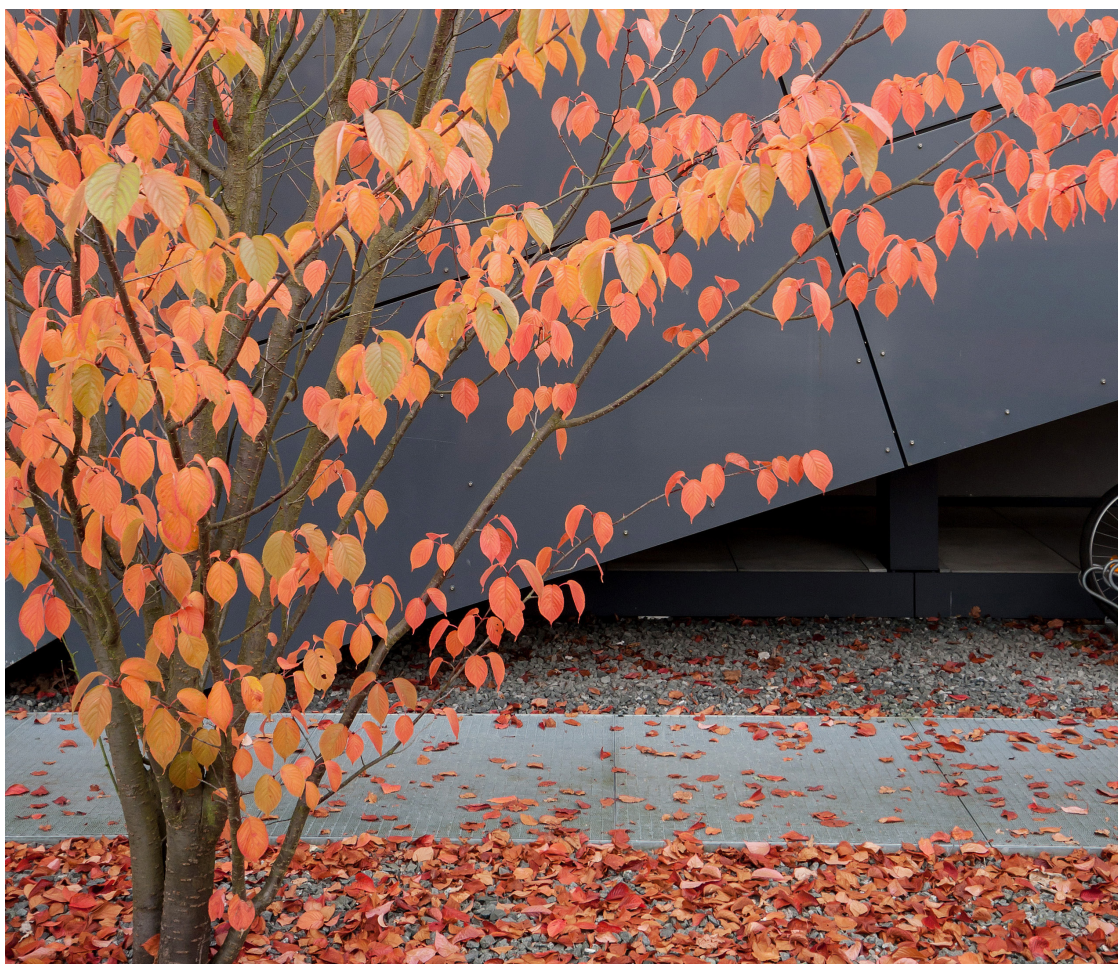


Obrázek 41: Použití barevného kontrastu sytosti barev (Oslo, Norsko)



Obrázek 42: Použití barevného kontrastu světlosti barev (Kolumba, Kolín nad Rýnem, Německo)

Každý materiál má svůj barevný výraz, který může být buď přírodní, nebo modifikovaný. Právě modifikací můžeme u jednoho základního materiálu dosáhnout různého barevného vyznění (obr. 43 - 45). Barva materiálu, ať již přírodní nebo modifikovaná, je dále vždy závislá na prostředí, ve kterém se nachází, a je ovlivněna barevností okolních objektů. Také barevnou modifikací osvětlení docházíme k různému podání barev materiálu, například i změnou barvy denního světla v průběhu dne (obr. 46 - 47). Při volbě barevnosti je tak nutné uvažovat i s rozdílnými světelnými podmínkami dne a noci.²¹ Právě v případě noci bude barevnost vnímána odlišně v závislosti na zdroji a intenzitě umělého osvětlení.



Obrázek 43: Změna barvy listí dotváří jedinečný charakter (Drážďany, Rakousko)

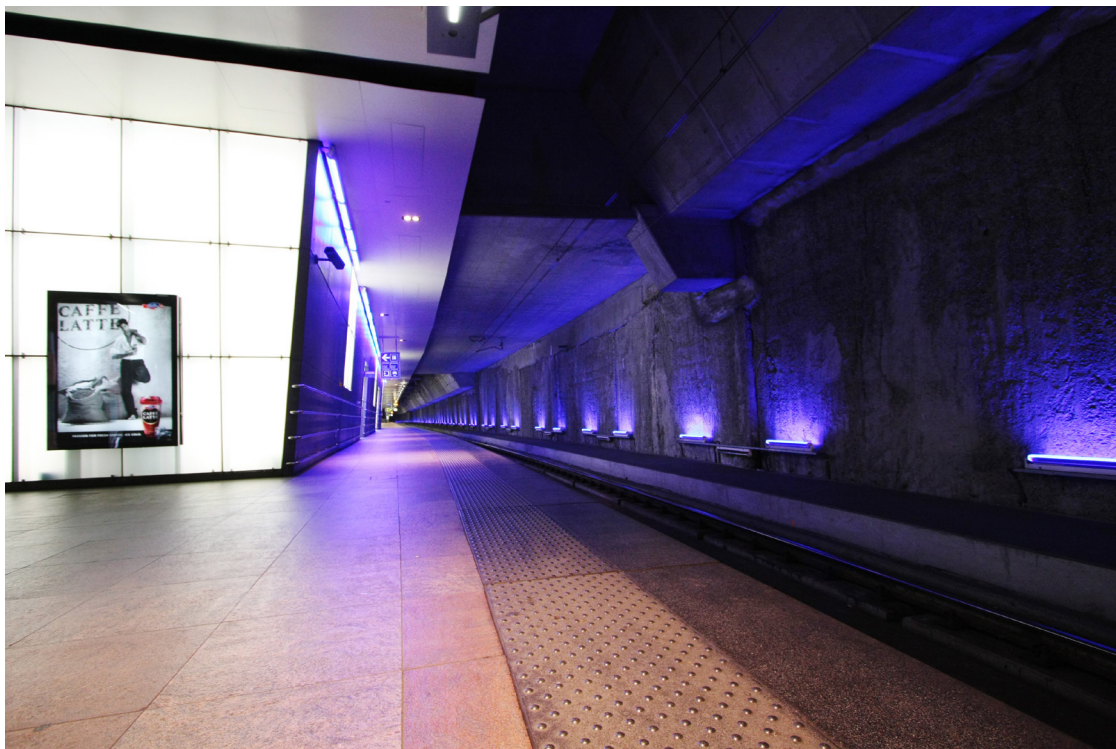
21 Kling, B., Krüger, T. *Signage. Detail*, 2013. s. 39.



Obrázek 44: Různá pigmentace kamene a pojiva vytváří unikátní povrch (Ernst Koref Schule, Linz, Rakousko)



Obrázek 45: Různá pigmentace kamene a pojiva vytváří unikátní povrch (Ernst Koref Schule, Linz, Rakousko)



Obrázek 46: Barevné nasvícení prostorů a materiálů (Hlavní vlakové nádraží, Antverpy, Belgie)



Obrázek 47: Barevné nasvícení betonových nosníků v kombinaci s denním světlem (Stadelhofen, Zurich, Švýcarsko)

Oko nejlépe reaguje na kontrasty jasu. Je také jinak citlivé na různé barvy o stejném jasu (obr. 48), nejvíce pak na kontrasty komplementárních barev (obr. 49). To však v pohledu osoby s poruchou barevného vidění může znamenat, že plocha, která bude členěná barevnými kontrasty různých barev stejného jasu, splyne v jednu.²² Při použití barevného kontrastu, který má být skutečně funkční (nejen estetický), proto musí být uvažováno i s ohledem na hlavní zrakové handicap spojené se ztrátou schopnosti vnímat všechny základní barvy.²³ Těmito postiženími jsou protanopie nebo protanomálie (problém s vnímáním červené barvy), deuteranopie nebo deuteranomálie (problém s vnímáním zelené barvy), tritanopie nebo tritanomálie



Obrázek 48: Kontrast barev stejného jasu (Carrer Antic de Sant Joan, Barcelona, Španělsko)

22 Marquardt, G. *Designing for People With Dementia, Creating Supportive Environments in Nursing Homes*. Přednáška 17. 4. 2012, Fakulta architektury ČVUT v Praze, workshop *Stárnutí populace – nové trendy v navrhování bydlení pro seniory*.

23 ČSN P ISO 21542. *Pozemní stavby – Přístupnost a využitelnost vybudovaného prostředí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [v přípravě]. [cit. 1.5.2020].

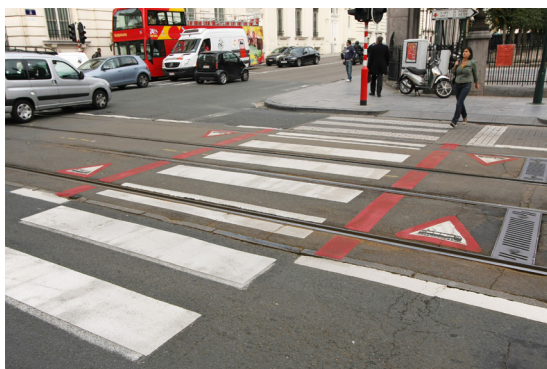


Obrázek 49: Užití komplementárních barev (Obchodní centrum Háje, Praha, Česká republika)

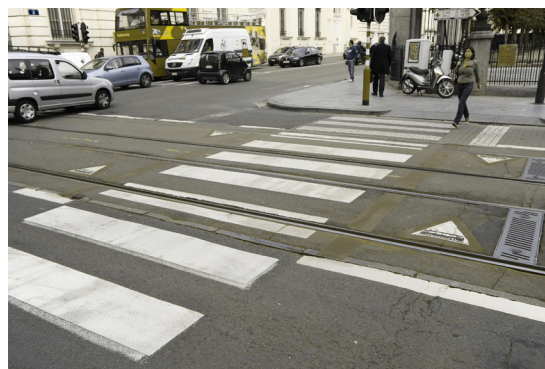
(vzácný problém vnímání modré barvy), monochromacie, popřípadě úplná barvoslepost (kompletní ztráta vnímání barev, která je však velmi vzácná) (obr. 50 - 53). Vhodné kombinace barev může být docíleno například použitím komplementárních barev (dvojice barev, které neobsahují žádné společné barvy, například červená a zelená) nebo barev s výrazným rozdílem jasů, naopak nevhodné je užití kombinace červené a zelené barvy.²⁴ Důležitý je, stejně jako u materiálového kontrastu, jasný koncept obsahující vhodné množství a rozmístění barev. Barvu lze koncepčně velmi dobře využít například k zónování jednotlivých prostorů nebo strukturování rozsáhlých místností či dlouhých chodeb, a tak docílit v prostoru lepší lokalizace pozice.²⁵ Práci s kontrastem barev využívají často rodiče dětí se zrakovým postižením. Jedná se

24 ČSN P ISO 21542. *Pozemní stavby – Přístupnost a využitelnost vybudovaného prostředí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [v přípravě]. [cit. 1.5.2020].

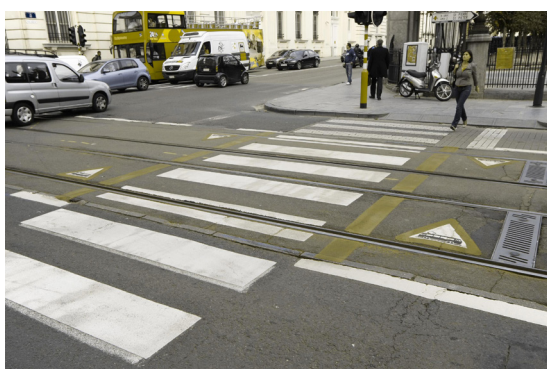
25 Glasow, N. *Psychiatrie. universalRAUM GmbH*, 2012. s.114.



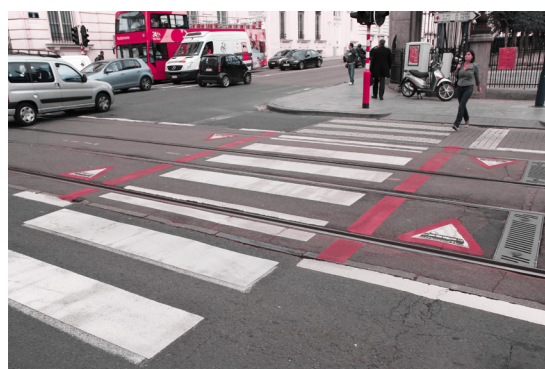
Obrázek 50: Obraz viděný bez zrakové vady



Obrázek 51: Simulace protanopie



Obrázek 52: Simulace deuteranopie



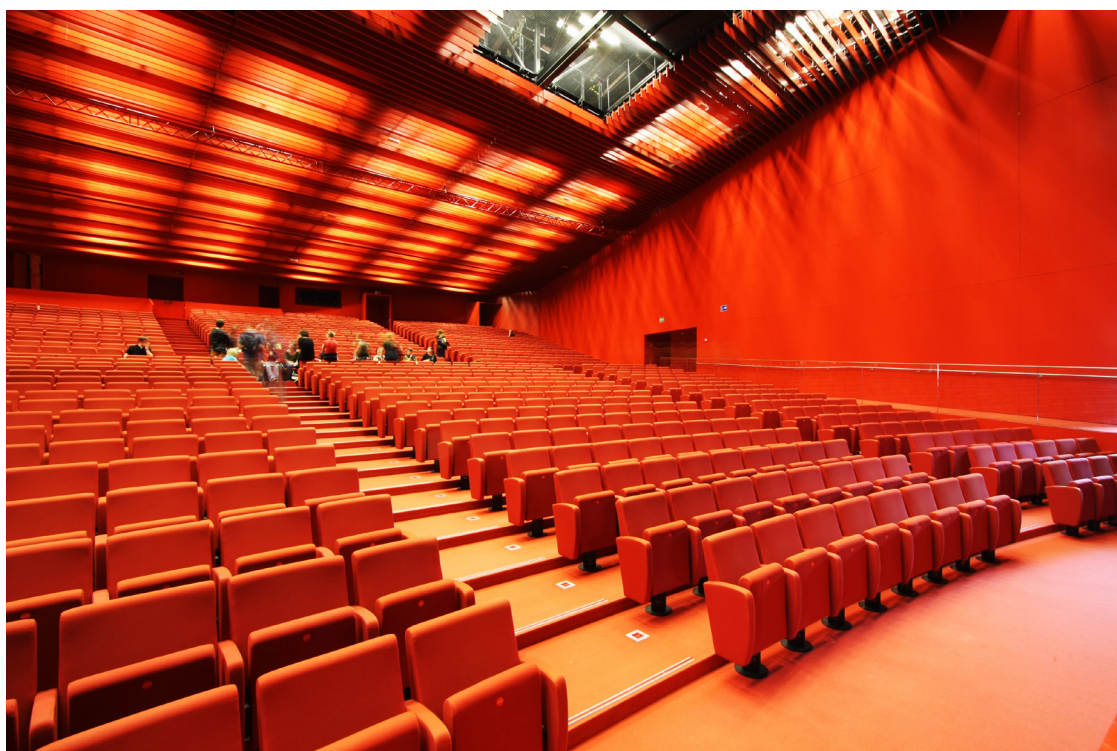
Obrázek 53: Simulace tritanopie

například o použití tmavé desky pracovního stolu, která zvýrazní předměty nalézající se na pracovní ploše. Komentář jednoho z rodičů zní následovně: „Nic speciálního asi nemáme jako. Jediný... že využíváme takovou černou desku na lavici, abysme vlastně jakoby zvýšili kontrast toho, s čím tam zrovna pracuje...“²⁶

Jak už bylo uvedeno v úvodu této kapitoly, vnímání barevnosti ovlivňuje osvětlení. Prostor může zneřehlednit přítomnost vysoké míry osvětlení, která prostor komplikuje dalšími stíny a odrazy, výrazně potom i mění barevné podání prostoru a čitelnost jednotlivých barev. U malé míry osvětlení naopak dochází ke ztrátě kontrastnosti barev.

26 Šumníková, P. *Možnosti prostorové orientace a samostatného pohybu*. UK – Pedagogická fakulta, 2018. s. 120 – 121.

Použití velkého množství barev v malém prostoru s sebou nese nebezpečí slití barev do jednoho neidentifikovatelného celku. Barva může být vnímána rychle a jasně pouze při použití rozsahu 5 – 7 odstínů.²⁷ Naopak užití jednobarevného prostoru s barvou o stejné intenzitě za sebou zanechává prostor bez jasné hierarchie a možnosti orientace (obr. 54).



Obrázek 54: V jednobarevném prostoru se špatně identifikují jednotlivé prvky a konstrukce (Wiener Stadthalle, Vídeň, Rakousko)

Nepřehlednost prostoru mohou dále zapříčinit opakované barevně odlišné geometrické vzory použité ve velké ploše (obr. 55). Stejně tak jsou problematické pestře zbarvené plochy. Ty ztěžují identifikaci předmětů, které jsou na nich umístěny (obr. 56).²⁸ Při změnách pozorovacího úhlu, kterým na prostor nahlížíme, navíc do situace vstupuje perspektivní deformace, kterou je velmi obtížné předvídat a prostor a kalkulovat s její přítomností při návrhu.

27 Kling, B., Krüger, T. *Signage. Detail*, 2013. s. 112.

28 Šestáková, I., Lupač, P. *Budovy bez bariér*. Grada publishing, a.s., 2010. s. 118.



Obrázek 55: Geometrické vzory spolu s perspektivou vytvářejí falešné představy o prostoru (Place Don Pedro IV, Lisabon, Portugalsko)



Obrázek 56: Barevná pestrost znesnadňuje rozeznatelnost jednotlivých prvků v prostoru (Restaurace McDonalds, Praha, Česká republika)

Kontrast jasů je velmi účinnou možností, jak dosáhnout silného vizuálního kontrastu. Použitím materiálů, které jsou schopné zářit nebo které mohou být pro světlo prostupné a jsou schopné jej dále modifikovat, můžeme efektivně odlišovat zářící objekty od tmavého pozadí (obr. 57). Velká část řešení je omezena na prostory s regulovatelnou měrou denního osvětlení, tj. interiéry a zastíněné exteriéry, nebo na noční část dne, i když technologie LED panelů je velmi dobře aplikovatelná zvláště pro venkovní užití, protože poskytují velkou svítivost, která je použitelná i za přímého slunečního světla.²⁹ Také materiály s vysokou odrazivostí - jako jsou například kov a sklo - jsou schopny poskytnout dostatečný jas pro kontrast s okolím i za denního světla, které může být pro odraz využito (obr. 58 - 60).



Obrázek 57: Zářící umělé světelné zdroje (Opera v Oslu, Oslo, Norsko)

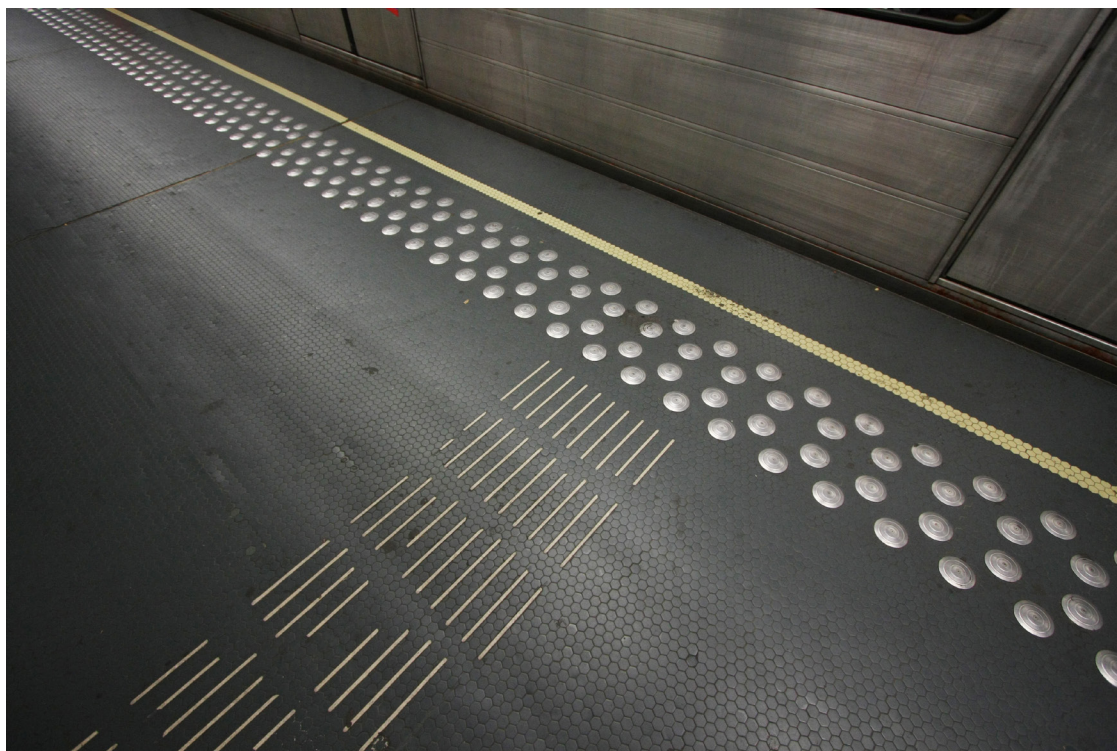
29 Kling, B., Krüger, T. *Signage. Detail*, 2013. s. 137



Obrázek 58: Světelný odraz od vodní plochy (Fundació Mies van der Rohe, Barcelona, Španělsko)



Obrázek 59: Světelné odrazy od skla a kovových ploch (Moritzburg, Halle, Německo)



Obrázek 60: Světelné odrazy od kovových prvků (Stanice metra, Brusel, Belgie)

Intenzitou světla a osvětlenou nebo zářící plochou, stejně jako jeho barvou můžeme jednoduše značit a odlišovat potřebné orientační prvky a jednotlivé prostory. Nasvítit můžeme celé prostory, hmoty, jednotlivé plochy, nebo části ploch (obr. 61 - 63). Pomocí světla můžeme vytvářet grafické prvky jako je písmo nebo různé geometrické tvary, které lze dobře využít pro značení důležitých směrů. Zobrazení těchto symbolů lze dosáhnout promítáním na různé povrchy³⁰ anebo vložením světelných zdrojů přímo do objektů (obr. 64). Stejně tak lze využít reflexivní nebo luminiscenční vlastnosti použitých materiálů. Podstatný je pro užití kontrastu jasů poznatek, že lidský mozek vnímá rozdíly v intenzitě pomocí velkého počtu receptorů. Vnímá tudíž lépe linie, než body.³¹

30 Kling, B., Krüger, T. *Signage. Detail*, 2013. s. 115.

31 Gregory, R. L. *Eye and brain: the psychology of seeing*. Oxford University Press, 1997. s. 56.



Obrázek 61: Světelný prvek - fasáda budovy (Ars Electronica Center, Linz, Rakousko)



Obrázek 62: Nasvícený komunikační prostor eskalátorů (Stanice metra, Stockholm, Švédsko)



Obrázek 63: Světelný prvek - schodišťové madlo (Castelo de S. Jorge, Lisabon, Portugalsko)



Obrázek 64: Světelné logo (Museu Berardo, Lisabon, Portugalsko)

Nevhodným rozmístěním světelných zdrojů a použitím světla s nevhodnou intenzitou vznikají situace, kdy je prostor nepřehledný, přesvětlený, popřípadě nevznikají požadované či předpokládané kontrasty (obr. 65).



Obrázek 65: Nepřehledný prostor s mnoha světelnými zdroji (Obchodní centrum, Praha, Česká republika)

V prostoru schází čitelná hierarchie prvků, které si často konkurují. Nesprávné nasvícení prostoru může vést k desaturování barev nebo ke slití hranic svislých a vodorovných ploch (obr. 66).³² Podobné problémy mohou vzniknout i při užití barevných zdrojů světla, popřípadě ovlivnění nasvíceného prostoru barevností stěn, které celkové vyznění modifikují. Další skutečností, kterou užití světla přináší, je vrhání stínů a vytváření ostrých přechodů v závislosti na užití konkrétního typu svítidla. Stíny dále prostor člení a vytvářejí prvky, které snadno situaci znepřehlední. Často je nutné počítat i se stíny vrženými denním světlem a jejich změnou v průběhu dne (obr. 67).

32 Šestáková, I. Tomandl, J., Voříšková, Š., Lupač, P., Gál, O. *Principy tvorby prostředí pro osoby s parkinsonovou nemocí*. ČVUT v Praze, 2019. s. 37.



Obrázek 66: Bodové nasvícení prostoru a použití materiálu s odrazivostí vede ke znepráhlednění prostoru a k obtížnější identifikaci jednotlivých prvků a konstrukcí (Hamburg, Německo)



Obrázek 67: Vržené stíny mají stejnou intenzitu jako další prvky v prostoru a vytvářejí tak falešnou představu o prostoru (Wiener Stadthalle, Vídeň, Rakousko)

Proto je dobré jak v případě umělého osvětlení, tak v případě denního osvětlení mít možnost intenzitu světla nastavit tlumením nebo zastíněním.³³

Problém silně kontrastních odražených jasů a zmatečných odlesků reprezentují skleněné konstrukce. Tuto problematiku postihuje i norma Pozemní stavby – Přístupnost a využitelnost vybudovaného prostředí: „Odrazy a oslnění od zářivých povrchů mohou zmenšovat vizuální kontrast a mohou tak dezorientovat osoby se zrakovým postižením.“³⁴ Skleněné struktury s sebou nesou i další problematickou vlastnost – průhlednost. Odrazivost a průhlednost mohou být v určitých momentech nebezpečné. Je to tehdy, pokud nejsou z důvodu své průhlednosti jednotlivé konstrukce a objekty zaznamenány, anebo svou reflexivitou vytvářejí silné a oslňující odlesky, popřípadě nejasný a falešný prostor (obr. 68 - 70).



Obrázek 68: Problematické odrazy skleněných konstrukcí (Avenida do Berlim, Lisabon, Portugalsko)

33 Šestáková, I., Francová, N., Sobek, J., Procházková, M., Sobek, J., Lupač, P. *Bydlení (nejen) pro lidi se zdravotním postižením*. MPSV ČR, 2012. s. 71.

34 ČSN P ISO 21542. *Pozemní stavby – Přístupnost a využitelnost vybudovaného prostředí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [v přípravě]. [cit. 1.5.2020].



Obrázek 69: Problematické odrazy a průhlednost skleněných konstrukcí (Opera v Oslu, Oslo, Norsko)



Obrázek 70: Problematické odrazy a průhlednost skleněných konstrukcí (Univerzita Lipsko, Lipsko, Německo)

Špatně vnímatelná je často díky popsaným vlastnostem i hrana skleněné konstrukce (obr. 71). Lákavost skla – jeho transparence a nehmotnosti zde naráží na své bariéry v podobě použitelnosti pro běžný pohyb v prostoru, kdy nejsme na rozpoznávání podobných překážek plně koncentrováni. Přirozené vlastnosti skla by měly být do určité míry potlačeny všude tam, kde vyžadujeme přehlednost a bezbariérovost prostoru. Tohoto „zviditelnění“ skla můžeme dosáhnout různými prostředky. Jsou jimi například potisk skla, probarvení nebo zmatnění skla, popřípadě kombinace skla s jiným kontrastním materiálem (např. dřevěné lamely) (obr. 72 - 73).



Obrázek 71: Nesnadné vnímání prostoru vymezeného skleněnými konstrukcemi (MAS museum, Antverpy, Belgie)



Obrázek 72: Zviditelnění skleněných konstrukcí potiskem barvou (Lysaker station, Oslo, Norsko)



Obrázek 73: Zviditelnění skleněných konstrukcí předsazenými prvky (Universitätsklinikum, Drážďany, Rakousko)

6. MOŽNOSTI ANALÝZY PROSTORU S DŮRAZEM NA JEHO NÁVRH A SNADNOU ORIENTACI

Abychom mohli v návrhu vystavěného prostředí vědomě používat a kreativně pracovat s definovanými typy kontrastů, je zapotřebí disponovat referenčními údaji, se kterými lze jednotlivá řešení porovnávat a hodnotit míru toho, jak mohou být vnímatelná a vhodná pro orientaci. Referenční údaje by měly být objektivní, oproštěné od subjektivní interpretace, která je zabarvena konkrétními zkušenostmi jedince a jeho fyzickým a psychickým stavem.

V dalších krocích došlo ke zhodnocení metod, které mohou být vhodné jako zdroj referenčních údajů. Jednalo se o metody získávající referenční data z mentálních a kognitivních map, dále pak z legislativního prostředí a v poslední řadě z analýzy prostoru digitálními technologiemi. Jako nevhodnější a dále zkoumaná metoda byla vyhodnocena analýza prostoru digitálními technologiemi, konkrétně počítačovými algoritmy.

Analýza prostoru počítačovými algoritmy je označována jako počítačové vidění. Díky rozvoji výpočetních technologií a algoritmů jako je umělá inteligence mohou být prostory objektivně analyzovány a je možné detekovat jednotlivé zájmové objekty. Detekce objektů je technika počítačového vidění, která zaznamenává a identifikuje základní definované objekty (například obličej, značky, budovy), přičemž jsou jako zdrojová data použity obrazy nebo videa zachycená digitálními kamerami.³⁵ Použití dat z analýzy obrazu může být velmi různorodé. Využití je vhodné nejen pro asistivní technologie, ale i například pro pohyb strojů v prostoru. Pro tyto potřeby je nutné identifikovat jednotlivé prvky a jejich přesnou polohu ve zkoumaném prostoru.

35 Wang, S., Yang, X., Tian, Y. Detecting signage and doors for blind navigation and wayfinding. In: *Network Modeling Analysis in Health Informatics and Bioinformatics* [online]. Ročník 2013, číslo 2, s. 81 - 93 [cit. 8.10.2020]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13721-013-0027-9>

Abychom získali představu o vnímání obrazu napodobujícího lidské vidění, je možné použít algoritmy analýzy obrazu vyhledávající a zobrazující tzv. saliency maps. Tyto saliency maps – mapy míst poutajících pozornost – salientních míst, jsou místa s odlišným charakterem vůči svému okolí a jsou vyhodnocována jako místa s větší informativní hodnotou, proto hned zpočátku přitahují pozornost a místo zaměření pohledu (obr. 74 - 75). V případě vyhledávání objektu je potom výraznost nebo místo zájmu předpokládáno tím, že opakující se vlastnosti částí obrazu patří nevýznamnému okolí, zatímco vzácnější vlastnosti budou zřejmě náležet samotnému objektu zájmu (obr. 76 - 77).³⁶

Právě analýza prostoru pomocí saliency maps se zdá být jako velmi vhodná metoda pro získání referenčních dat z reálných nebo virtuálních prostorů. Jedná se o součást počítačových modelů, které analyzují prostor a hledají konkrétní prvky pro další specifické účely. Jelikož je nutné prvky identifikovat co nejpřesněji, je nutné zaručit co největší objektivitu výběru tak, aby se předešlo nechtěné záměně (například k identifikaci chodce nebo dopravní značky při využití v systémech autonomního řízení vozidel). Zároveň však tyto algoritmy kladou velký důraz na podobnost s vnímáním prostoru lidskou myslí. Toto spojení objektivní metody spolu s lidskou perspektivou je vhodné dále zkoumat jako nástroj pro získání referenčních hodnot pro návrh prostoru.

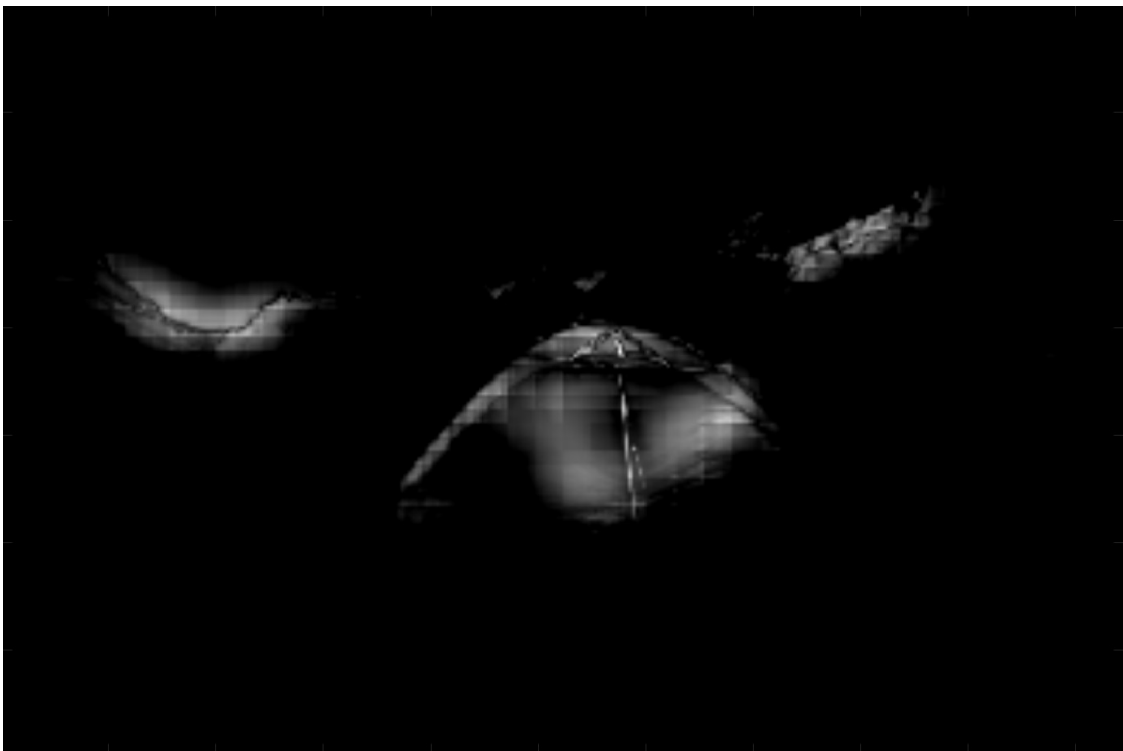
36 Torralba, A., Oliva, A., Castelano, M. S. Contextual guidance of eye movements and attention in real-world scenes: The role of global features in objects search. In: *Psychological Review* [online]. Ročník 2016, číslo 113, s. 766 – 786 [cit. 5.10.2020]. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/5b316a4de17ba35691dabf1f/t/5cd46e679b747a521e68611d/1557425773387/Torralbaetal2006.pdf>

6.

MOŽNOSTI ANALÝZY PROSTORU S DŮRAZEM NA JEHO
NÁVRH A SNADNOU ORIENTACÍ



Obrázek 74: Originální digitální obraz prostoru



Obrázek 75: Salienní mapa získaná z digitálního obrazu



Obrázek 76: Originální digitální obraz prostoru



Obrázek 77: Zobrazení význačného objektu v salientní mapě

7. ANALÝZA PROSTORU POMOCÍ DIGITÁLNÍCH MODELŮ ZOBRAZUJÍCÍCH SALIENCY MAPS A JEJICH POPIS

Celý proces hledání salientních míst je umožněn specifickým výpočetním algoritmem. Principálně se metody založené na zobrazování map nápadnosti prvků - conspicuity maps, ze kterých jsou salientní mapy získávány, pokoušejí napodobovat systém lidského vnímání. Vizuální vlastnosti prvků (např. intenzita jasů, rozložení barev, orientace prvků) napodobují způsob vyhodnocování lidským mozkiem a jsou dále odděleně analyzovány do tzv. map vlastností - feature maps. Tyto jednotlivé mapy vlastností jsou pak dále matematickými modely filtrovány na mapy nápadnosti - conspicuity maps, které obsahují informaci o oblastech obrazu, které se nejvíce liší od svého okolí. Pomocí dalších matematických metod jsou z map nápadnosti nakonec definována místa nejvíce poutající pozornost - saliency maps³⁷ (obr. 78 - 82).

Porovnání lidského vnímání obrazu vůči počítačem generovaným mapám míst, které upoutají primární pozornost, je zásadní pro objektivní zhodnocení obrazu a poučení se z analýzy výsledku.

Počítačová detekce salientních oblastí byla prokázána za účinnou, což se týká především relevance detekovaných oblastí. Při metodách, kdy samotná detekce probíhá na základě conspicuity maps, je pro správný výsledek nutné dbát na správný výběr toho, jaký typ mapy vlastností zobrazují, a na to, jakým způsobem jsou tyto mapy pro finální výsledek kombinovány³⁸.

37 Deville, B., Bologna, G., Vinckenbosch, M., Pun, T. Guiding the focus of attention of blind people with visual saliency [přednáška]. In: *Workshop on Computer Vision Applications for the Visually Impaired, James Coughlan and Roberto Manduchi, říjen 2018*, Marseille [online]. Inria-00325452. [cit. 5.10.2020]
Dostupné z: <https://hal.inria.fr/inria-00325452/document>

38 Tamtéž



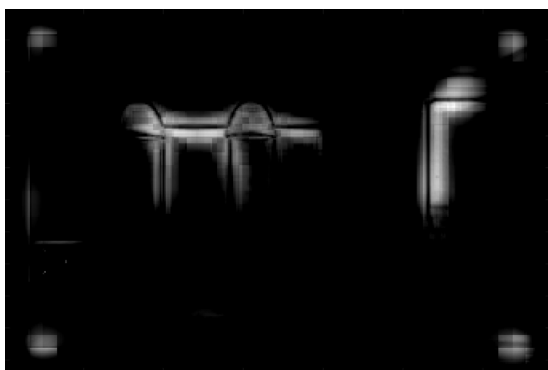
Obrázek 78: Originální digitální obraz prostoru určený pro analýzu



Obrázek 79: Conspicuity map - Colors



Obrázek 80: Conspicuity map - Intensities



Obrázek 81: Conspicuity map - Orientations



Obrázek 82: Saliency map

Tyto modely dokáží s velkou přesností předpovídat fázi vnímání obrazu v počátku vjemu v řádu milisekund tzv. bottom-up attention. Během rané fáze zrakového vjemu je pozornost nejdříve upřena na prvky, které vystupují z vnímané scény, následně se vyšší kognitivní procesy zaměří pouze na tyto výrazné prvky³⁹.

Následuje fáze vyhodnocování kognitivními procesy, která se nazývá top – down attention. Ta analyzuje obraz v souladu s tím, co v prostoru hledáme, jaké jsou naše cíle. Obě fáze jsou pro výsledný dojem důležité a vzájemně se doplňují. To, jestli budeme konkrétnímu prvku ve scéně věnovat pozornost, závisí na tom, zda je fázi botom – up dostatečně odlišný od svého okolí, a dále na tom, zda ve fázi top-down splňuje dané zájmy⁴⁰.

V případě pohybu v neznámém prostředí je však pro vyhledání výrazných orientačních prvků zásadní fyziologická fáze bottom – up. Mechanismus pozornosti bottom – up nás upozorňuje a varuje před salientními prvky v našem okolí, zatímco mechanismus pozornosti top-down nám signalizuje, když hledáme něco specifického⁴¹ (obr. 83).

39 Deville, B., Bologna, G., Vinckenbosch, M., Pun, T. Guiding the focus of attention of blind people with visual saliency [přednáška]. In: *Workshop on Computer Vision Applications for the Visually Impaired, James Coughlan and Roberto Manduchi, říjen 2018*, Marseille [online]. Inria-00325452. [cit. 5.10.2020] Dostupné z: <https://hal.inria.fr/inria-00325452/document>

40 Melloni, L., Leeuwen, S., Aling, A., Müller, N. G. Interaction between Bottom-up Saliency and Top-down Control: How Saliency Maps Are Created in the Human Brain. In: *Cerebral Cortex* [online]. Ročník 2012, číslo 12, s. 2943 – 2952 [cit. 5.10.2020]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/cercor/article-pdf/22/12/2943/17305987/bhr384.pdf>

41 Connor, C. E., Egeth, H. E., Yantis, S. Visual attention: Bottom-up versus Top-down. In: *Current biology* [online]. Ročník 2004, číslo 14 [cit. 8.10.2020]. Dostupné z: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S0960-9822%2804%2900725-0>



Obrázek 83: Maják svou výrazností nejdříve přitáhne pozornost, teprve poté je identifikován jako maják a je využit pro určení polohy

Bottom-up attention je tak mechanismus, který zkoumá objektivně dané skutečnosti scény. Běžné výpočetní modely zrakového vnímání založené na salientních modelech vycházejí z předpokladu, že mozek skládá obraz objektů z jednotlivých základních obrazových vlastností. Tento přístup umožňuje zapojení mechanismů pozornosti bottom-up, které nesledují konkrétní cíle⁴².

Důležitou vlastností simulace lidského vnímání mechanismy pozornosti bottom – up je jeho fyziologická povaha oproštěná od další interpretace vjemu vyššími kognitivními funkcemi jako je myšlení, představivost nebo zkušenosti. Ta může pro účely analýzy návrhu vystavěného prostředí sloužit jako objektivní referenční hodnota.

42 Torralba, A., Oliva, A., Castelhana, M. S. Contextual guidance of eye movements and attention in real-world scenes: The role of global features in objects search. In: *Psychological Review* [online]. Ročník 2016, číslo 113, s. 766 – 786 [cit. 5.10.2020]. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/5b316a4de17ba35691dabf1f/t/5cd46e679b747a521e68611d/1557425773387/Torralbaetal2006.pdf>

8.

VYUŽITÍ ANALÝZY ZALOŽENÉ NA SALIENTNÍCH MODELECH PŘI TVORBĚ PROSTORU

Tato část práce se zabývá možností použití saliency maps jako analytického nástroje pro návrh prostředí tak, aby byl přehledný a obsahoval adekvátní orientační prvky. Hodnocení návrhu pracuje s myšlenkou přístupu „Design for all“, kde má prostor navržený pro užití osobami se zrakovým postižením zároveň poskytnout stejně komfortní pohyb a orientaci osobám bez postižení, jinými slovy, míra navrženého komfortu by měla obohatit obě dvě skupiny uživatelů.

Cílem je ověřit, zda je pro praxi tvorby návrhu vhodné a přínosné využít výstup analýzy obrazu za použití saliency maps. Návrh přehledného prostoru a použití orientačních prvků v prostoru, který je podroben analýze, využívá typů materiálových kontrastů definovaných v kapitole 5 – „definované typy kontrastů“. Návrhy mohou být pro analýzu zobrazeny v digitální podobě zákresem do fotografie nebo počítačovou vizualizací.

Salientní oblasti jsou po výpočetní analýze graficky zobrazeny jako škálové mapy s odstupňovanou barevností nebo jasem odpovídající výraznosti konkrétních oblastí. Tato škálová mapa zobrazuje analytickou fázi vnímání bottom-up, neuplatňující vyšší kognitivní funkce. Takto zobrazené výstupy je možné ihned použít jako referenční údaje při analýze a návrhu prostředí jako verifikaci konkrétního řešení. Salientní mapa je porovnána s obrazem návrhu a je patrné, zda je navržené řešení v kontextu scény dostatečně výrazné a účinné (obr. 84 - 85). Dále je možné výstupy statisticky zpracovávat a porovnávat.

Propojení analýzy obrazu a návrhu konkrétních prostorů a objektů v něm obsažených pomocí definovaných typů kontrastů by mělo usnadnit navrhování přehledného prostoru s dostatečně rozpoznatelnými orientační prvky. Mělo by být možné navržené objekty v prostoru indentifikovat jako výrazné, popřípadě za pomoci digitálního zobrazení jejich výraznosti tyto objekty modifikovat tak, aby v rámci prostoru plnily roli adekvátních orientačních prvků (obr. 86 - 89).



Obrázek 84: Obraz s návrhem orientačního prvku



Obrázek 85: Saliency map s návrhem orientačního prvku



Obrázek 86: Vizualizace orientnačního prvku



Obrázek 87: Saliency map s návrhem orientnačního prvku



Obrázek 88: Modifikovaná vizualizace orientačního prvku



Obrázek 89: Saliency map s modifikovaným návrhem orientačního prvku

8.1. ZKOUMANÝ SALIENTNÍ MODEL PRO ANALÝZU OBRAZU A JEHO VYHODNOCENÍ S DŮRAZEM NA ORIENTACI OSOB V PROSTORU

Možných modelů saliency maps je více (např. salientními modely SALICON - Saliency in Context, SAM - Saliency Attentive Model, GBVS - Graph-Based Visual Saliency), přičemž jednotlivé modely jsou konstruovány odlišně a výsledky jejich analýzy se mohou různit.⁴³

Pro svou práci jsem zvolil model určování pozornosti Walthera a Kocha založený na Itti et al. (1998) implementaci salientního modelu pozornosti bottom-up Kochem a Ullmanem (1985), který simuluje selektivní pozornost na salientní oblasti dané scény.⁴⁴

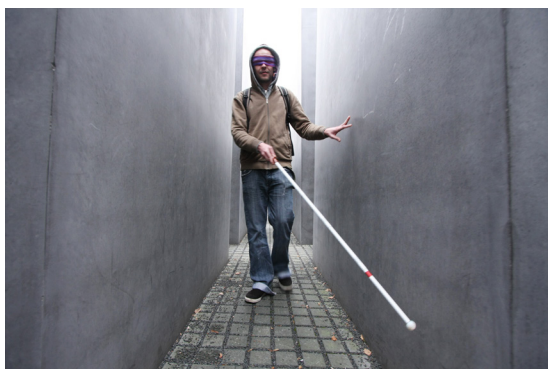
Model Walthera a Kocha je dostupný pro volné užití a jeho uživatelské rozhraní je dobře uzpůsobeno pro užití širším spektrem odborné veřejnosti. Algoritmus slouží jako první krok zaměření pozornosti do oblasti s konkrétním objektem před tím, než je objekt rozpoznán a definován. Model je rozšířen o detekci tzv. proto-objektů, které jsou zobrazovány na základě saliency maps.⁴⁵ Navržený model dokáže dobře předvídat oblasti zájmu založené na prvním vjemu, kdy nejsou identifikovány jednotlivé objekty, ale celá místa zájmu, tzv. proto – objekty (obr. 90 - 91). Proto-objekty mohou být definovány jako „proměnlivé celky vizuálních informací, které mohou být seskupeny do ucelených a ustálených objektů v případě, že je

43 Xu, R., Xia, H., Tian, M. Wayfinding design in transportation architecture - are saliency models or designer visual attention a good predictor of passenger visual attention? In: *Frontiers of Architectural Research* [online]. Ročník 2020, svazek 9, číslo 4, s. 726-738 [cit. 27.4.2021]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209526352030042X?via%3Dihub>

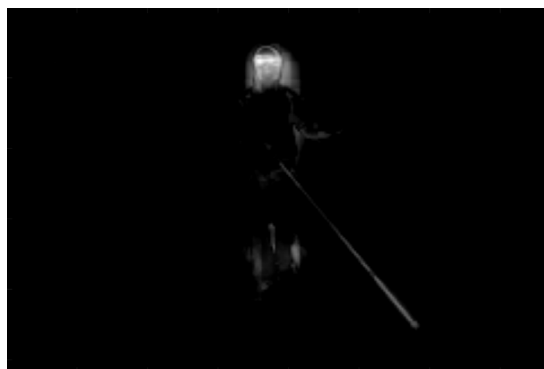
44 Walther, D., Koch, CH. Modeling attention to salient proto-objects. In: *Neural Networks* [online]. Ročník 2006, číslo 19, s. 1395-1407 [cit. 8.10.2020]. Dostupné z: https://bwlabs.utoronto.ca/wp-content/uploads/2014/10/walther_koch_neuralnetworks06.pdf

45 Tamtéž

na ně upřena pozornost.“⁴⁶ Tyto proto - objekty jsou ze scény abstrahovány bez nutnosti toho, aby pozorovatel dokázal konkrétní objekty rozpoznat a pojmenovat je podle svých znalostí nebo zkušeností.



Obrázek 90: Analyzovaný obraz



Obrázek 91: Saliency map - jako hlavní oblast zájmu je identifikována pouze část obrazu – hlava a její okolí, není vnímána postava jako celek

Oblasti pozornosti nemusí nutně korespondovat s jednotlivými objekty ve scéně. Skupiny různých objektů, například mísa s ovocem, mohou být vyčleněny jako jedna oblast, stejně však mohou být odděleny části objektu odlišné od jeho zbytku. Například odhalená paže tělové barvy se bude jevit tak, že je ukončena v místě, kde je zahalena do tmavého rukávu. Tyto oblasti jsou pojmenovány „proto-objekty“ protože mohou vést k nalezení skutečného objektu při zapojení dalších rozpoznávacích systémů a mechanismů pracujících s pozorností.⁴⁷ To, že nejsou v primární fázi označeny konkrétní objekty, není na závadu, v případě orientace

46 Rensink, R. A. In: Walther, D., Koch, CH. Modeling attention to salient proto-objects. In: *Neural Networks* [online]. Ročník 2006, číslo 19, s. 1395-1407 [cit. 8.10.2020]. Dostupné z: https://bwlabs.utoronto.ca/wp-content/uploads/2014/10/walther_koch_neuralnetworks06.pdf

47 Walther, D., Koch, CH. Modeling attention to salient proto-objects. In: *Neural Networks* [online]. Ročník 2006, číslo 19, s. 1395-1407 [cit. 8.10.2020]. Dostupné z: https://bwlabs.utoronto.ca/wp-content/uploads/2014/10/walther_koch_neuralnetworks06.pdf

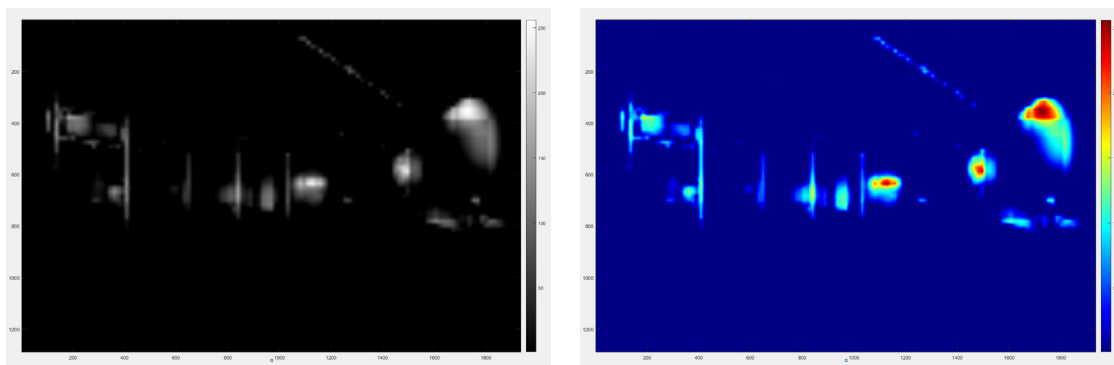
nemusí být orientační prvek nutně identifikován jako určitý pojmenovaný či jedinečný objekt. Důležitá je jeho viditelnost a správné umístění v rámci celku. Zásadní je i to, že popsáný model je porovnatelný s biologickým mechanismem tak, jak utváří představu o prostoru, a směřuje pozornost do oblastí obsahující proto-objekty. Jak již bylo řečeno, není zaručeno, že tento algoritmus detekuje konkrétní objekty. Jde o čistě bottom-up mechanismem řízený podnět bez předchozí definice toho, co formu objektu utváří.⁴⁸

Používaný algoritmus sestavený Dirkem Waltherem a Christofem Kochem v první fázi analyzuje mapy vlastností - feature maps: barevnosti, kontrastu a orientace prvků. Tyto analyzované mapy jsou dále zpracovány a zobrazeny mapami nápadnosti - Conspicuity maps - všech tří analyzovaných typů vlastností. Takto jsou vyhodnocena místa, která jsou v obraze nejnápadnější, liší se nejvíce od celkového rázu scény barevností, kontrastem, nebo orientací elementů. Tyto Conspicuity maps jsou následně vrstveny přes sebe. Matematickou metodou je z nich extrahována a zobrazena Saliency map a modelem neuronové sítě napodobující lidské vnímání - Winner take all i míra výraznosti a pořadí, v jakém jsou jednotlivé proto - objekty vnímány.

Saliency map je zobrazena ve škále šedé barvy, přičemž nejsvětlejší místa značí nejlépe vnímatelné oblasti. Pro potřeby prezentace výstupů je tato škálová mapa převedena do intuitivnější stupnice teplých a studených barev, kdy nejlépe vnímatelné proto - objekty mají netlumenou červenou barvu a postupně se

48 Walther, D., Koch, CH. Modeling attention to salient proto-objects. In: *Neural Networks* [online]. Ročník 2006, číslo 19, s. 1395-1407 [cit. 8.10.2020]. Dostupné z: https://bwlabs.utoronto.ca/wp-content/uploads/2014/10/walther_koch_neuralnetworks06.pdf

transformují do studené modré barvy reprezentující černou barvu šedé škály pro málo vnímané plochy (obr. 92 - 93).



Obrázek 92: Zobrazení saliency map ve škále odstínů Obrázek 93: Zobrazení saliency map ve škále barev šedi

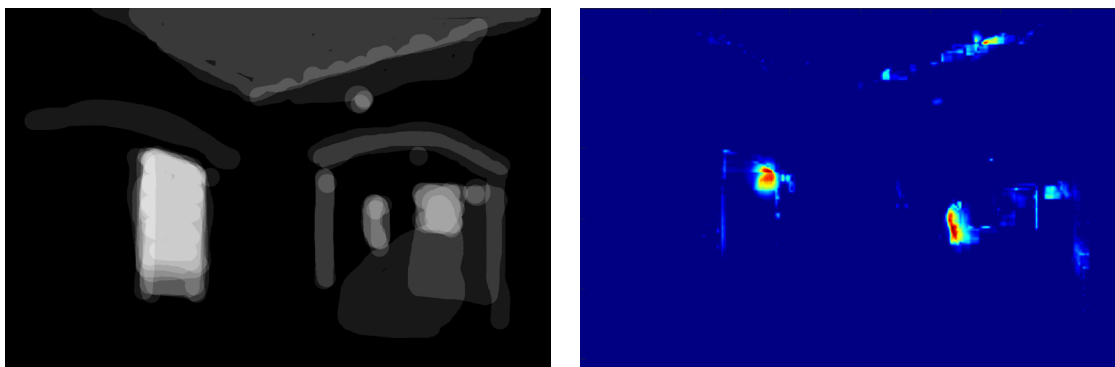
8.2.

OVĚŘENÍ VHODNOSTI SALIENTNÍHO MODELU PŘI NÁVRHU PROSTŘEDÍ

Proces ověření možnosti užití počítačového vidění a saliency maps pro návrh prostředí za využití typů vizuálních kontrastů, které byly definovány v kapitole 5, byl rozdělen do tří fází. Tyto jednotlivé fáze měly prověřit možnosti a vhodnost analýzy pro návrh. Výsledky šetření sice nemají za úkol stanovit žádné konkrétní referenční hodnoty ani doporučení pro samotný návrh, mohou z nich však vyplynout ponaučení týkajících se konkrétních řešení, která byla dotazována. Díky předchozí definici jednotlivých typů vizuálních kontrastů nejsou výstupy pouze abstraktní, ale zobrazují typy kontrastů předem daného rámce, který byl popsán v předchozích kapitolách. Výzkumné otázky nejdříve cílí obecně na vztah mezi vnímáním prostředí počítačovým viděním a uživatelem. Postupně jsou však konkretizovány na různé možnosti řešení prostoru a jeho vyhodnocování jak počítačovým modelem, tak konkrétními dotazovanými osobami.

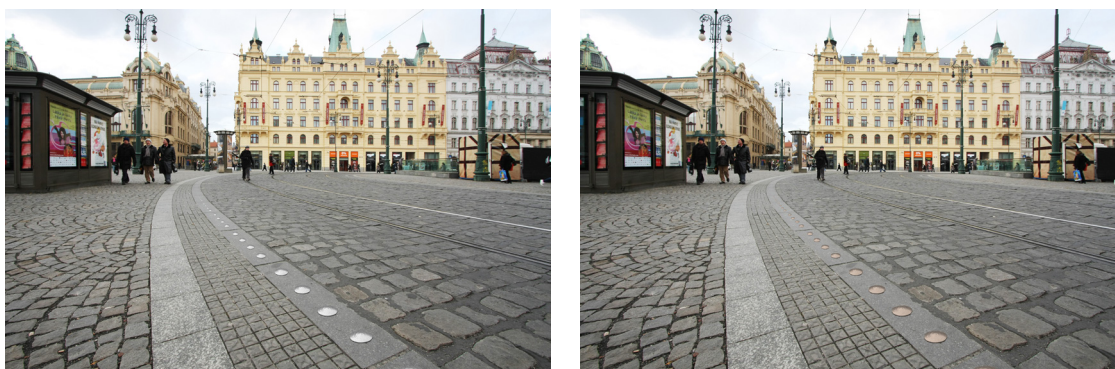
8.2. OVĚŘENÍ VHODNOSTI SALIENTNÍHO MODELU PŘI NÁVRHU PROSTŘEDÍ

- 1) Fáze vizualizace kontrastních prvků v digitální scéně respondenty a porovnání s analýzou scény pomocí počítačového salientního modelu (obr. 94).



Obrázek 94: Příklad porovnání analýzy scény respondenty a počítačovým salientním modelem

- 2) Fáze vytváření digitálních scén s kontrastními prvky navrženými pomocí počítačového salientního modelu a jejich porovnání respondenty se scénami bez navržených kontrastních prvků (obr. 95).



Obrázek 95: Příklad porovnání scény s kontrastními prvky navrženými za pomoci počítačového salientního modelu

- 3) Fáze aplikace navrženého řešení ověřeného pomocí počítačové analýzy do reálného prostoru, který byl vyhodnocen osobou se zrakovým postižením jako špatně čitelný a nebezpečný. Testování řešení respondentem se zrakovým postižením (obr. 96).

8.2. OVĚŘENÍ VHODNOSTI SALIENTNÍHO MODELU PŘI NÁVRHU PROSTŘEDÍ



Obrázek 96: Aplikace a analýza navrženého řešení v reálném použití

8.2.1. VIZUALIZACE KONTRASTNÍCH PRVKŮ RESPONDENTY

8.2.1.1. CÍL REALIZOVANÉHO ŠETŘENÍ

Cílem tohoto šetření bylo nalézt a vyznačit strukturu výrazných prvků v digitálním obraze (v obraze byly použity prvky z kategorií definovaných typů kontrastů) tak, jak je vnímá člověk, a porovnat je s tím, jak je rozeznává počítačová analýza. Výsledek by měl představit, do jaké míry je shodné rozeznávání výrazných prvků člověkem a počítačovým modelem.

Dále by mělo ze šetření vyplynout, jak silně jsou vnímány jednotlivé typy kontrastů, které jsou v jednotlivých obrazech u výrazných prvků zastoupeny.

V první fázi byla vybrána sada dvaceti reprezentativních fotografií se scénami, které obsahovaly definované typy kontrastů. Tyto fotografie byly analyzovány pomocí počítačového salientního modelu a byly zaznamenány výstupy této analýzy pro další porovnání.

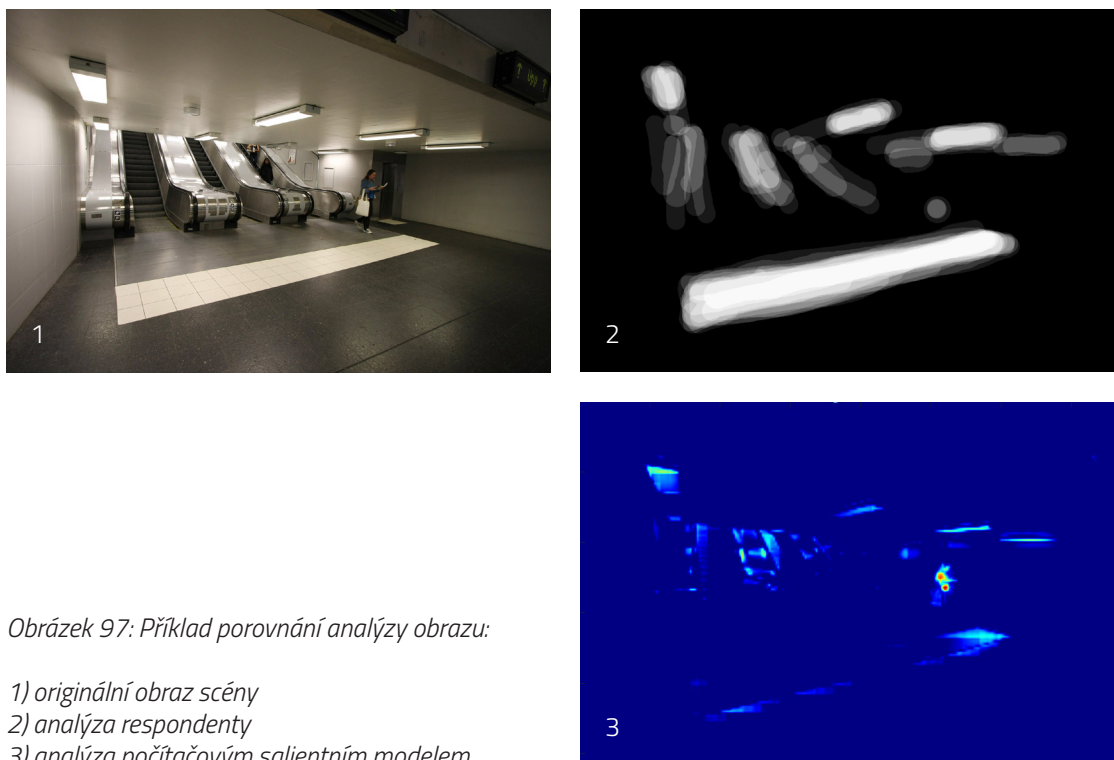
Stejná sada fotografií byla po krátkou dobu 1 sekundy promítnuta na LCD displeji respondentům, čímž byla simulována fáze bottom-up vnímání obrazu. Tento časový interval byl experimentálně zvolen tak, že byli respondenti dotazováni na dobu, při které jsou schopni vnímat kontrastní prvky, zároveň však nejsou schopni identifikovat a pojmenovat jednotlivé prvky a prostory ve scéně.

Po vypnutí obrazu následovala pauza cca 5 sekund, poté byla scéna opět promítnuta a respondenti pomocí polohovacího zařízení (počítačové myši) vyznačili body, křivky a plochy, které v předchozím promítání vyhodnotily jako výrazné. Neoznačili však prvky, které vyhodnotily jako výrazné až při druhém promítání scény. Druhé promítnutí scény za účelem samotného značení nebylo nijak časově limitováno. Scény byly promítány v náhodném pořadí.

Protože značení pomocí počítačové myši je motoricky náročnější, v úvodu promítání byl proveden jednoduchý test, ve kterém měli respondenti za úkol vyznačit polohovacím zařízením bod, obtáhnout křivku a vyplnit plochu. Všichni respondenti prokázali dostatečné schopnosti značení požadovaných prvků polohovacím zařízením.

Výsledky značení všech respondentů na jednotlivých fotografiích byly přes sebe softwarově promítnuty v jednotlivých vrstvách. U jednotlivých vrstev bylo sníženo jejich krytí. Místa, která značili respondenti shodně, tak vynikala sytější odstínem barvy, konkrétní sytost pak poukazovala na intenzitu výraznosti prvku. Vznikla tak

obdoba vizualizace salieny maps složená z pozorování jednotlivých respondentů. Stejně jako u salieny maps byla v případě často značených výrazných míst výsledná část obrazu sytější a lépe pozorovatelná. Výsledkem byla vizualizace výrazných prvků ve scéně respondenty. Takto vytvořené obrazy byly vizuálně porovnány s výstupy analýzy fotografií pomocí počítačového modelu (obr. 97).



Obrázek 97: Příklad porovnání analýzy obrazu:

- 1) originální obraz scény
- 2) analýza respondenty
- 3) analýza počítačovým salientním modelem

8.2.2. POROVNÁNÍ SCÉN SE ZVÝRAZNĚNÝMI ORIENTAČNÍMI PRVKY A BEZ ZVÝRAZNĚNÍ

8.2.2.1. CÍL REALIZOVANÉHO ŠETŘENÍ

Cílem šetření bylo prokázat vhodnost využití konkrétních výrazných orientačních prvků navržených za pomoci počítačového salientního modelu. Šetření mělo být provedeno dotazováním na výraznější prvek v kontextu dvojice obrazů se zvýrazněným a bez

zvýrazněného prvku. Do vyhodnocení obrazů respondenty měl být zahrnut i kognitivní proces vnímání fáze pozornosti top-down.

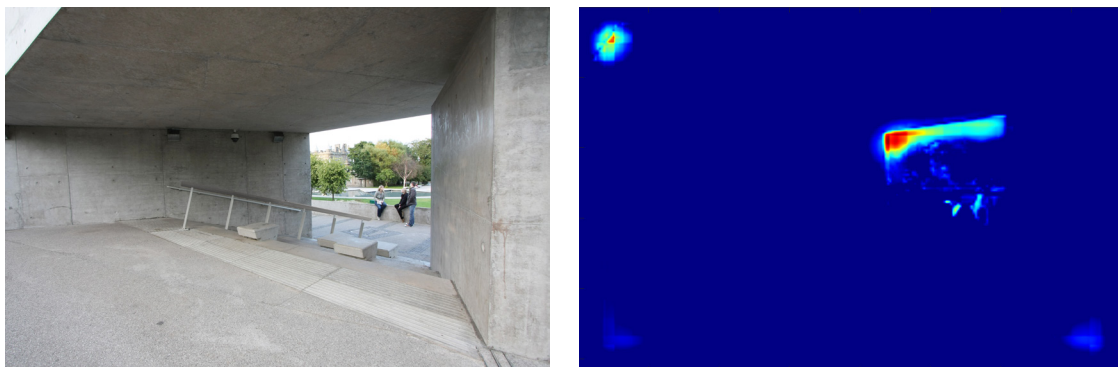
Dále by mělo být z dat zjistitelné, které typy z použitých kontrastů a prvků jsou vnímány nejsilněji a které typy kontrastů nebo orientačních prvků mohou být naopak problematické.

8.2.2.2.

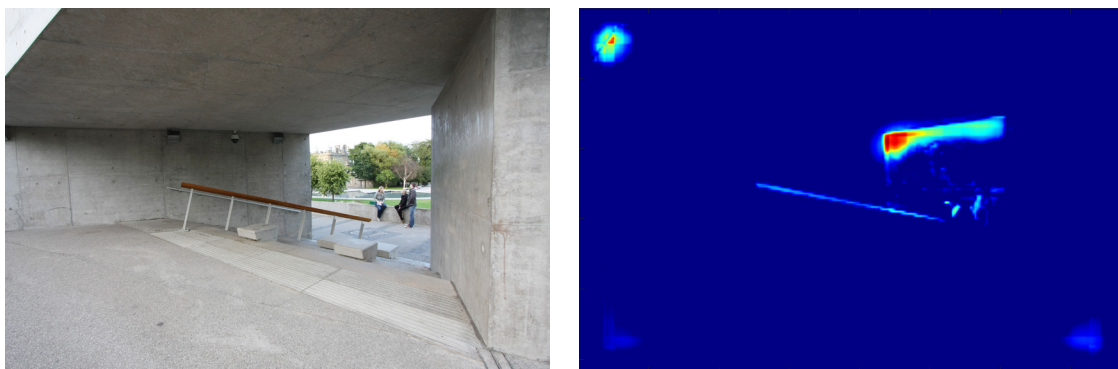
POPIS ŠETŘENÍ

Byla shromážděna sada dvaceti digitálních fotografií reálných interiérových a exteriérových scén. Tyto scény pak byly softwarově upraveny tak, že došlo ke zvýraznění nebo novému přidání prvků vhodných pro orientaci v prostoru. Podoba kontrastních prvků korespondovala s definovanými typy kontrastů. Jejich vhodnost a dostatečná výraznost byla ověřena v kontextu za pomoci salientního modelu. Pokud byl navržený prvek vizuálně dostatečně výrazný alespoň o stupeň v barevné škále výraznosti oproti původní scéně, byl do scény přidán a použit pro dotazník (obr. 98 - 100).

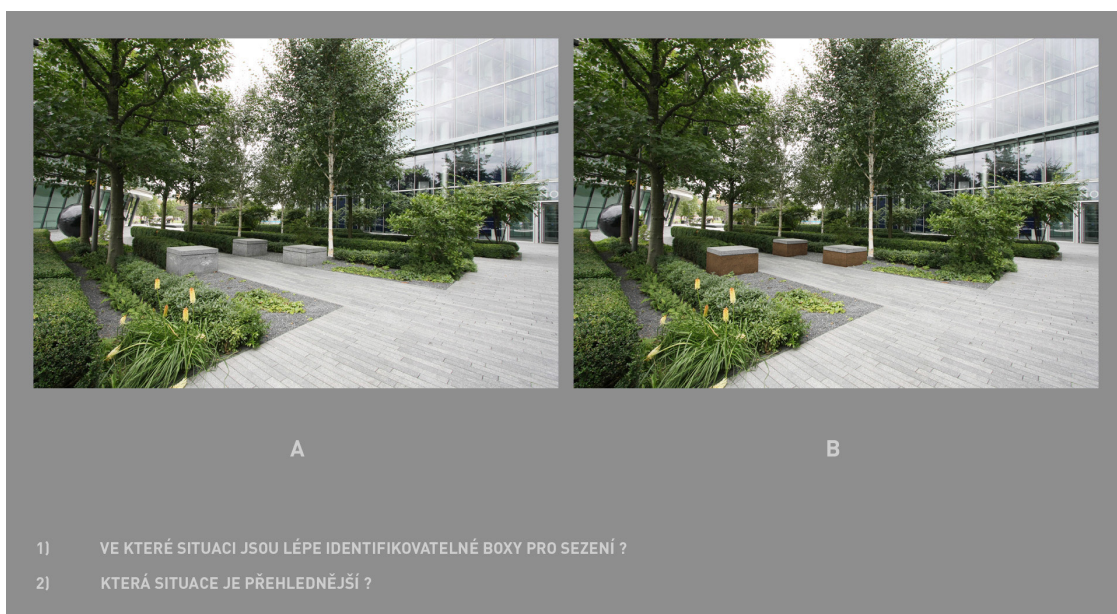
Sada fotografií v neupravené formě a v upravené formě byla vždy ve dvojici promítána na LCD displeji respondentům. Výzkumné otázky vždy zjišťovaly, ve které situaci je konkrétní prvek nebo prostor lépe identifikovatelný. Zda je tomu v neupravené situaci, nebo v situaci, kdy byl prvek zvýrazněn (obr. 141). Současně byla dvojice fotografií doplněna dotazem, která scéna je přehlednější. Druhá otázka je velmi subjektivní a není pro něj opora v analýze obrazu pomocí salientního modelu. Bylo však zajímavé jí jako doplňkovou otázku položit, jelikož poukázala na fakt, že ač je konkrétní prvek, na který chceme ve scéně upozornit, výrazný, celkový kontext scény může svou přílišnou výrazností zneřehlednit. Tento fakt se ukázal být klíčový i pro část šetření ve fázi 3.



Obrázek 98: Postup návrhu výrazných prvků ve scéně - scéna s nevýrazným zábradelním madlem



Obrázek 99: Postup návrhu výrazných prvků ve scéně - scéna se zvýrazněným zábradelním madlem



Obrázek 100: Příklad sestavy výzkumných obrázků a textů

8.2.3. APLIKACE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ POMOCÍ SALIENTNÍHO MODELU DO REÁLNÉHO PROSTORU

8.2.3.1. CÍL REALIZOVANÉHO ŠETŘENÍ

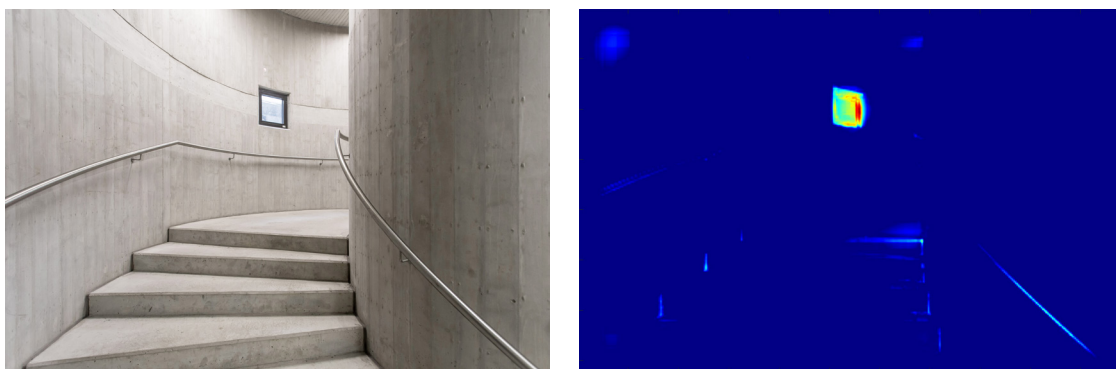
Posledním realizovaným šetřením byla aplikace řešení výrazných orientačních prvků do konkrétního prostoru a jeho hodnocení respondentem se zrakovým postižením. Pro toto šetření byl vybrán komunikační prostor schodiště, který je pro osoby se zrakovým postižením nepřehledný. Byla navržena řešení pro lepší přehlednost a větší bezpečnost prostoru. Tato řešení využívala barevné kontrastní prvky a byla ověřena a navržena za pomoci zákresu do fotografií a její analýzy počítačovým modelem. Při šetření měla být ověřena vhodnost použití salientního modelu pro návrh realizovatelných orientačních prvků.

Dále měla být jako doplňková informace ověřena vhodnost použitého typu kontrastu a jednotlivých variant tvarů a rozmístění kontrastních prvků na schodišti.

8.2.3.2. POPIS ŠETŘENÍ

Ve třetí fázi ověření vhodnosti salientního modelu pro analýzu prostoru byl vytipován prostor schodiště s problematickou orientací, kde je však přehlednost prostoru zásadní pro bezpečný pohyb nejen osob se zrakovým postižením. Tento prostor byl jako problematický označen zástupcem SONS - Sjednocené organizace nevidomých a slabozrakých, jednoho z nejvýznamnějších spolků v České republice sdružující osoby s těžkým zrakovým postižením. Zástupce spolku, osoba se zrakovým handicapem ve formě zbytků zraku, označil prostor točitého betonového schodiště za nepřehledný do té míry, že jediným orientačním a snadněji viditelným prvkem je kovové madlo. Ostatní prvky prostoru včetně schodišťových stupňů spolu splývají a jsou velmi nesnadno rozeznatelné (obr. 101). Jak prvek schodišťového ramene, tak stěny, podesty

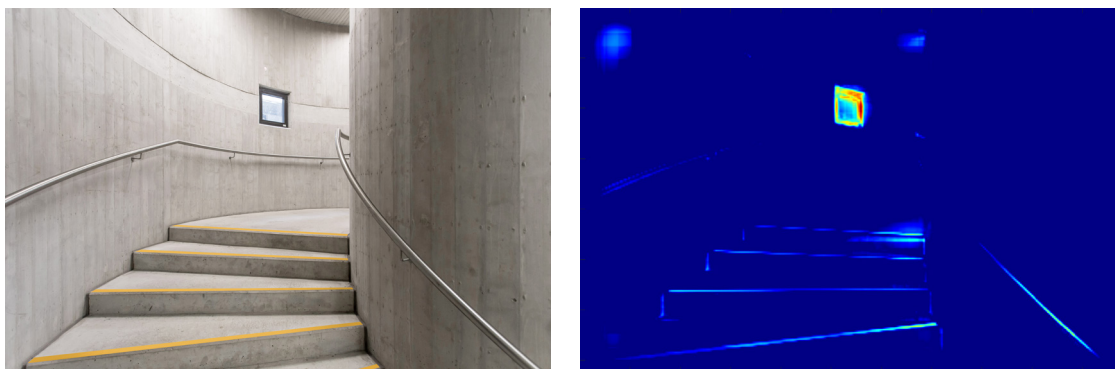
a mezipodesty včetně podhledů schodiště jsou ze stejného odstínu režného betonu. Jedinými kontrastními prvky jsou zmíněné broušené nerezové madlo, dveřní a okenní otvory v tubusu schodiště a reliéfní zvýraznění bednění tubusu a podhledu schodiště.



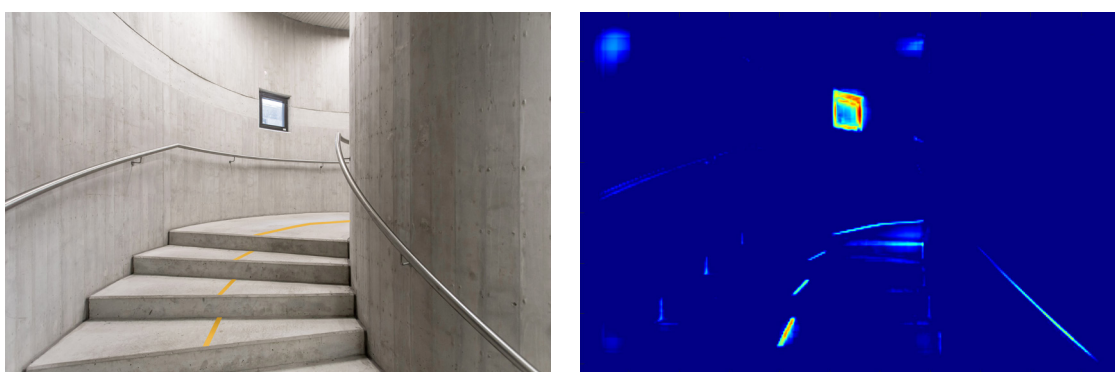
Obrázek 101: Řešený prostor točitého betonového schodiště

Byly navrženy tři varianty zvýraznění schodišťového ramene tak, aby byly rozeznatelné schodišťové stupně a pohyb po schodišti se stal nejen pro osoby se zrakovým postižením bezpečnější a plynulejší. Tyto varianty byly vizualizovány digitálním zákresem do fotografie stávajícího stavu a byly upraveny na základě analýzy salientním modelem tak, aby byly v kontextu prostoru dostatečně výrazné. To, zda je kontrastní prvek dostatečně výrazný, bylo zjištěno porovnáním analýzy stávajícího stavu a návrhu (obr. 102- 104). Ve chvíli, kdy byl kontrastní prvek zobrazený v saliency map oproti schodišti zvýrazněn o jeden stupeň v barevné škále výraznosti a byly viditelné všechny nově navržené prvky, bylo řešení určeno jako vhodné pro realizaci. Pro realizace návrhu byl použit materiál s barevným a jasovým kontrastem oproti materiálu schodiště – žlutý plastový pás s vyšším jasnem než materiál schodiště.

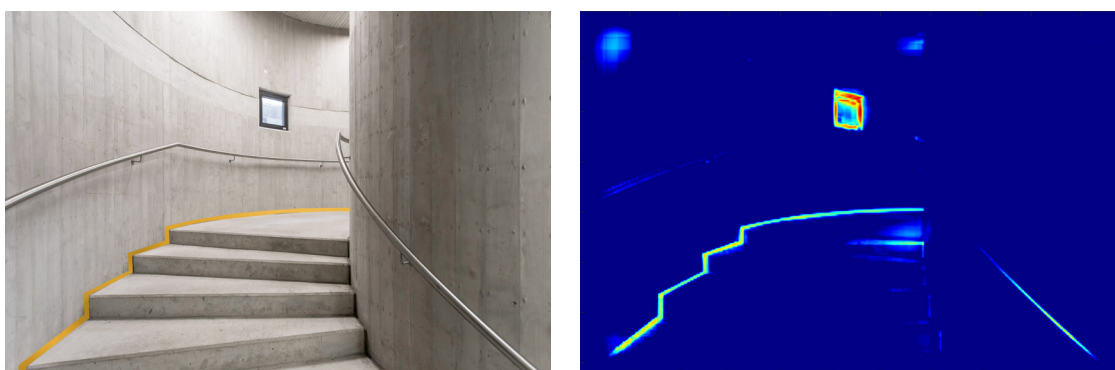
Respondent absolvoval cestu s rozejitím na podestě schodiště, výstup přes celé rameno a výstup na mezipodestu. Na mezipodestě se otočil a sestoupil zpět na podestu. Tento cyklus provedl v prvním případě u stávajícího stavu s brýlemi, dále bez brýlí a následně bez brýlí, kdy byly v prostoru schodiště realizovány jednotlivé varianty zvýraznění.



Obrázek 102: Vizualizace navrženého řešení a analýza jeho výraznosti salientním modelem - Varianta 1



Obrázek 103: Vizualizace navrženého řešení a analýza jeho výraznosti salientním modelem - Varianta 2



Obrázek 104: Vizualizace navrženého řešení a analýza jeho výraznosti salientním modelem - Varianta 3

8.3. SHRUTÍ VÝSLEDKŮ OVĚŘENÍ VHODNOSTI SALIENTNÍHO MODELU PRO NÁVRH PROSTŘEDÍ

Vhodnost použití počítačového salientního modelu při navrhování přehledného prostředí byla ověřována ve třech fázích zkoumajících a porovnávajících kontrastní prvky ve scénách a jejich vnímání respondenty a počítačovým modelem. Fáze byly postupně upřesňovány tak, aby bylo zřejmé, jak se shoduje vidění scény člověkem a počítačovým modelem, jak lze počítačový model využít při návrhu prostoru v digitální podobě a následně i při realizaci. Součástí fází, kdy byly kontrastní prvky v prostoru navrhovány a porovnávány, bylo hodnocení těchto scén a prvků v nich respondenty. Tak bylo možno na analýzu scén počítačovým salientním modelem získat více úhlů pohledů.

V rámci návrhu a realizace pracovních scén byly zásadně využívány pouze typy kontrastů, které byly nejdříve popsány, kategorizovány a vyhodnoceny jako vhodné pro tvorbu prostředí s výraznými orientačními prvky.

V případě porovnání vizualizací výrazných míst v digitálních obrazech respondenty a výstupů počítačového modelu – saliency maps se ve velké většině výsledky shodovaly. Celková struktura výrazných míst v jednotlivých obrazech se až na několik případů velmi podobala. Odchytky mezi vnímáním dotazovaných osob a výstupy salientního modelu, byly z velké části zřejmě způsobeny zapojením kognitivních procesů do vnímání prvků respondenty.

U porovnání scén se zvýrazněnými orientačními prvky a bez těchto prvků byla zjištěna shoda vnímání výraznosti konkrétních prvků mezi člověkem a počítačem v 90 % případů. Zároveň byla většina těchto řešení vyhodnocena respondenty jako přehlednější. Jisté nepřesnosti vznikaly subjektivními sympatiemi nebo antipatiemi k nabízeným řešením. Porovnání výsledků shod vnímání zvýrazněných prvků a přehlednosti scén podle typů jednotlivých užitých typů kontrastů nepřineslo

nové poznání. Rozdíly mezi jednotlivými typy kontrastů nebyly výrazné a vzhledem k subjektivitě hodnocení dat dotazovanými osobami je při interpretaci výsledků nezbytná větší tolerance.

Při návrhu realizace orientačních prvků v problematickém prostoru nepřehledného schodiště bylo využito analýzy zákresu řešení počítačovým salientním modelem. Pro snadnější pohyb po schodišti byla navržena tři možná řešení. Tato řešení pak byla realizována a testována dotazovanou osobou se zrakovým handicapem. Pomocí dotazů a komentářů respondenta byl potvrzen pozitivní přínos dvou variant řešení prostoru s kontrastními prvky, které prostor schodiště činily přehlednější a bezpečnější. Při šetření byla zároveň potvrzena domněnka, která vyplynula ze šetření ve druhé fázi a to, že přítomnost výrazných orientačních prvků nemusí být pro celkový kontext vždy přínosem. Výrazné prvky na sebe mohou strhávat pozornost a odvádět ji od jiných, neméně důležitých nebo dokonce důležitějších prvků v prostoru. Celkový obraz tak může být snadno dezinterpretován. Je proto nutné prvky navrhovat s tímto poznatkem tak, aby úmysl výrazného značení nebyl kontraproduktivní.

Z jednotlivých fází šetření vyplývá potenciál užití počítačového salientního modelu k analýze stávajícího stavu a návrhu prostředí, které obsahuje zvýrazněné prvky pro snadnější orientaci. Uvažované orientační prvky mohou být tvořeny za pomoci dříve definovaných principů kontrastů, vyhodnocení salientním modelem slouží jako vodítko pro ověření návrhu architektem. V jednotlivých fázích šetření byla snaha porovnat vidění digitálně zaznamenané nebo reálné scény dotazovanými osobami a porovnání s analýzou digitálního záznamu počítačovým modelem. Ve všech fázích docházelo k výrazným průnikům mezi vnímáním kontrastních prvků v prostoru člověkem a počítačovým modelem.

Cílem práce bylo definovat aplikovatelné materiálové kontrastní principy, které by bylo možno využít při tvorbě orientačních prvků ve vystavěném prostředí a nalezení nástroje, který by dokázal tyto prvky v prostředí identifikovat a vyjádřit jejich význam v rámci kontextu celé scény.

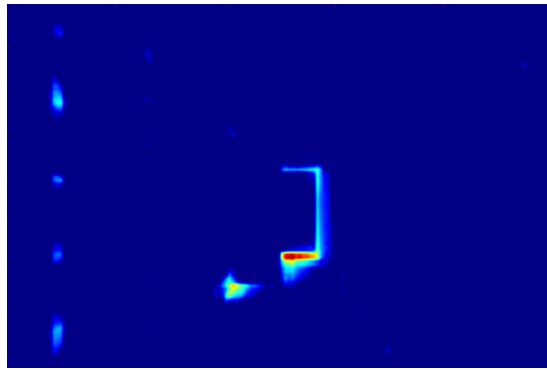
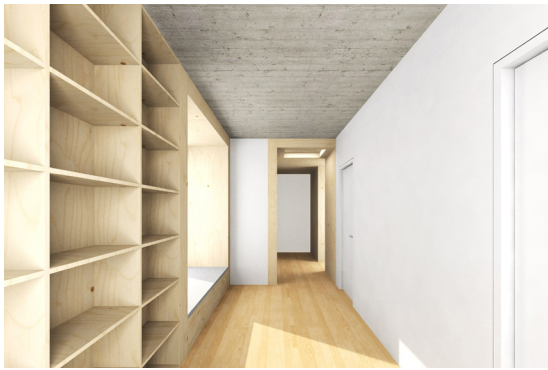
Byly kategorizovány a pojmenovány základní kontrasty – vlastnosti materiálů, které lze cíleně používat v rámci tvorby prostoru a které lze mezi sebou kombinovat a vytvářet tak unikátní řešení vhodná pro individuální prostor. Tyto kategorie tak, jak jsou popsány, člení kontrasty s ohledem na jejich vnímání a možnost užití při tvorbě vystavěného architektonického prostředí a jsou základním rámcem, který lze dále dělit do dalších subkategorií. Pro snazší práci při návrhu za využití popsaných kategorií byly kontrasty členěny do větších celků, nebyly charakterizovány detailní subkategorie, které lze dodatečně popsat.

V další fázi byl hledán způsob získání objektivních referenčních údajů, které by sloužily k porovnání a hodnocení kontrastních řešení ve stávajících situacích nebo při návrzích dobře viditelných orientačních prvků. Byl nalezen nástroj – salientní počítačový model pro analýzu digitálního obrazu jakožto otisku reálné scény, který dovede s uspokojivou přesností napodobit lidské vnímání prostoru, především pak dokáže nalézt prvky, které poutají dostatečnou pozornost. Tento model dále dokáže tyto prvky vizualizovat tak, aby bylo možné vyhodnotit míru jejich výraznosti, umístění a rozsah pouhým pohledem. Další výhodou tohoto modelu je povaha analyzovaného materiálu, jímž je digitální záznam scény. Je tudíž možné tuto scénu před každou analýzou modifikovat podle potřeby. Lze digitálně zasahovat do fotografie stávajícího stavu a měnit rozsah a sílu orientačních prvků. Digitální záznam scény lze vytvořit i počítačovou simulací – vizualizací prostoru, prvky měnit již při výpočtu vizualizace, popřípadě stejně, jako v případě fotografie stávajícího stavu, do vizualizací zasahovat při post-processingu. V rámci úprav obrazu, ať již ve fázi

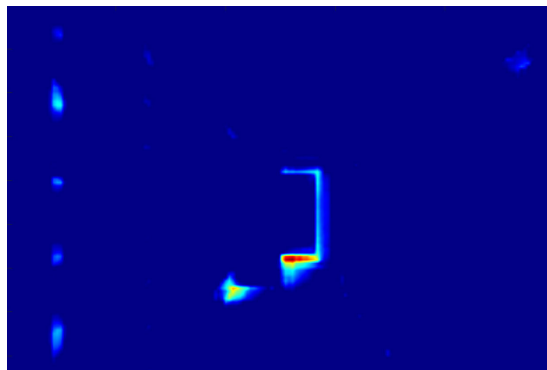
jeho výpočtu, nebo později ve fázi post-processingu, lze úspěšně obraz modifikovat tak, aby simuloval konkrétní zrakovou vadu (obr. 105 - 108). Obraz může být například rozostřen od určité vzdálenosti, může být desaturován, ořezán, atd. Takto modifikovaný obraz lze poté analyzovat salientním modelem stejně jako jakýkoliv jiný záznam scény. Výsledný výstup pak slouží k představě, jak silně jsou kontrastní prvky vnímány v případě deformace obrazu způsobené zrakovou vadou. Sílu kontrastu prvku lze modifikovat stejně jako u nedeformovaného digitálního záznamu, a tak pomocí saliency maps navrhovat prostor pro konkrétní zrakové postižení, popřípadě ověřovat vhodnost obecného návrhu pro konkrétní typ zrakové vady.

Vhodnost a účinnost použití salientního modelu, jakožto nástroje pro využití při analýze prostoru s akcentem na orientaci ve vystavěném prostředí, byla v této práci ověřena třemi typy šetření. Tato šetření zkoumala vhodnost salientního modelu pro analýzu a vhodnost jeho začlenění do procesu návrhu architektonického prostoru. Při šetřeních vyplynuly další problematiky, kterým je nutné pro další rozvoj použití modelu porozumět a započítat jejich vliv na výsledek analýzy nebo při návrhu. Jedná se o především o nutnost navrhovat kontrastní prvky adekvátně svému účelu tak, aby nedocházelo k přehlčení a znepřehlednění scény příliš mnoha prvky s nadměrně silným kontrastem. Tento problém by měl být eliminován dostatečnou zkušeností architekta nebo návrháře. V některých případech může také docházet k takovému zapojení kognitivních funkcí uživatele, kdy je vhodně upravené a funkční prostředí vnímáno jednotlivcem deformovaně, a tudíž je orientační efekt oslaben. Lze uzavřít, že i přes některé dílčí problémy, kterým je dále třeba věnovat pozornost, otevírá salientní model významné možnosti analýzy digitálního obrazu jak pro účely zhodnocení přehlednosti stávající situace, tak návrhu zcela nového prostředí.

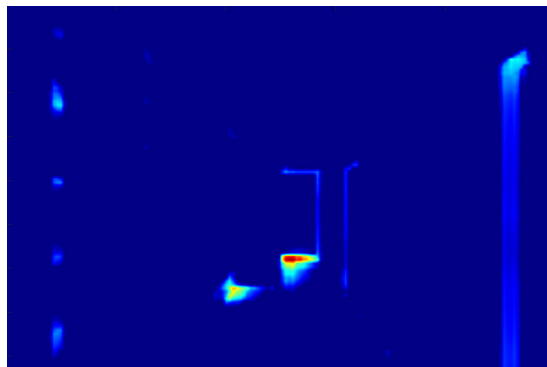
Salientní model je možné využít jednoduchým způsobem: výzkumník nebo architekt porovná původní obraz s obrazem analyzovaným a zhodnotí, zda má posuzovaný



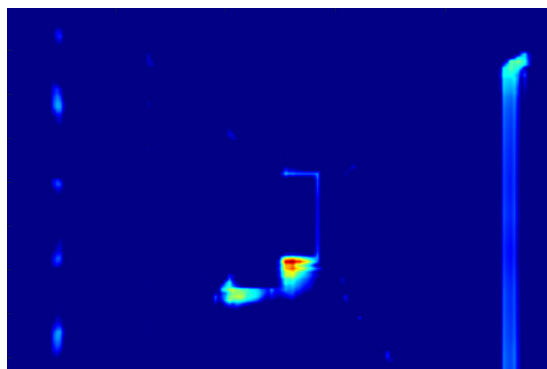
Obrázek 105: Příklad návrhu kontrastního řešení ve vizualizaci - nevýrazné barevné řešení zárubní



Obrázek 106: Příklad návrhu kontrastního řešení ve vizualizaci - málo výrazné barevné řešení zárubní



Obrázek 107: Příklad návrhu kontrastního řešení ve vizualizaci - dostatečně výrazné barevné řešení zárubní



Obrázek 108: Simulace zrakového postižení ve vizualizaci a analýza výraznosti barevného řešení zárubní

prvek oproti okolí významný kontrast a zda přitahuje dostatečnou míru pozornosti. V případě návrhu nového prostoru pak může architekt prvek upravit a vizualizovat tak, aby prvek dostatečné vlastnosti nabyl. Použití modelu pro tyto účely je v této chvíli relativně náročné, jelikož není primárně určen pro běžného uživatele. U většiny modelů se jedná o kód v programovacím jazyce, který je spouštěn v platformě, která není běžně pro architektonické návrhy používána. Jako vhodná by se jevila implementace salientního modelu přímo do prostředí softwaru, který je pro tvorbu prostoru využíván. Zároveň je pro návrh prostředí zásadní přítomnost zkušeného návrháře, který dokáže posoudit vhodnost navrhovaného orientačního prvku v kontextu scény. Jak bylo ukázáno, to, že je prvek ve scéně dobře rozpoznatelný, nemusí znamenat, že je pro daný případ vždy nejvhodnější. Vizualní síla prvku na sebe může strhnout veškerou pozornost a vytvořit tak zmatečnou situaci. V současné chvíli se tak jedná o nástroj pro analýzu konkrétního řešení, nikoliv o nástroj pro autonomní navrhování.

Jasnou volbou ke zdokonalení využití salientního modelu a jeho větší autonomii při návrhu prostředí je cesta získávání a zapojení velkého objemu analyzovaných dat. Na tomto poli se otevírají široké možnosti využití nových technologií. Jako navazující výzkum je možné navrhnout shromáždění dat pomocí technologie eye tracking. Jedná se o speciální brýle snímající v reálném čase směr a místo pohledu / pozornosti respondenta. Respondent se může pohybovat v konkrétním prostoru, přičemž bude zaznamenán jak vnímaný obraz, tak místa, kam respondent upírá svou pozornost při orientaci v prostředí. Záznam obrazu může být současně analyzován salientním modelem. Nashromážděná data z reálného prostředí a jejich analýza pomocí salientního modelu může být dobrým podkladem pro zpracování umělou neuronovou sítí.

Zapojením kombinace těchto technologických nástrojů může zřejmě vzniknout velmi účinný nástroj pro analýzu prostředí jak pro běžné uživatele, tak pro uživatele se zrakovým postižením. Data poskytnutá metodou eye tracking mohou být realizována

s respondenty jak s běžným zrakem, tak s různým zrakovým handicapem. Stejně tak mohou být pomocí salientního modelu analyzovány obrazy, které jsou digitálně modifikované tak, aby simulovaly konkrétní zrakovou vadu. Analýza konkrétního prostoru stejně jako jeho návrh by v budoucnu mohly využívat výstup umělé neuronové sítě. Takto zdokonalený počítačový model by byl schopen vyhodnotit výraznost a vhodnost konkrétního orientačního prvku v celém širokém kontextu scény.

Jak již bylo uvedeno, proto, abychom se dokázali v prostoru komfortně a přirozeně pohybovat, je zásadní, aby byl přehledný pro všechny kategorie uživatelů. Prostory, ve kterých se pohybujeme, jsou stále složitější a rychle přibývá množství informací v nich obsažených. Za této situace navíc roste i stále silnější trend inkluze uživatelů s různými potřebami – vystavěný prostor je určen všem a všichni by jej měli mít možnost užívat bez ohledu na svůj fyzický nebo psychický stav. Tento současný stav je pro architekty a návrháře vystavěného prostředí velmi náročný na koordinaci všech nezbytností, které zahrnují požadavky množství norem, právních předpisů, investora, uživatelů a dalších. I v těchto mantinelech je stále důležité být kreativní a nespoléhat pouze na předepsaná a ověřená řešení. Nabízí se, aby existoval nástroj, který tvorbu vystavěného prostředí nediktuje, slouží pouze jako vodítko a možnost ověření při jeho budování. Spojení kategorizace materiálových kontrastů – prostředků k budování orientačních prvků a nástroje objektivní analýzy takto vytvořených prvků by mohlo být pro návrh přehledného architektonického prostoru výhodné. Syntéza konkrétních stavebních kamenů a nástroje pro verifikaci jejich použití je zásadní. Bez definovaných typů kontrastů tápeme v nepřehledném množství řešení a bez vhodného nástroje analýzy jsme odkázáni na zdlouhavá empirická ověření našich návrhů. Toto spojení by mohlo vytvořit dobrý podklad pro přesné a zároveň kreativní budování vystavěného prostředí.

- Connor, C. E., Egeth, H. E., Yantis, S. Visual attention: Bottom-up versus Top-down. In: *Current biology* [online]. Ročník 2004, číslo 14 [cit. 8.10.2020]. ISSN 0960-9822. Dostupné z: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S0960-9822%2804%2900725-0>
- ČSN P ISO 21542. *Pozemní stavby – Přístupnost a využitelnost vybudovaného prostředí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [v přípravě]. [cit. 1.5.2020].
- *Demographic trends, statistics and data on ageing* [online]. World Health Organization – Regional office for Europe. [cit. 3.7.2020]. Dostupné z: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/Life-stages/healthy-ageing/data-and-statistics/demographic-trends,-statistics-and-data-on-ageing>
- Deville, B., Bologna, G., Vinckenbosch, M., Pun, T. Guiding the focus of attention of blind people with visual saliency [přednáška]. In: *Workshop on Computer Vision Applications for the Visually Impaired, James Coughlan and Roberto Manduchi, říjen 2018, Marseille* [online]. Inria-00325452. [cit. 5.10.2020] Dostupné z: <https://hal.inria.fr/inria-00325452/document>
- Glasow, N. *Psychiatrie*. universalRAUM GmbH, 2012. ISBN 978-6-86780-304-5.
- *Global data on visual impairments 2010*. [online]. WHO/NMH/PBD/12.01, 2012. [cit. 3.7.2020]. Dostupné z: <https://www.who.int/blindness/GLOBALDATAFINALforweb.pdf>
- Gregory, R. L. *Eye and brain: the psychology of seeing*. Oxford University Press, 1997. ISBN 978-0198524120.
- Kling, B., Krüger, T. *Signage. Detail*, 2013. ISBN 978-3920034942.
- Lupač, P. Kontrasty. *ERA21*, ročník 2012, číslo 04. ISSN 1801-089X.
- Marquardt, G. *Designing for People With Dementia, Creating Supportive Environments in Nursing Homes*. Přednáška 17. 4. 2012, Fakulta architektury ČVUT v Praze, workshop Stárnutí populace – nové trendy v navrhování bydlení pro seniory.
- Melloni, L., Leeuwen, S., Aling, A., Müller, N. G. Interaction between Bottom-up Saliency and Top-down Control: How Saliency Maps Are Created in the Human Brain. In: *Cerebral Cortex* [online]. Ročník 2012, číslo 12, s. 2943 – 2952 [cit. 5.10.2020]. ISSN 1460-2199. Dostupné z: <https://academic.oup.com/cercor/article-pdf/22/12/2943/17305987/bhr384.pdf>
- Rensink, R. A. In: Walther, D., Koch, CH. Modeling attention to salient proto-objects. In: *Neural Networks* [online]. Ročník 2006, číslo 19, s. 1395-1407 [cit. 8.10.2020]. ISSN 1879-2782. Dostupné z: https://bwlab.utoronto.ca/wp-content/uploads/2014/10/walther_koch_neuralnetworks06.pdf
- Schindler, R., Pešák, M. *Kdo je zrakově postižený?* [online]. SONS ČR. [cit. 1.7.2020]. Dostupné z: <http://www.sons.cz/kdojezp.php>
- Šestáková, I., Francová, N., Sobek, J., Procházková, M., Sobek, J., Lupač, P. *Bydlení (nejen) pro lidi se zdravotním postižením*. MPSV ČR, 2012. ISBN 978-80-7421-042-6.
- Šestáková, I. Tomandl, J., Voříšková, Š., Lupač, P., Gál, O. *Principy tvorby prostředí pro osoby s parkinsonovou nemocí*. ČVUT v Praze, 2019. ISBN 978-80-01-06530-3.
- Šestáková, I., Lupač, P. *Budovy bez bariér*. Grada publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3225-1.
- Šestáková, I., Lupač, P. Orientace a pohyb v prostoru. *Interiér*, ročník 2011, číslo 3. ISSN 1214-4584.

- Šumníková, P. *Možnosti prostorové orientace a samostatného pohybu*. UK – Pedagogická fakulta, 2018. ISBN 978-80-7603-005-3.
- Torralba, A., Oliva, A., Castelhana, M. S. Contextual guidance of eye movements and attention in real-world scenes: The role of global features in objects search. In: *Psychological Review* [online]. Ročník 2016, číslo 113, s. 766 – 786 [cit. 5.10.2020]. ISSN 1939-1471. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/5b316a4de17ba35691dabf1f/t/5cd46e679b747a521e68611d/1557425773387/Torralbaetal2006.pdf>
- Voříšková, Š. *Barrierefreiheit*. universalRAUM GmbH, 2012. ISBN 978-3-86780-305-2.
- Walther, D., Koch, CH. Modeling attention to salient proto-objects. In: *Neural Networks* [online]. Ročník 2006, číslo 19, s. 1395-1407 [cit. 8.10.2020]. ISSN 1879-2782. Dostupné z: https://bwlab.utoronto.ca/wp-content/uploads/2014/10/walther_koch_neuralnetworks06.pdf
- Wang, S., Yang, X., Tian, Y. Detecting signage and doors for blind navigation and wayfinding. In: *Network Modeling Analysis in Health Informatics and Bioinformatics* [online]. Ročník 2013, číslo 2, s. 81 - 93 [cit. 8.10.2020]. ISSN 2192-6662. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13721-013-0027-9>
- Xu, R., Xia, H., Tian, M. Wayfinding design in transportation architecture: are saliency models or designer visual attention a good predictor of passenger visual attention? In: *Frontiers of Architectural Research* [online]. Ročník 2020, svazek 9, číslo 4, s. 726-738 [cit. 27.4.2021]. ISSN 2095-2643. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209526352030042X?via%3Dihub>
- Zumthor, P.: *Atmospheres*. Birkhäuser, 2006. ISBN 978-3764374952.

Fotografie a ilustrace autor

- Obrázek 1: Skleněné stěny znesnadňují vnímání objektu (CaixaForum, Barcelona, Španělsko)
- Obrázek 2: Prostor s mnoha výraznými prvky ale bez jasné hierarchie (Musiktheater, Graz, Rakousko)
- Obrázek 3: Prostor bez výrazných orientačních prvků (budova opery, Oslo, Norsko)
- Obrázek 4: Obraz viděný bez zrakové vady
- Obrázek 5: Simulace makulární degenerace
- Obrázek 6: Simulace glaukomu
- Obrázek 7: Simulace kataraktu
- Obrázek 8: Simulace myopie
- Obrázek 9: Simulace retinopatie
- Obrázek 10: Teplá barva ohně mění vyznění prostoru z šedivých chladných materiálů (Lisabon, Portugalsko)
- Obrázek 11: Kontrast materiálů, barev a hmot (Praça Nova de São Jorge Castle, Lisabon, Portugalsko)
- Obrázek 12: Různě opracovaný materiál má odlišné vlastnosti (Sagrada Família, Barcelona, Španělsko)
- Obrázek 13: Různé tvarování materiálu určuje jeho vyznění – jemné řasení nebo ostré žlábký v jednom kusu kamene
- Obrázek 14: Mnoho různých silných kontrastních prvků soupeřících o svou pozornost (restaurace Restaurace McDonalds, Olomouc, Česká republika)
- Obrázek 15: Kontrast rostlin a stavebních konstrukcí (Krematorium Baumschulenweg, Berlín, Německo)
- Obrázek 16: Kontrast stavebních konstrukcí různých vlastností (Lysaker station, Oslo, Norsko)
- Obrázek 17: Kontrast rostlin a stavebních konstrukcí (Montjuic, Barcelona, Španělsko)
- Obrázek 18: Kontrast rostlin a stavebních konstrukcí (XAL showroom, Graz, Rakousko)
- Obrázek 19: Chodník lemovaný záhony vytváří kontrast vnímatelný více smysly (Potters Field Park, Londýn, Velká Británie)
- Obrázek 20: Prostor doplněný vodním prvkem vytváří kontrast vnímatelný více smysly (Scottish Parliament, Edinburgh, Skotsko)
- Obrázek 21: Prostor doplněný vodním prvkem vytváří kontrast vnímatelný více smysly (Stanice metra, Zurich, Švýcarsko)
- Obrázek 22: Prostor doplněný vodním prvkem vytváří kontrast vnímatelný více smysly (More London Place, Londýn, Velká Británie)
- Obrázek 23: Velké kontrastní plochy zpředhledňují vnímání prostoru náměstí, dělí plochu náměstí na mnoho menších částí (Norrmalmstorg, Stockholm, Švédsko)
- Obrázek 24: Velké kontrastní plochy zpředhledňují vnímání prostoru náměstí, dělí plochu náměstí na mnoho menších částí (Sergels torg, Stockholm, Švédsko)
- Obrázek 25: Reliéf vystupující z plochy (Montjuic, Barcelona, Španělsko)
- Obrázek 26: Reliéf zahloubený do plochy (Neuer Wall, Hamburg, Německo)
- Obrázek 27: Reliéf kombinující vystoupení a zahloubení do plochy (Hamburg, Německo)
- Obrázek 28: Symbol zobrazený za pomoci reliéfního kontrastu (Hlavní vlakové nádraží, Antverpy, Belgie)
- Obrázek 29: Symbol zobrazený za pomoci reliéfního kontrastu (Praça Nova de São Jorge Castle, Lisabon, Portugalsko)
- Obrázek 30: Plocha pojednaná za pomoci reliéfního kontrastu (Berlín, Německo)
- Obrázek 31: Symbol zobrazený za pomoci reliéfního kontrastu (Tchoban Foundation Museum, Berlin, Německo)
- Obrázek 32: Informace kódovaná do reliéfního pojednání plochy, v tomto případě je informace záměrně druhořadá (Sagrada Família, Barcelona, Španělsko)
- Obrázek 33: Schodiště s bloky pro sezení je řešeno tak, že stupně schodiště a bloky měřítkově splývají, je tak složité oddělit schodiště od míst pro sezení (Oslo National Academy of the Arts, Oslo, Norsko)

- Obrázek 34: Oddělení povrchů dlažby různého měřítka a směru pokládky (Montjuic, Barcelona, Španělsko)
- Obrázek 35: Reliéfní prvky pojednávající parapet jsou takového měřítka, že jsou vnímány jako samostatné plastiky a boří tak vnímání členění budovy (Avenida do Indico, Lisabon, Portugalsko)
- Obrázek 36: Kovové vystupující prvky mohou tvořit dostatečný kontrast s podkladem a mohou být dodatečně kotveny do historické dlažby (Stanice metra, Brusel, Belgie)
- Obrázek 37: Hmatový prostorový model vyrobený z kovu (More London, Londýn, Velká Británie)
- Obrázek 38: Hmatový prostorový model vyrobený z plastu (Univerzita Lipsko, Lipsko, Německo)
- Obrázek 39: Hmatový model zobrazující rozsah celé budovy (Kunsthau Graz, Graz, Rakousko)
- Obrázek 40: Použití barevného kontrastu odstínu barev (Oslo National Academy of the Arts, Oslo, Norsko)
- Obrázek 41: Použití barevného kontrastu sytosti barev (Oslo, Norsko)
- Obrázek 42: Použití barevného kontrastu světlosti barev (Kolumba, Kolín nad Rýnem, Německo)
- Obrázek 43: Změna barvy listů dotváří jedinečný charakter (Drážďany, Rakousko)
- Obrázek 44: Různá pigmentace kamene a pojiva vytváří unikátní povrch (Ernst Koref Schule, Linz, Rakousko)
- Obrázek 45: Různá pigmentace kamene a pojiva vytváří unikátní povrch (Ernst Koref Schule, Linz, Rakousko)
- Obrázek 46: Barevné nasvícení prostorů a materiálů (Hlavní vlakové nádraží, Antverpy, Belgie)
- Obrázek 47: Barevné nasvícení betonových nosníků v kombinaci s denním světlem (Stadelhofen, Zurich, Švýcarsko)
- Obrázek 48: Kontrast barev stejného jasu (Carrer Antic de Sant Joan, Barcelona, Španělsko)
- Obrázek 49: Užití komplementárních barev (Obchodní centrum Háje, Praha, Česká republika)
- Obrázek 50: Obraz viděný bez zrakové vady
- Obrázek 51: Simulace protanopie
- Obrázek 52: Simulace deuteranopie
- Obrázek 53: Simulace tritanopie
- Obrázek 54: V jednobarevném prostoru se špatně identifikují jednotlivé prvky a konstrukce (Wiener Stadthalle, Vídeň, Rakousko)
- Obrázek 55: Geometrické vzory spolu s perspektivou vytvářejí falešné představy o prostoru (Place Don Pedro IV, Lisabon, Portugalsko)
- Obrázek 56: Barevná pestrost znesnadňuje rozeznatelnost jednotlivých prvků v prostoru (Restaurace McDonalds, Praha, Česká republika)
- Obrázek 57: Zářící umělé světelné zdroje (Opera v Oslu, Oslo, Norsko)
- Obrázek 58: Světelný odraz od vodní plochy (Fundació Mies van der Rohe, Barcelona, Španělsko)
- Obrázek 59: Světelné odrazy od skla a kovových ploch (Moritzburg, Halle, Německo)
- Obrázek 60: Světelné odrazy od kovových prvků (Stanice metra, Brusel, Belgie)
- Obrázek 61: Světelný prvek - fasáda budovy (Ars Electronica Center, Linz, Rakousko)
- Obrázek 62: Nasvícený komunikační prostor eskalátorů (Stanice metra, Stockholm, Švédsko)
- Obrázek 63: Světelný prvek - schodišťové madlo (Castelo de S. Jorge, Lisabon, Portugalsko)
- Obrázek 64: Světelné logo (Museu Berardo, Lisabon, Portugalsko)
- Obrázek 65: Nepřehledný prostor s mnoha světelnými zdroji (Obchodní centrum, Praha, Česká republika)
- Obrázek 66: Bodové nasvícení prostoru a použití materiálu s odrazivostí vede ke zneřehlednění prostoru a k obtížnější identifikaci jednotlivých prvků a konstrukcí (Hamburg, Německo)
- Obrázek 67: Vržené stíny mají stejnou intenzitu jako další prvky v prostoru a vytvářejí tak falešnou představu o prostoru (Wiener Stadthalle, Vídeň, Rakousko)
- Obrázek 68: Problematické odrazy skleněných konstrukcí (Avenida do Berlim, Lisabon, Portugalsko)

- Obrázek 69: Problematické odrazy a průhlednost skleněných konstrukcí (Opera v Oslu, Oslo, Norsko)
- Obrázek 70: Problematické odrazy a průhlednost skleněných konstrukcí (Univerzita Lipsko, Lipsko, Německo)
- Obrázek 71: Nesnadné vnímání prostoru vymezeného skleněnými konstrukcemi (MAS museum, Antverpy, Belgie)
- Obrázek 72: Zviditelnění skleněných konstrukcí potiskem barvou (Lysaker station, Oslo, Norsko)
- Obrázek 73: Zviditelnění skleněných konstrukcí předsazenými prvky (Universitätsklinikum, Drážďany, Rakousko)
- Obrázek 74: Originální digitální obraz prostoru
- Obrázek 75: Salientní mapa získaná z digitálního obrazu
- Obrázek 76: Originální digitální obraz prostoru
- Obrázek 77: Zobrazení význačného objektu v salientní mapě
- Obrázek 78: Originální digitální obraz prostoru určený pro analýzu
- Obrázek 79: Conspicuity map - Colors
- Obrázek 80: Conspicuity map - Intensities
- Obrázek 81: Conspicuity map - Orientations
- Obrázek 82: Saliency map
- Obrázek 83: Maják svou výrazností nejdříve přitáhne pozornost, teprve poté je identifikován jako maják a je využit pro určení polohy
- Obrázek 84: Obraz s návrhem orientačního prvku
- Obrázek 85: Saliency map s návrhem orientačního prvku
- Obrázek 86: Vizualizace orientačního prvku
- Obrázek 87: Saliency map s návrhem orientačního prvku
- Obrázek 88: Modifikovaná vizualizace orientačního prvku
- Obrázek 89: Saliency map s modifikovaným návrhem orientačního prvku
- Obrázek 90: Analyzovaný obraz
- Obrázek 91: Saliency map - jako hlavní oblast zájmu je identifikována pouze část obrazu – hlava a její okolí, není vnímána postava jako celek
- Obrázek 92: Zobrazení saliency map ve škále odstínů šedi
- Obrázek 93: Zobrazení saliency map ve škále barev
- Obrázek 94: Příklad porovnání analýzy scény respondenty a počítačovým salientním modelem
- Obrázek 95: Příklad porovnání scény s kontrastními prvky navrženými za pomoci počítačového salientního modelu
- Obrázek 96: Aplikace a analýza navrženého řešení v reálném použití
- Obrázek 97: Příklad porovnání analýzy obrazu
- Obrázek 98: Postup návrhu výrazných prvků ve scéně - scéna s nevýrazným zábradelním madlem
- Obrázek 99: Postup návrhu výrazných prvků ve scéně - scéna se zvýrazněným zábradelním madlem
- Obrázek 100: Příklad sestavy výzkumných obrázků a textů
- Obrázek 101: Řešený prostor točitého betonového schodiště
- Obrázek 102: Vizualizace navrženého řešení a analýza jeho výraznosti salientním modelem - V 1
- Obrázek 103: Vizualizace navrženého řešení a analýza jeho výraznosti salientním modelem - V 2
- Obrázek 104: Vizualizace navrženého řešení a analýza jeho výraznosti salientním modelem - V 3
- Obrázek 105: Příklad návrhu kontrastního řešení ve vizualizaci - nevýrazné barevné řešení zárubní
- Obrázek 106: Příklad návrhu kontrastního řešení ve vizualizaci - málo výrazné barevné řešení zárubní
- Obrázek 107: Příklad návrhu kontrastního řešení ve vizualizaci - dostatečně výrazné barevné řešení zárubní
- Obrázek 108: Simulace zrakového postižení ve vizualizaci a analýza výraznosti barevného řešení zárubní

Publikace:

- Šestáková, I., Tomandl, J., Voříšková, Š., Lupač, P., Gál, O. *Principy tvorby prostředí pro osoby s parkinsonovou nemocí*. ČVUT v Praze, 2019. ISBN 978-80-01-06530-3.
- Šestáková, I., Tomandl, J., Voříšková, Š., Lupač, P., Gál, O. *Design of space for people with Parkinson's disease*. Praha: Czech Technical University in Prague, 2019. ISBN 978-80-01-06531-0.
- Šestáková, I., Zbořilová, Z., Petrik, M., Lupač, P., Smetanová, M. *Architektura dětem 2018 - Děti a město - prostor pro hru*. CAMP Praha, 2018-10-25/2018-10-26. Praha: CTU FA. Faculty Payments, 2018. ISBN 978-80-01-06539-6.
- Šestáková, I., Fukalová, R., Váňová, L., Lupač, P. *Nové trendy v bydlení pro seniory*. Praha: Vydavatelství ČVUT v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05432-1.
- Šestáková, I., Váňová, L., Lupač, P. *Trendy v bydlení pro seniory*. Prague: Czech Technical University, 2013. ISBN 978-80-01-05405-5.
- Šestáková, I., Francová, N., Sobek, J., Procházková, M., Sobek, J., Lupač, P. *Bydlení (nejen) pro lidi se zdravotním postižením*. MPSV ČR, 2012. ISBN 978-80-7421-042-6.
- Šestáková, I., Lupač, P. *Budovy bez bariér*. Grada publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3225-1.
- Šestáková, I., Váňová, L., Lupač, P. *Humanizing trends in buildings for health and social care*. Vydavatelství ČVUT v Praze, 2010. ISBN 978-80-01-04707-1.

Audiovizuální práce:

- Kastlová, V., Tomandl, J., Lupač, P., Šestáková, I., Voříšková, Š. *Parkinsonova nemoc a architektura - zkušební situace v prostoru*. 2016.

Článek v periodiku:

- Lupač, P. Kontrasty. *ERA21*, ročník 2012, číslo 04. ISSN 1801-089X.
- Šestáková, I., Lupač, P. Orientace a pohyb v prostoru. *Interiér*, ročník 2011, číslo 3. ISSN 1214-4584.

Stat' ve sborníku:

- Lupač, P. Vnímání architektonického prostoru seniory se zrakovým postižením - materiálová řešení. In: *Stárnutí 2014*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 3. lékařská fakulta, 2014. pp. 85-91. ISBN 978-80-87878-11-8.
- Lupač, P. Materiálová řešení a jejich vliv na orientaci seniorů se zrakovým handicapem. In: *Sborník V. ročníku Senior living*. Pardubice: Ledax o.p.s., 2011, pp. 56-69. ISBN 978-80-254-8808-9.
- Chroustovská, K., Lupač, P., Zezulová, J., Šestáková, I. Poprad for all....Hill for All. In: *Tourism for All 2 Results : Intensive Programme ERASMUS*. Central European Data Agency, a.s., 2008, pp. 12-15. ISBN 978-80-969981-7-3.