

Kreativna upotreba projektora u fotografiji

Čondrić, Vilma

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:582100>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-08**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

VILMA ČONDRIĆ

**KREATIVNA UPOTREBA
PROJEKTORA U FOTOGRAFIJI**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

MODUL: DIZAJN GRAFIČKIH PROIZVODA

KREATIVNA UPOTREBA PROJEKTORA U FOTOGRAFIJI

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Maja Strgar Kurečić

Student:
Vilma Čondrić

Zagreb, 2017.

Sažetak:

Umjetnička fotografija je vid fotografskog izražavanja gdje fotograf svoje subjektivne doživljaje prenosi na fotografiju manipulacijom elemenata tako da određeni motiv ne mora biti doslovno prikazan nego je u službi prijenosnika poruke ili emocije fotografa. U ovom radu kao kreativni element izražavanja koristit će se projektor te će se istraživati mogućnosti manipulacije fotografijom kada projektor predstavlja jedini izvor svjetla. Teorijski dio rada obuhvatit će razvoj projektoru od prapočetaka do digitalnog doba te njegovu primjenu u kreativnim tehnikama fotografskog i video izražavanja. Spomenut će se i novije tehnologije, koje se temelje na istom principu rada kao digitalni projektori, kao što su „video mapping” i „face-tracking projections” koje se koriste u video produkciji ili u službi oglašavanja. Druga cjelina obuhvatit će općenito važnost osvjetljenja u digitalnoj umjetničkoj fotografiji te će se objasniti metode mjerenja količine svjetlosti različitim mjernim instrumentima i važnost istih radi predviđanja optimalnih postavki fotoaparata koji se odnose na duljinu eksponiranja i brzinu zatvaranja okidača. Praktični dio rada obuhvatit će istraživanje o mogućnostima i nedostacima projektoru u službi umjetničke fotografije, kada projektor predstavlja jedini izvor svjetlosti, te će se kao primjer prezentirati vlastite fotografije.

Ključne riječi: projektor, osvjetljenje, mjerenje svjetla, ekspozicija, fotografija

Abstract:

Art photography is a way of photographic expression where the character of certain elements on a photograph is not a direct representation of reality but rather an expression of emotion or subjective feeling presented by the photographer. In this paper a projector will be used as a creative way of photographic formulation and therefore its possibilities will be explored in both creative and technical way. New projection technologies such as projection mapping and face-tracking projection, which are mostly used in advertising, will also be mentioned. Another part of the paper is concerned with the importance of lightning in digital art photography and the way in which the lightning conditions dictate the choice of a proper metering mode which is important for calculating adequate exposure times and apertures. Practical part of this paper will contain a survey about some of the possibilities and disadvantages of a projector in context of artistic photography - a context in which the only light source is a projector itself - exemplified by the author's photographs.

Key words: projector, illumination, camera metering, exposition, photography

Sadržaj:

1.	UVOD	1
2.	TEORIJSKI DIO	2
2.1.	Projektor u različitim kontekstima	2
2.1.1.	Projektor kroz povijest	2
2.1.2.	Digitalni ili video projektori.....	3
2.1.3.	DLP projektor.....	3
2.1.4.	Projektor u službi umjetničke fotografije.....	3
2.1.5.	Budućnost.....	7
2.1.6.	<i>Dynamic Projection Mapping</i>	11
2.2.	Važnost osvjetljenja u fotografiji	12
2.2.1.	Izvori svjetlosti.....	13
2.2.2.	Projektor kao izvor svjetlosti	14
2.2.3.	Mjerenja svjetla.....	14
2.2.3.1.	Evaluacijsko mjerenje	15
2.2.3.2.	Mjerenje s težištem u centru.....	15
2.2.3.3.	Spotno mjerenje	15
2.2.3.4.	Vanjski uređaj za mjerenje svjetla	16
3.	EKSPERIMENTALNI DIO	17
3.1.	Tehničke specifikacije korištenog projektora i fotoaparata	18
3.2.	Projektor kao jedini izvor osvjetljenja	20
3.3.	Klasifikacija projekcija prema histogramu	20
3.4.	Postavke digitalnog fotoaparata.....	24
3.4.1.	ISO osjetljivost.....	24
3.4.2.	Otvor zaslona	24
3.4.3.	Duljina eksponiranja	26
3.4.4.	Primjena metoda mjerenja svjetla	34
3.4.5.	Ručni svjetlomjer	44
3.4.6.	Autorske fotografije	44
4.	ZAKLJUČAK	55
5.	Literatura	

1. UVOD

Projection photography odnosno fotografija projekcije kao takva se prvi put pojavila šezdesetih godina prošlog stoljeća u obliku modne fotografije. Njen razvojni put se nastavio u obliku umjetničkog izražavanja i u reklamnoj industriji. Posebnost fotografske projekcije je u tome što dozvoljava spajanje više različitih scena u jedan zajednički kontekst. U potpuno zatamnjenoj prostoriji, koja može biti lišena svih fizičkih detalja projekcija može oživjeti prostor stvarajući privid da se u istoj toj prostoriji sada nalaze objekti koji su vizualno prisutni ali nisu stvarni. Gibajući se kroz takav prostor osoba može postati integrirana u projekciju i sama postati njenim dijelom. Projektor je izvor svjetlosti čija temperatura i boja izvora ovise o projiciranoj fotografiji. Kada se osoba nalazi na nekom položaju u odnosu na taj izvor njeno tijelo baca sjenu pod određenim kutom u odnosu na projektor pa na taj način može biti vizualno izdvojena iz takvog virtualnog prostora. Neki od umjetničkih pristupa fotografskoj projekciji nastali su upravo iz ideje integracije nekog modela u prostor ili izdvajanje istog iz prostora osvjetljenog projekcijom. Imajući to na umu, projektor se više ne shvaća samo kao uređaj koji projicira sliku, nego kao svjetlosni izvor koji ima svoju jakost, temperaturu, boju svjetlosti i položaj u odnosu na modela. Svjetlosni izvor će, osim doživljaja tona fotografije, diktirati i duljinu izlaganja fotografskog senzora svjetlosti, veličinu otvora zaslona fotoaparata kroz koje ta svjetlost prolazi i količinu osjetljivosti senzora na zrake svjetlosti. Međusobni odnosi između tih parametara će odrediti karakter konačne fotografije i njihovi pravilni omjeri će dati rezultate fotografijom koja ima ujednačen tonalni raspon bez gubitka detalja. Poznavanjem karakteristika svjetlosnog izvora krajnji rezultat će biti bliži ideji koju je fotograf zamislio, a za postizanje takvih rezultata bitno je izmjeriti količinu reflektiranog svjetla neke scene. Svjetlomjer u fotoaparatu ima nekoliko metoda mjerenja svjetla koje se odabiru prema karakteru scene. Iz očitavanja reflektiranog svjetla će fotografski aparat predložiti optimalne duljine ekspozicija za fotografiju zadovoljavajuće kvalitete. Zbog prirode projektora kao svjetlosnog izvora, nekad su predviđanja za optimalne duljine ekspozicija nezadovoljavajuće i u tom slučaju je na fotografu da promjeni neke parametre za dobivanje željenih rezultata. Duljina eksponiranja je jedan od najvažnijih faktora jer u konačnici diktira kvalitetu svjetla na fotografiji i razlučivost detalja. Problemi se stvaraju kod jako tamnih i ekstremno svijetlih površina jer se u tim

područjima pri krivim ekspozicijama često gube detalji na fotografiji. Pravilne duljine eksponiranja sačuvat će te detalje, ali će odabir duljine eksponiranja uvijek ovisiti o svjetlosnim uvjetima i biti usko vezane sa odabirom ostalih parametara na fotoaparatu. Da bi se svjetlosni uvjeti donekle kontrolirali, projekcije se mogu razdijeliti prema njihovoj svjetlini, a ta informacija dobiva se iz histograma slike. Kontrola svjetlosnih uvjeta olakšat će odabir metode mjerenja svjetla i nakraju rezultirati kvalitetnom konačnom fotografijom.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Projektor u različitim kontekstima

2.1.1. Projektor kroz povijest

Projektor je izlazni optički uređaj koji projicira sliku ili video na ravnu površinu (zid ili platno). [1] Razvoj projektora vuče svoje korijene još od cca. 400. godine p.n.e. kada je prvi put u kineskim spisima spomenuta i opisana *camera obscura*. [2] Ovaj optički fenomen nastaje kada, u tamnoj prostoriji ili kutiji primjerice, na jednoj strani postoji mali kružni otvor kroz koji ulazi snop svjetlosti. Ta svjetlost uzrokuje preslikavanje slike izvana na zid suprotan od onoga na kojem se nalazi otvor. Preslika koja se vidi u tamnoj prostoriji je identična slici vanjskog svijeta ali je izokrenuta naopako i invertirana slijeva na desno. Ljudska fascinacija *camerom obscurom* nastavila se kroz stoljeća i postupno pokušavala razumijevati. Počevši s postavljanjem konkavnih ogledala koja invertiraju sliku, pa sve do sustava leća koji dovode do razvoja stenografskih ogledala postupno se razvija projektor kakav poznajemo danas. [3] Oko 1756. švicarski matematičar i inženjer Lenhoard Euler predstavio je tzv. neprozirni projektor (danas poznat kao episkop) koji je mogao projicirati jasnu sliku neprozirnih i malih objekata te ga je koristio na svojim predavanjima - što jasno povlači paralelu sa današnjom upotrebom projektora - u komercijalne i edukacijske svrhe. Početkom 20. stoljeća pojavljuju se projektori koji rade na principu osvjetljavanja dijapozitiva, te grafoskopi. [4] Početkom devedesetih godina prošlog stoljeća razvijaju se i digitalni projektori koji umjesto dijapozitiva koriste digitalne fotografije i njihova upotreba se komercijalizira početkom 21. stoljeća.

2.1.2. Digitalni ili video projektori

Digitalni projektori koriste sustav leća pomoću kojih se slika projicira na zaslon.

Najčešće su na neki način povezani sa računalom ili sličnim izlaznim uređajem. Princip rada temelji se na različitim tehnologijama od kojih su najčešće CRT, LCD, DLP, LED ili u novije vrijeme tehnologije laserskih dioda ili hibrida istih. [1]

Vrlo važna karakteristika svakog projektor je njegova rezolucija izražena u pikselima (p) te jakost svjetlosnog snopa izražena u lumenima (lm). Uobičajene rezolucije za današnje projektore su SVGA (800 x 600), XGA (1024 x 768), 720p (1280 x 720) 1080p (1920 x 1080). Preporučena jakost svjetlosnog snopa se određuje prema veličini zaslona na koji se projicira, te veličini prostorije, i najčešće je u rasponu od 1500 do 4000 lm. [1]

2.1.3. DLP projektor

DLP (*Digital Light Processing*) je zaslon čiji se princip rada bazira na optičko - elektro- mehaničkoj tehnologiji, odnosno koristi DMD sustav (*digital micromirror device*). Prednosti projektor koji se bazira na navedenom sustavu rada su da je slika „glatka” bez prevelikih šumova, geometrija na slikama nije deformirana ni na koji način i osigurava dobar kontrast na projekcijama u iznosu od 2100:1. Obično mogu procesuirati i do 7 zasebnih boja čijim se miješanjem proširuje gamut (opseg boja) projektor. Neki od nedostataka su ti da može imati dozu šuma što se posebno manifestira na fotografijama ili videima koji su tamnih tonova. [47] [48]

2.1.4. Projektor u službi umjetničke fotografije

Projection Art Photography ili u slobodnom prijevodu Umjetnička fotografija projekcije prvi put se u svom prepoznatljivom obliku, kao umjetnički izraz, pojavila 1960ih godina modnim editorijalom fotografa Johna Frencha. Ovaj britanski fotograf najviše se bavio modnom i portretnom fotografijom, a važno je i naglasiti da se posvetio istraživanju snimanja ovakve vrste fotografije pri uvjetima slabije osvjetljenosti i kontrasta, te otiskivanju takvih fotografija u kod novinskog tiska. [5] Upravo ovakva

vrsta problema, pokušaj ujedinjenja visokokvalitetne fotografije (što bi u pravilu trebala biti svaka modna fotografija) i novinskog tiska (koji podrazumijeva otiske slabije kvalitete i rezolucije), zahtjeva znanje i zanimanje kako za tehnologiju tako i umjetnost. U ovom slučaju, upravo spoj tehnologije i umjetnosti vodi ka inovativnosti i prve pojave fotografije projekcije. Modne fotografije Johna Frencha prikazivale su nage modele koje su umjesto odjeće na svojim tijelima imale samo „otisak“ floralnih dezena koji je bio projiciran na njihova tijela. (slika 1 i slika 2) Mogućnost raznovrsnosti konačnih rezultata unutar iste tehnologije potiče razvoj ovakve fotografije u smjeru umjetnosti, mode i oglašavanja.[6]



Slika 1. i slika 2. prikazuju modni editorijal Johna Frencha i prvu pojavu projekcijske fotografije

Projicirane fotografije na poseban način osvjetljavaju modela na koji se projicira, razlučivost detalja na fotografiji može itekako varirati u ovisnosti o kontrastu i svjetlini projekcije pa se i sami dojam i poruka koja se prenosi uvelike razlikuju od fotografa do fotografa. Neki od suvremenih primjera mogu slikovito pokazati razlike u pristupu fotoprojekciji. Fotograf Tom Eshchar na svoje modele projicira različite pozadine kod kojih se na nekima model u potpunosti integrira u projekciju tako da postaje teško razlučiti granicu između dvodimenzionalnog i trodimenzionalnog. Na drugim fotografijama pak, upravo je ta međuprostorna distinkcija izrazito naglašena. [7] Fotografkinja Eva Mueller svoje modele posebno naglašava projekcijama koje

imponiraju obliku tijela te je tako projekcija u sporednoj ulozi, samo kako bi dala jači naglasak na modela. Često se model u potpunosti izdvaja iz pozadine *fotomanipulacijom*, što u gotovoj formi može podsjećati na *body painting* fotografiju. [8] (slika 3 i slika 4)



Slika 3. Fotograf Tom Eschar (lijevo) na modele projicira kompleksne motive stavljajući subjekta u drugi plan. Eva Mueller ima suprotan pristup i njeni su modeli često izdvojeni iz pozadine kako je prikazano na slici 4.

Nikolay Glazunov na svoje modele projicira slike poznatih slikara devetnaestog stoljeća s ciljem da svog modela što više uklopi unutar projekcije, na takav način da promatrač dobije osjećaj da bi se određena osoba zaista mogla nalaziti naslikana na toj slici. Njegov pristup je suprotan od pristupa Eve Mueller, iako je model i u jednom i u drugom slučaju superioran nad projekcijom. [9] Pojedini umjetnici, kao što je Mads Perch primjerice, poseban naglasak daje na kolorističkim prednostima fotoprojekcije i naglašava kontrast tamne pozadine i modela. [10] Fotografija projekcija nerijetko postaje i video projekcija. Može se razlikovati utoliko što se na modela projicira video *per se*, ili se izvor svjetlosti pomiče tako da samo na trenutke osvjetljava modela i ta igra svjetlosti i sjene je snimljena, upravo kako je to napravio Mads Perch [11]

Fotografija projekcija svoju najsvjetliju budućnost mogla bi doživjeti u modnoj i reklamnoj industriji. Primjer dobrog oglašavanja su fotografije poznatog svjetskog fotografa Nadava Kandra za sportsku tvrtku „Puma“. Njegov pristup je poprilično jednostavan; modeli poziraju u prostorima lišenim stvarnih, fizičkih detalja, a svaka stvar koja se vidi zapravo je nestvarna, neopipljiva i samo je projekcija stvarnosti. Unatoč tome, dojam i poruka koju prenosi fotografija je suprotna od nestvarnog i hladnog, dapače, dobiva se dojam udobnosti, jednostavnosti i pristupačnosti. [12] Poruka je subjektivan dojam koji vrlo lako može i varirati među publikom, ali Kander dočarava jednu jasnu i evidentnu prednost fotografije projekcija – smanjenje korištenja rekvizita u modnoj i reklamnoj fotografiji, budući da se isti mogu projicirati na stvari koje mogu biti i bezlične i obične. Upravo ova i njoj slične ideje potiču razvoj fotografije projekcije i video projekcije u novim smjerovima.[6]

Svaka umjetnost može biti prijenosnik jake i značajne poruke. Serija fotografija francuskog fotografa Philippea Echarouxa iz 2016. dio je kampanje za podizanje svijesti o krčenju prašuma na području Brazila. Zajedno s domorodcima iz tog područja pokreće fotografski projekt koji prikazuje sintezu čovjeka i prirode tako što su portreti domorodaca direktno projicirani na stabla prašume. Fotografije prenose snažnu poruku o simbiozi čovjeka s prirodom, vezu koja je toliko iskonska da je je u današnje vrijeme čovjek gotovo apstrahirao. Umjetnik doslovnim zbrajanjem jednog i drugog, slike čovjeka i slike prirode, pokazuje prirodost njihove veze ali i njezinu krhkost. [13] (slika 5.)



Slika 5. Phillipe Echaroux – kampanja za podizanje svijesti o krčenju prašuma na području Brazila, 2016.

Umjetnik često pokušava komunicirati s publikom preko umjetnosti ali je nerijetko ta komunikacija jednosmjerna jer umjetnik ne dobiva direktnu povratnu informaciju s druge strane. Da bi komunikacijski kanal mogao biti otvoren obostrano - umjetnik pribjegava interaktivnim izložbama. Eksperimentiranje s video projekcijama je stil brazilskog umjetničkog dua pod imenom „VJ Suave“ koju čini Ceci Solonga i Ygor Malotta. Osnovna zamisao je komunikacija s publikom pomoću video projekcija projiciranih na ulice pa je interakcija publike i umjetnosti konstantna i neponovljiva. [14] Projiciranjem fotografija ili videa u vanjski prostor umjetnost postaje dinamična i njene mogućnosti se proširuju.

2.1.5. Budućnost

Boja je optičko svojstvo nekog predmeta koje ljudski mozak percipira kada bijela svjetlost obasjava taj objekt. Zbog fizičkih svojstava pojedinih predmeta, dio spektra bijelog snopa svjetlosti se reflektira, ulazi u mrežnicu oka i tu pojavu registramo kao boju. Ako je predmet neutralan, ljudsko oko neće percipirati pojavu boje. Ali ako je

takav neobojeni predmet obasjan svjetlošću određene valne duljine – on će poprimiti karakteristike te boje svjetla – ili, ako je izvor svjetlosti koji obasjava predmet primjerice projektor (izvor svjetla koji nije unificiran) [15] predmet poprimiti teksturu i boju svjetlosti izvora. Izmjenom samo jednog faktora – karakteristika izvora svjetlosti – mijenjaju se fizička svojstva objekta koji je obasjan svjetlošću izvora. Ovo je osnovna polazišna točka u razvoju tehnologije koju ugrubo možemo nazvati virtualnom realnošću. [16] Šezdesetih godina prošlog stoljeća, kada se projektor komercijalizira, razvija se i drugi tip projekcije koji se bazira na istom principu rada, ali ima jednu bitnu razliku u odnosu na „klasično“ projiciranje a to je projekcija na trodimenzionalne statične modele koji mogu biti različitih pravilnih i nepravilnih oblika. Pomoću posebnog *softwarea* detektiraju se rubovi nekog 3D modela i on samostalno postaje zaslon za projiciranje, dok prostor iza modela nije osvijetljen projekcijom. [17] [18] (slika 6.) Posebnost video projekcije je u tome što koristi više projektor koji projiciraju sliku iz različitih kutova tako da se mogu u potpunosti ukloniti sjene koje bi u prirodi nastale kada bi bilo koji objekt bio osvijetljen pod nekim kutom. Na ovaj način će ti objekti postati osvijetljeni na sve tri dimenzije i potpuno poprimiti boju ili teksturu slike ili videa koji se na njih projicira. Ova tehnologija zove se *projection (video) mapping*, *shader lamps* ili se koristi stariji pojam – *spatial augmented reality*. [19]. Rapidnim razvojem tehnologije primjena projektor se razvija u mnogo različitih smjerova pa se u pojedinim literaturama pojmovi *projection mapping* i *spatial augmented reality* ili *shader lamps* razilaze i imaju zasebne razvojne tokove iako je korijen njihovog razvoja zajednički i zapravo je jedina ključna razlika u *softwareu* koji se koristi za renderiranje. [20] [21]



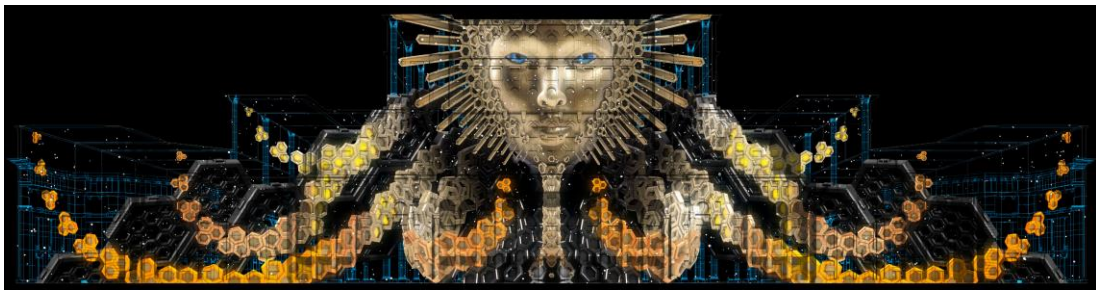
Slika 6. *Projection mapping* na dvorcu u Disneylandu. Video projekcija najčešće je dinamična, promjena u projekcijama prikazana je u tri koraka

Iako je pojam *projection mapping* populariziran tek u posljednjih nekoliko godina, eksperimentiranje s projektorom 60ih godina dovodi do razvoja ove tehnologije i korištenja trodimenzionalnih umjesto plošnih površina kod projekcije. Jedna od najpoznatijih predstava ove vrste je francuski *Son et lumiere (show)* što bi u projevodu značilo „zvučno – slikovna predstava“, prvi put je izvedena 1952. godine u *Chateau de Chamborde* u Francuskoj. Slijedeća predstava održana je u Egiptu početkom 60ih godina gdje su piramide predstavljale trodimenzionalna platna za projiciranje. [22] Na otvaranju *Haunted Mansion ride* u *Disneylandu* 1969. prikazane su projekcije nastale tako što su glave pjevača koji pjevaju tematsku pjesmu prethodno snimljene i naknadno projicirane na nepomične statue stvarajući pomalo jezivu optičku iluziju, smanjujući granicu stvarnog i nestvarnog. [24] Tek početkom devedesetih godina, točnije 1991, Disney će ovu tehnologiju i službeno patentirati i objaviti pod naslovom „Apparatus and method for projection upon a three- dimensional object” [25]. Video projekcija je najzastupljenija u području umjetnosti i oglašavanja. U posljednje vrijeme spajanje različitih sfera ljudskih interesa dovodi do velikog napredovanja u tehnologiji i znanosti. Spajanje navedenog sa različitim granama umjetnosti dovodi do interesantnih

znanstvenih otkrića koji se audio – vizualnim umjetničkim izražavanjem približavaju publici. Prednost video projekcije u usporedbi s nekim sličnim tehnologijama (npr. video zid) je što površine mogu biti i različitih, nepravilnih oblika te što rezolucija projekcije ovisi samo o rezoluciji videa. Često se koristi i na koncertima, nastupima ili modnim revijama kao ukrasni pozadinski odnosno popratni sadržaj. [26] Francuski dizajner Franck Sorbier odlazi i korak dalje te je cijela jedna modna kolekcija za 2013. godinu napravljena video mapiranjem. Model nosi bijelu haljinu na koju se projicira video pa sama haljina stalno mijenja svoj izgled. U suštini, dizajner priča priču o bezvremenosti mode koja je uvijek „most između prošlosti, sadašnjosti i budućnosti“ baš kao i video projekcija kada je ukomponirana u klasičnu modnu reviju. [27]. (Slika 7.) Ambijent pripremljen za projiciranje je pomno osmišljen, sa svakim tijelom postavljenim na točno određenu poziciju i udaljenost u odnosu na projektor. Kada su dimenzije i položaji objekata poznati onda projekcija i ambijent mogu biti u interakciji koja je prethodno proračunata. Nekoliko takvih primjera može se pronaći kod francuskog dua pod imenom „Skullmapping“. Filip Sterckx i Antoon Verbeeck su dva umjetnika koji se uspješno spajaju umjetnost i znanost u animirani video koji oživljava unutar nekog ambijenta. Mnoštvo primjera može se naći na službenim stranicama. [28] Video mapiranje je kombinacija pokretne grafike, 3D animacije i videa koji svakodnevne objekte može smjestiti u potpuno drugačiji kontekst ili im, barem prividno, dodijeliti potpuno nova svojstva. „Projection Artworks“ [29] je 2015. napravio najveći video mapping projekt koji je uključivao 68 projektoru.[30]. Pobjednik *iMap* nagrade za 2016. godinu „Limelight 3D Projection Mapping“ oživljava pročelje palače u Bukureštu u multidimenzionalnu priču koja povezuje stvarno i nestvarno i dovodi ih u interakciju te se oni međusobno povezuju – stoga i ime – „Interconnection“ [31] (slika 8.)



Slika 7. Frank Sorbier, eksperimentiranje s video mapiranjem i modnim dizajnom



Slika 8. Limelight 3D Projection Mapping – Interconnection, 2016.

<https://www.youtube.com/watch?v=a1v4W95wJnM&t=24s>

2.1.6. *Dynamic Projection Mapping*

Face tracking i RFID tehnologija omogućavaju još jedan korak dalje u razvoju video mapping tehnologije. Koristeći specijalne *high speed* projektore i *surface tracking* uređaje slika se može projicirati i na objekte koji su u pokretu.[32] Objekt, odnosno model, obilježava se markerima koji se vide pod posebnim infra-crvenim kamerama koje detektiraju rubove te će markeri odrediti položaj video projekcije u odnosu na postojeći model u gibanju. Kamera položaj markera interpretira tako što od njih stvara ponavljajući uzorak, pa stoga može i detektirati promjene odnosno deformacije na

uzorku. Projektor ima sposobnost reagiranja na promjene mjerene u milisekundama. [33] Brzina projektora (oko 1000 fps) i precizna *tracking* tehnologija ključne su koncepti za ostvarivanje ovakvih projekata. Virtualna stvarnost koju je čovjek do sada dijelio s računalom na ovaj način postaje korak bliža „stvarnom“ jer je u interakciji više živih predmeta koje dijeli „virtualni veo“. [34] [35]

Današnji projekti su uglavnom umjetnički izričaji spajanja stvarnog i virtualnog. [36] Amir Baradaran 2010 godine u Louvreu „oživljava“ Leonardovu Mona Lisu uz pomoć tehnologije dinamičkog projiciranja. Projekt pod imenom „Frenchising Mona Lisa“ je duhovit i interesantan, nadasve zbog toga što su posjetitelji mogli na licu mjesta svjedočiti oživljavanju famozne Mona Lise, a da je ona ipak u stvarnosti ostala na istom mjestu, potpuno netaknuta. [37] Budućnost razvoja *face tracking* tehnologije donosi i mogućnost da će video projekcija nadvladati obavezu da bude unaprijed isprogramirana i moći će postati spontana i popuno interaktivna s okolišem.

2.2. Važnost osvjetljenja u fotografiji

Fotografija nastaje upadanjem snopa svjetlosti kroz leću fotografskog aparata na senzor koji konvertira analogni signal u digitalni zapis – fotografiju. Svjetlost je ključan pojam bez kojeg fotografija ne bi bila vidljiva. Osvjetljenje (iluminacija) (znak E_s), fotometrijska fizikalna veličina kojom se opisuje upadanje svjetlosti na neku plohu, a definirana je količnikom svjetlosnoga toka Φ_s i površine P te plohe. Mjerna jedinica osvjetljenja jest luks. [38]

$$E_s = \frac{\Phi_s}{P} \quad lx = \frac{lm}{m^2}$$

Osvjetljenost u fotografiji je količina svjetla koja osvjetljava scenu koja će se fotografirati. Prema tome, fotografija će biti zapis, snimka, preslika scene sa svojim sjenama, teksturama i bojom.[39] Količina osvjetljenosti na fotografiji može bitno promijeniti doživljaj fotografije koja se promatra, stoga je bitno kontrolirati postavke fotoaparata na takav način da se količina svjetlosti na fotografiji bitno ne razlikuje od količine svjetla stvarne scene, osim ako fotograf pribjegava nekoj određenoj ili drugačijoj atmosferi na fotografiji. Količina svjetlosti koja upada na senzor fotografskog

aparata kontrolira se sa tri međuovisne veličine – brzinom zatvaranja zaslona (eng. *shutter speed*), vremenom eksponiranja te ISO osjetljivošću. Vrijeme eksponiranja ili jednostavno – ekspozicija (lat. *expositio*) je dužina izlaganja senzora (ili fotografskog filma u slučaju analogne fotografije) svjetlosti. [40] Treća veličina je sposobnost fotografskog aparata da zabilježi svjetlosni signal i naziva se ISO osjetljivost. Primjerice, ako je izvor svjetlosti projektor znači da su svjetlosni uvjeti oslabljeni i scena je tamnija. U takvim uvjetima ekspozicija je nužno duža nego pri uvjetima jake osvjetljenosti. Produljenjem ekspozicije zaslon fotoaparata može podnijeti brže zatvaranje i manje propuštanje svjetlosti. Povećavanjem ISO broja pojačava se električni signal koji dolazi na senzor, pa se pri jačim signalima može pri jednakim ekspozicijama povećati brzina zatvaranja okidača.[41] Mijenjanjem jednog ili sva tri parametara postiže se bolja kontrola osvjetljenja na fotografiji.

2.2.1. Izvori svjetlosti

Različite izvore svjetlosti možemo klasificirati prema njihovoj veličini i količini sjena vidljivih na fotografiji. Direktna sunčeva svjetlost baca oštru sjenu na površine pa su fotografije često dosta kontrastne. Ovakvi izvori svjetlosti nazivaju se „mali izvori” i njihova veličina jednaka je kutu od 1 - 20 stupnjeva (npr. direktna sunčeva svjetlost klasificirat će se kao mali izvor). Ako je svjetlost djelomično zablokirana i nije direktna (primjerice sunce iza oblaka) onda će sjene na fotografiji biti mekše i fotografija manje kontrastna. Ovakvi izvori su „srednje” klasifikacije i nastaju difuzijom ili refleksijom svjetlosti koja ublažava oštre prijelaze svjetlosti i sjena na modelu pa se lakše naglašava voluminoznost fotografiranog subjekta. Sunčeva svjetlost zaklonjena oblakom, svjetlost koja se reflektira od neke ravne površine, fotografske lampe kroz sjenila – redom spadaju u „srednje” izvore. Kada svjetlost obasjava 90 – 180 stupnjeva oko subjekta govori se o „velikim izvorima”. Po jako oblačnom vremenu svjetlost je velikim dijelom blokirana i sjene mogu biti gotovo neprimjetne na objektu. Što je izvor svjetla uži, manji, to će prijelazi iz svijetlih u tamne dijelove biti oštriji. Povećavanjem izvora svjetlosti gradacija svjetla i sjene je suptilnija.[42] Mijenjanjem nagiba ili položaja svjetlosnog izvora vidljive sjene na modelu se izdužuju ili skraćuju, a njegovim udaljavanjem od objekta sjene omekšavaju. Ova distribucija svjetlosti – njen intenzitet –

je obrnuto proporcionalan kvadratu udaljenosti od izvora. Ako je svjetlosni izvor udaljen od predmeta za neku udaljenost l , predmet je obasjan intenzitetom svjetlosti x . Ako se udaljenost dvostruko poveća i iznosi l^2 , intenzitet svjetlosti koja obasjava predmet reducirat će se i iznositi $\frac{l}{x^2}$. [43]

2.2.2. Projektor kao izvor svjetlosti

U slučaju fotografije projekcije izvor svjetlosti nije konstantan, pa se ne može direktno klasificirati kao uski, srednji ili široki. U principu, projektor kao svjetlosni izvor se stalno mijenja u ovisnosti o projiciranim slikama. Još jedna izuzetno bitna karakteristika svjetlosnog izvora je njegov položaj odnosno kut nagiba u odnosu na položaj modela ili fotografiranog objekta. Kada projektor predstavlja jedini izvor svjetlosti njegov položaj može nerijetko utjecati na konačni rezultat na fotografiji – u smislu svijetlih i tamnih površina odnosno pojave sjena. Ako se projektor postavi u na visinu modela sjena će u principu biti neprimjetna. Ali tu se ne smije zanemariti važnost položaja modela u odnosu na projektor. Ako je model ili objekt potpuno naslonjen na zid, sjena se može gotovo u potpunosti izbjeći i teško je povući granicu između dvodimenzionalnog i trodimenzionalnog. Odmicanjem modela od zida na koji se projicira i primicanje izvoru svjetlosti – rezultirat će difuzijom svjetla na rubovima prepreke koja se nalazi ispred izvora, pa sjena iza modela postaje sve veća što se on više približava projektoru. Upravo je ova kontrola svjetla i sjene nužna za postizanje cilja – ovisno o tome hoće li model biti uklopljen u pozadinu na takav način da je cijela scena gotovo plošna i ne vidi se prijelaz između pozadine i modela, ili je upravo izdvajanje modela iz scene uz pomoć sjene baš ono što se želi postići.

2.2.3. Mjerenja svjetla

Svjetlomjer je uređaj koji se koristi za mjerenje količine svjetla. Konkretno u fotografiji služi za proračunavanje ispravne ekspozicije u danim svjetlosnim uvjetima. [44] Kod digitalnih fotoaparata svjetlomjer je ugrađen u tijelo fotografskog aparata i mjeri količinu reflektiranog svjetla. Postoje i ručni svjetlomjeri koji, osim reflektiranog, mogu mjeriti i svjetlo koje direktno pada na neki objekt. Svjetlomjeri sve tonalne

vrijednosti „vide” kao jednu nijansu sive što je u fotografskom svijetu poznato kao „srednje sivi ton” i iznosi 18%. Svjetlomjer sve informacije o boji „vidi” i pretvara u tonalne vrijednosti sive prema kojima se izračunava srednja vrijednost i posljedično se predviđa duljina ekspozicije. Na koji način će svjetlomjer računati srednje sivi ton ovisi o odabranom načinu mjerenja svjetla (eng. *metering mode*) i to su mjerenje s težištem u centru, evaluacijsko mjerenje i spotno mjerenje. [45] [46]

2.2.3.1. Evaluacijsko mjerenje

Naziva se još i matrix mjerenje ili multi-segmentacijsko mjerenje [45]. Evaluacijsko mjerenje uzima srednju vrijednost između najsvjetlije i najtamnije točke prizora proračunava idealnu ekspoziciju tako što uspoređuje scenu sa predlošcima pohranjenim u memoriji fotoaparata. [45] Ako je scena sadrži dominantne svijetle ili tamne plohe, izračunata ekspozicija može biti pogrešna pa je potrebna kompenzacija od $\pm(2)$ ekspozicijske vrijednosti (EV) [46] Evaluacijsko mjerenje najbolje funkcionira kod scena koje su unutar dinamičkog raspona senzora fotografskog aparata. Ova vrsta mjerenja u obzir uzima osvjetljenost cjelokupne scene što nekad nije poželjno ako bi fokus trebao biti na sitnim detaljima na fotografiji.

2.2.3.2. Mjerenje s težištem u centru

U slučajevima kada je subjekt relativno malen u odnosu na ostatak kadra koristi se mjerenje sa težištem u centru (eng. *central weighted metering*) ili parcijalno mjerenje koje, iako u obzir uzima cijelu scenu, naglasak stavlja na centralni dio scene i te podatke uzima kao superlative za predviđanje duljine ekspozicije. Najčešće se koristi za snimanje portreta. [45] [46]

2.2.3.3. Spotno mjerenje

Spotno mjerenje u obzir uzima vrlo maleni dio scene, najčešće do 5% cjelokupnog kadra i koristi se kada je potrebno pravilno eksponirati jako malene subjekte koji se nalaze na dominantnoj svijetloj ili tamnoj podlozi. Za razliku od mjerenja s centralnim težištem, spotno mjerenje potpuno ignorira ostatak scene koji se ne nalazi u točki

fokusa. Kod ove vrste mjerenja (ali i kod prethodno navedenih) ponekad je važno blokirati automatsko mjerenje svjetla (eng. *autoexposure lock*) da bi se osigurala pravilna ekspozicija upravo onih dijelova fotografije koji su najvažniji. Primjerice, ako se koristi spotno mjerenje kod subjekta koji se nalazi ispred neke reflektirajuće površine, odnosno iza njega dolazi svjetlost, točka fokusa mjeri svjetlost na subjektu, a blokiranjem automatskog mjerenja osigurava se da ostatak scene neće biti uzet u obzir te se može očekivati da će subjekt biti pravilno osvjetljen, sa dovoljnom količinom svijetlih i tamnih tonova, a okolno svjetlo će se ublažiti. [46] [45]

2.2.3.4. Vanjski uređaj za mjerenje svjetla

Ručni uređaji za mjerenje svjetla imaju još jednu dodatnu mogućnost u odnosu na ugrađene, a to je da mogu, osim reflektiranog, mjeriti i svjetlo koje „pada” na subjekt (eng. *incident light meter*). Vanjski svjetlomjeri se najčešće koriste kod studijskog snimanja jer su kod takvih snimanja svjetlosni uvjeti konstantni u vremenu. Svjetlomjer je potrebno kalibrirati uz pomoć testnih karata, a dobivene vrijednosti izražavaju se u luxima. Iz tih vrijednosti se pomoću određenih jednadžbi mogu izračunati duljine ekspozicije [44]. Prednost ručnih svjetlomjera je to što se scenama koje imaju izražajne i svijetle i tamne tonove može na svim dijelovima korektno izmjeriti količina upadnog svjetla i tako odrediti dinamički raspon scene i prema tome odrediti da li je moguće dobiti kadar s potpunim dinamičkim rasponom kakvoga vide ljudske oči. [45]

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Svjetlosni uvjeti, osim što mogu odrediti karakter fotografije, određuju, ili bolje rečeno diktiraju odabir postavki na fotoaparatu kojima se određuje kako će izgledati vizualna reprezentacija prizora koji se fotografira. Pomoću postavki fotografskog aparata, konkretno duljine eksponiranja, otvora zaslona, ISO osjetljivosti i bijelog balansa kontrolira se konačni rezultat na fotografiji.

U eksperimentalnom dijelu ovog diplomskog rada fotografirale su se projekcije različitih motiva i svjetlina na bijelu površinu. Koristio se projektor sa zadanim, nepromjenjivim postavkama i on je predstavljao jedini izvor osvjjetljenja u prostoriji. Osvjetljenost scene mjerila se svjetlomjerom fotoaparata, odnosno primjenom različitih metoda mjerenja svjetla. Usporedbom različitih primjera (fotografija različite svjetline projiciranih na scenu) utvrdila se razlika kod postavki fotoaparata u ovisnosti od toga da li se projiciraju svijetle ili tamne projekcije na neku površinu, te da li postoje problemi pri mjerenju svjetla na projekcijama u ovisnosti o njihovoj svjetlini. Cilj istraživanja je provjera metoda mjerenja svjetla u uvjetima gdje projektor predstavlja jedini izvor svjetlosti, te utvrđivanje optimalnih postavki eksponiranja i brzine zatvaranja okidača izračunatih na temelju mjerenja svjetla na projekcijama. Istražile su se metode mjerenja svjetla fotoaparatom (sa ugrađenim svjetlomjerom) u odnosu na svjetlinu motiva koji se projicira. Osnovna hipoteza je da projekcije u odnosu na njihovu svjetlinu zahtijevaju različite metode mjerenja svjetla za postizanje zadovoljavajućih rezultata na fotografiji. Kada se utvrdi da li postoji poveznica između svjetline projiciranih slika i metode mjerenja svjetla moći će se utvrditi gornje i donje granice za optimalno eksponiranje fotografija da ne bi došlo do gubitka detalja na fotografiji.

Tri su postavke kojima se kontrolira konačni rezultat. ISO osjetljivost, duljina eksponiranja i otvor zaslona. Sve tri veličine su međuovisne i, prema tome kakav rezultat se želi postići, neke od ovih veličina mogu se držati fiksne a neke uzeti kao varijable.

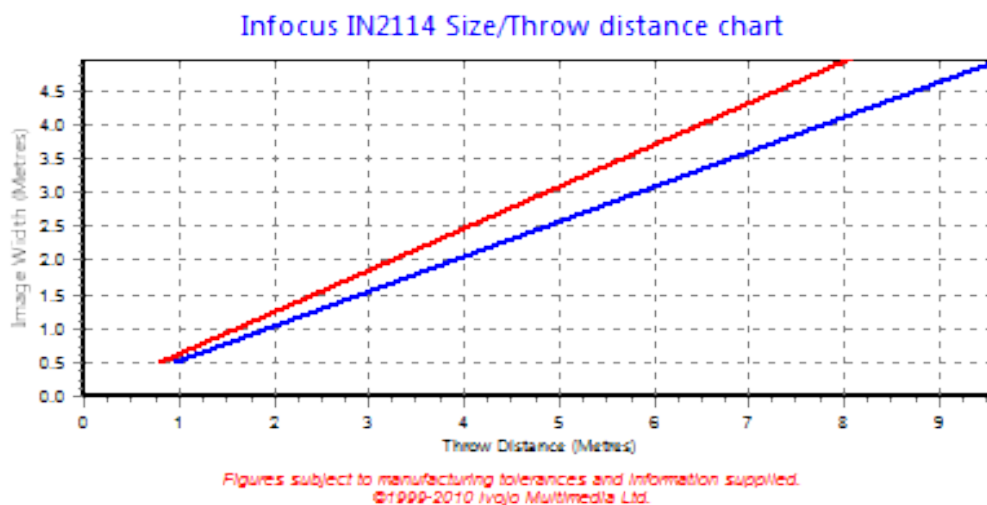
3.1. Tehničke specifikacije korištenog projektor i fotoaparata

Projektor koji je poslužio u svrhu ovog snimanja je *InFocus IN2114*, rezolucije 1024x768 (SVGA). Jedna od najvažnijih karakteristika je svjetlina (eng. *brightness*) koja iznosi oko 3000 lumena i ona ovisi o jačini lampe koja se nalazi u tijelu projektor. Kako je projektor koji se koristio za ovo istraživanje prethodno služio u prezentacijske svrhe, jakost lampe se donekle istrošila. Ručni svjetlomjer, točnije fotometar u ovom slučaju je izvrsno poslužio jer se direktno mogla izmjeriti jačina lampe koja je iznosila $100 \text{ lux} / \text{m}^2$. Kada se uzme u obzir udaljenost od svjetlosnog izvora do zida, koja je iznosila 4 metra, može se izračunati jakost lampe u lumenima i ona onda iznosi 2761 lumen. [46]

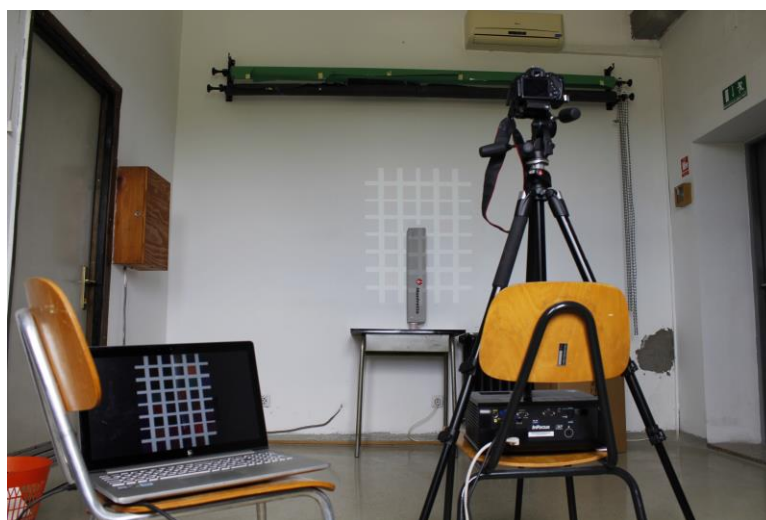
Korišteni fotografski aparat je *Canon EOS 1300D* koji spada u kompaktne SLR fotoaparate. Ima 18 *megapiksela* i nešto slabiji senzor (22,3 x 14,9 mm) zbog čega su ISO vrijednosti ostavljene nešto nižima, tako da ne bi došlo do vidljivog šuma na fotografijama.

Udaljenost projektor od zida se računa prema jakosti lampe i najčešće proizvođač ponudi neku optimalnu udaljenost u odnosu na veličinu prostorije. Na grafu 1 prikazana je ovisnost udaljenosti projektor od platna ili zida i kako ta udaljenost utječe na rastezanje slike.

Graf 1. Povećanjem udaljenosti projektora i zida, slika se rasteže i smanjuje se rezolucija



U ovom slučaju, prostor ograničava da se projektor postavi na optimalnu udaljenost, koja bi iznosila oko 15 m, i postavlja se na fiksnu udaljenost od 4 metra. To uzrokuje smanjivanje projicirane fotografije koja se prikazuje u svojoj punoj rezoluciji, ali ne i veličini, te je nužno postaviti fotoaparat tako da relevantne stvari ulaze u kadar. Sljedeća slika prikazuje na koji način su postavljeni fotoaparat i projektor u odnosu na zid.



Slika 9. Projektor na udaljenosti 4 metra od zida sa fotoaparatom na stativu direktno iznad projektora

3.2. Projektor kao jedini izvor osvjetljenja

Projektor kao izvor svjetlosti uvijek je prilagođen atmosferi na projekciji, dakle atmosferi i svjetlosnim uvjetima na projiciranoj fotografiji ili ilustraciji. Može se reći da je projektor kao izvor svjetlosti nepredvidiv, odnosno predvidiv koliko i autorov odabir projekcija. Uzevši u obzir zadane postavke, predviđanje je da će fotografije veće svjetline više osvijetliti potpuno zamračenu prostoriju, stoga i zahtijevati kraće ekspozicije, a tamnije fotografije duže vrijeme eksponiranja. U tom slučaju projektor funkcionira kao slabi izvor svjetlosti. Dakle, uvjeti osvjetljenosti mogu se donekle kontrolirati, odnosno svjetlosni uvjeti su konstantni sve do trenutka do kad se ne promijeni motiv projekcije (a posljedično i svjetlina same projekcije i osvjetljenost prostorije). Kada se svjetlosni uvjeti promjene bitno se mijenja i vrijeme eksponiranja.

3.3. Klasifikacija projekcija prema histogramu

Zbog svih navedenih ograničenja, težilo se olakšati postupak pripreme fotoaparata prije svake fotografije, dakle izbjegavanje stalnih promjena u postavkama kako bi vrijeme snimanja trajalo kraće i bilo efektivnije. To se postiglo tako da se projekcije koje se fotografiraju na neki način klasificiraju. Histogram pokazuje količinu dominantnih tonova na fotografiji u obliku piksela i prema tome se slike mogu podijeliti na svijetle, srednje svijetle i tamne.

Histogram je graf koji prikazuje broj piksela po kanalu boje. Vrijednosti se kreću od 0 – 255, s tim da nula označava najtamniji ton, odnosno crnu, 255 označava bijelu te postoji i srednje siva koja se nalazi na vrijednosti 127,5. Histogram može uvelike olakšati interpretaciju eksponiranosti fotografije pa će histogram pomaknut ulijevo, prema vrijednosti 0, označavati podeksponiranu fotografiju dok će histogram koji naginje u desno pokazivati preeksponiranu fotografiju. Histogram idealno eksponirane fotografije ima pravilnu distribuciju po svim kanalima, s tim da je vrijednost najveća u sredini grafa odnosno oko srednje sivog tona. U ovom slučaju, histogram se revidirao samo prema svjetlini fotografije, dakle kolorističke vrijednosti nisu uzete u obzir. Na sljedećim slikama prikazani su primjeri za svaki od tri razreda projekcija: slika 10 prikazuje svijetlu projekciju i pripadajući histogram, a slike 11 i 12 srednju odnosno

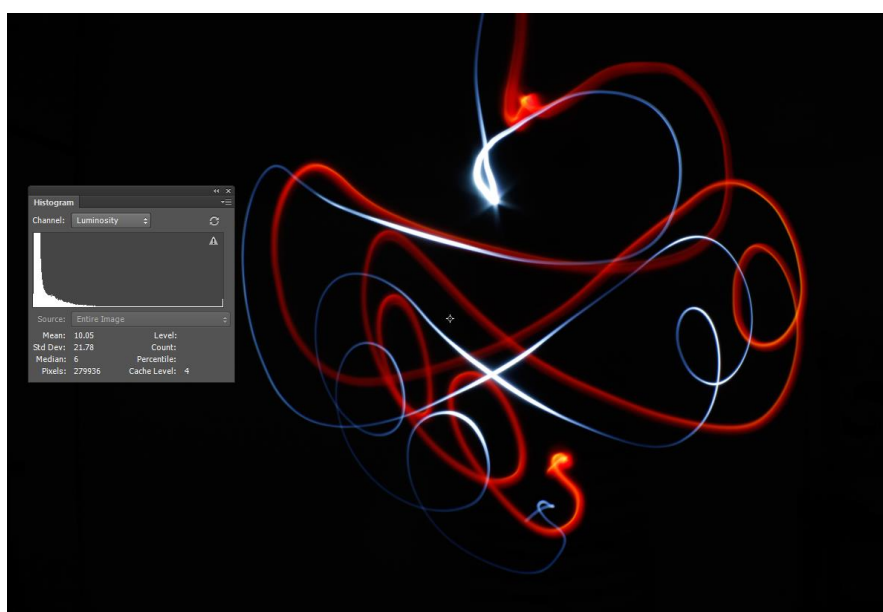
tamnu projekciju i njihove histograme. Kod svijetlih i tamnih fotografija pomaknutost histograma je očigledna (na pojedinim fotografijama svjetlina se može procijeniti i golim okom) ali na nekima je histogram pomaknut vrlo malo, ili postoje minimalne oscilacije u distribuciji po kanalima pa nije uvijek evidentno u koju skupinu se svrstavaju koje fotografije. Stoga je uzeta brojčana vrijednost za svaku svjetlinu, odnosno vrijednost tamnih projekcija je od 0 – 85, srednje svijetle projekcije od 85 – 168, te svijetle od 168 do 255.



Slika 10. Pomaknutost histograma udesno i njena vrijednost koja iznosi 207,46 klasificiraju ovu fotografiju kao „svijetlu projekciju”



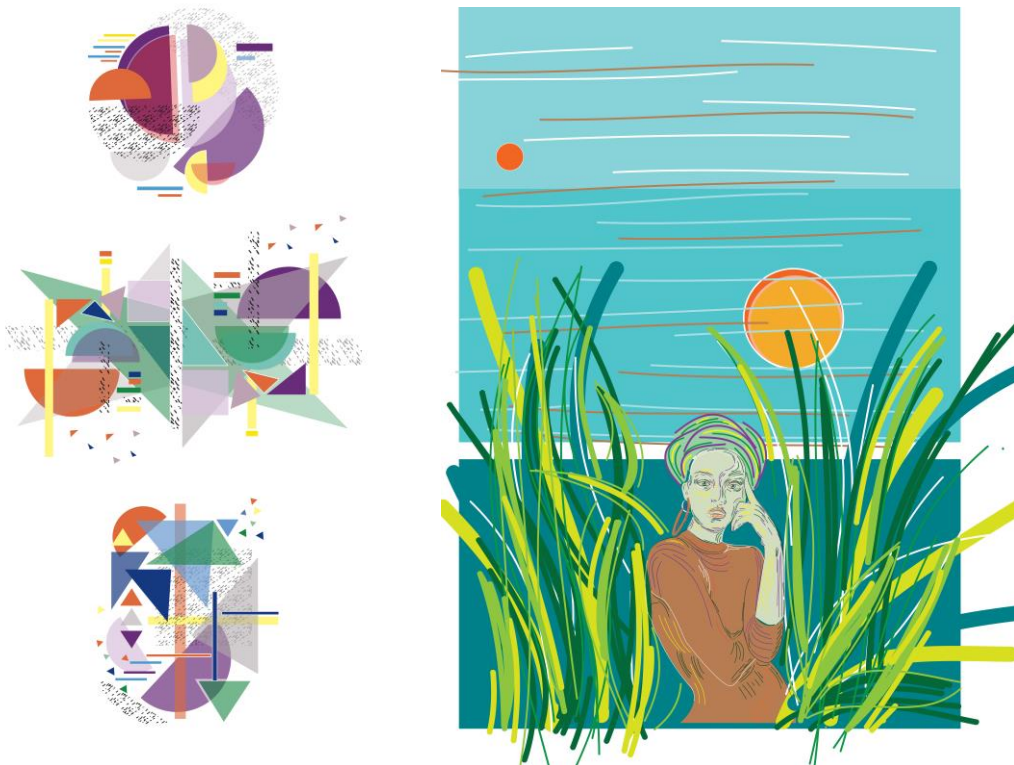
Slika 11. Fotografija klasificirana kao „srednje svijetla” projekcija. Najviši vrhovi grafa nalaze se bliže lijevoj strani što inicira da na pojedinim kanalima fotografija ima puno tamnih tonova. Kako se histogram distribuira kontinuirano na svim razinama uzeta je brojčana vrijednost za određivanje stupnja svjetline i ta vrijednost iznosi 127,5



Slika 12. Tamna projekcija vrijednosti 11,5, na kojoj se prema histogramu vidi da svijetlih tonova gotovo uopće nema. Radi se o autorskoj fotografiji koja je napravljena „light painting” tehnikom snimanja

Kada se izvrši ovakva priprema prije početka fotografskog snimanja, osigurava se da će svjetlosni uvjeti duže biti konstantni te će intervali promjena duljine eksponiranja biti puno manji. Također, lakše je utvrditi gornje i donje granice ekspozicije (prije nego se izgube detalji na svijetlim ili tamnim dijelovima) za određene motive kada je svjetlina faktor koji ograničava, a upravo ta ograničenost u ovom slučaju znači prednost.

Neke od projekcija koje su se koristile su autorski radovi koji uključuju fotografije i ilustracije i neki od njih prikazani su na slikama 14 i 15.



Slika 14. i 15. Autorski radovi, ilustracije. Lijevo se nalaze ilustracije koje su klasificirane kao svijetle, a desna ilustracija je srednjeg tona svjetline

3.4. Postavke digitalnog fotoaparata

3.4.1. ISO osjetljivost

ISO osjetljivost je broj koji opisuje brzinu reakcije senzora na svjetlost. Osjetljivost senzora morala je biti standardizirana i upravo to je učinjeno početkom devedesetih godina kada je Organizacija za standardizaciju (*International Organization for Standardization* - ISO) uvela testove i skale za osjetljivost izražene u sljedećim vrijednostima:

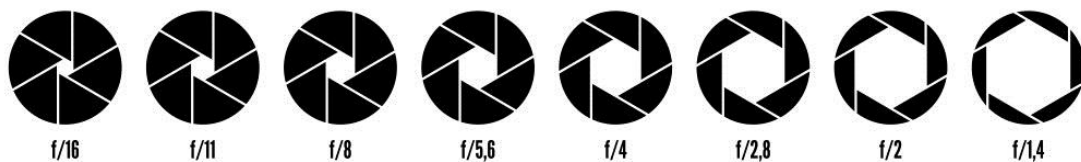
25/15 50/18 100/21 200/24 400/27 800/30 1600/33 3200/36

Te brzine se rijetko nalaze na digitalnom fotoaparatu u ovom obliku, već se brzina filma jednostavno označava s jednim brojem, na primjer ISO 100, 200, 400 itd. Veći brojevi znače i veću osjetljivost senzora, to jest da će u kraćem roku senzor reagirati na svjetlost. Pri takvim postavkama moguće je skratiti vrijeme eksponiranja jer će senzor brže reagirati, ali se događa pojava šuma na slici. Šum se manifestira u obliku zrnatosti fotografije i može se manifestirati kako kod monokromatskih tako i kod fotografija u koloru. [49] Veće ISO vrijednosti korisne su kod uvjeta slabijeg osvjetljenja jer povećanjem osjetljivosti senzora, odnosno povećanjem ISO broja, se može skratiti vrijeme eksponiranja što je i bio cilj ovog eksperimenta. Međutim, uzevši u obzir da je dostupni fotoaparat nešto slabije jačine senzora, šum je vidljiv i pri manjim ISO vrijednostima, a ta uočljivost bi se još više povećala kad su u pitanju fotografije sa vrlo malo svijetlih tonova. Zato je tendencija bila zadržati ISO vrijednosti na minimumu - dakle ISO 100 – 200, što je donekle ograničilo postavke veličine otvora zaslona, te fiksno produžilo vrijeme eksponiranja za određenu vrijednost.

3.4.2. Otvor zaslona

Aperture ili otvor zaslona - često se naziva i f-broj, kontrolira količinu svjetla koja upada na senzor. Leće fotografskog aparata imaju sposobnost fokusiranja snopa svjetlosti u određenu točku iza leća i to svojstvo se naziva žarišna duljina leće. U ovisnosti od toga gdje upada snop svjetlosti nakon što prolazi kroz sustav leća, pojedini dijelovi na fotografiji bit će izoštreni dok ostali neće. Ovo svojstvo naziva se dubinska oštrina (eng. *depth of field*) i direktno se kontrolira s veličinom f-broja. Otvor zaslona su zapravo metalni listići na objektivu fotoaparata koji se mogu širiti i sužavati prema tome

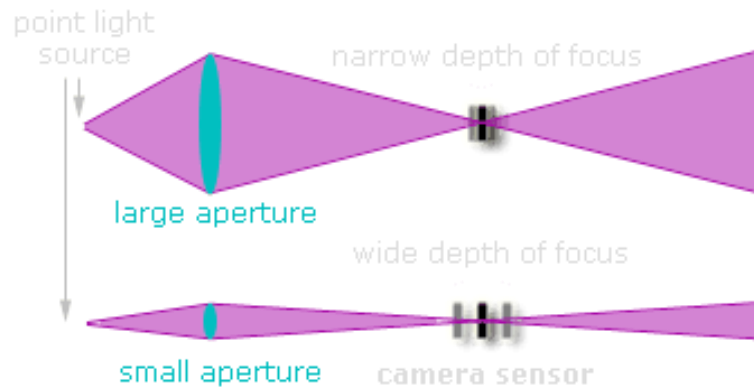
koji f-broj se odabire. Veći otvori zaslona označavaju se manjem f-brojem, podrazumijevaju veću količinu svjetlosti koja upada na senzor te manji ogib svjetlosti na rubovima otvora pa će dubinska oštrina biti manja. [49] To znači da će objekti koji se nalaze vrlo blizu leće biti izoštrani, a pozadina će biti zamućena, naravno, u ovisnosti od toga koliko je model udaljen od pozadine. Kada je otvor zaslona zatvoreniji, prolazak svjetlosti je više blokiran, ali je difuzija svjetlosti manja pa će i dubinska oštrina biti veća i više planova u kadru može biti u fokusu. Veće otvaranje zaslona omogućava skraćivanje vremena eksponiranja. Figurativni prikaz otvorenosti zaslona i pripadajuće brojčane vrijednosti prikazane su na slici 16.



Slika 16. Otvori zaslona fotografskog aparata i pripadajuće brojčane vrijednosti. Svaki f-broj označava duplo veći otvor zaslona od prethodnog i posljedično duplo više svjetlosti dopijeva na senzor. Veličinom otvora zaslona kontrolira se i dubinska oštrina koja je veća što je manji otvor zaslona, odnosno veći f-broj.

Kada se fokusira, leće se pomiču i dvodimenzionalni plan izoštrnosti se giba bliže ili dalje od senzora što se manifestira dijelovima slike koji su izoštrani i dijelovima koji nisu u fokusu. [44] Uvjeti slabe osvjetljenosti će ograničiti fotografa da pribjegava većem otvaranju zaslona kako bi više svjetlosti dopijevalo do senzora. Ukoliko želi zadržati veću dubinsku oštrinu, kompenzacija za manju količinu upadne svjetlosti mora se odraditi preko produljenja ekspozicije ili povećanja ISO broja.

Da bi kontrola dubinske oštrine uopće bila moguća, fotograf se mora nalaziti na određenoj udaljenosti od objekta koji se želi fotografirati, uzevši obzir žarišnu duljinu leće objektivu, te jačinu senzora. Na slici 17 slikovito je prikazan lom svjetlosti na leću pri većim i manjim otvorima zaslona.



Slika 17. Na lijevoj strani nalazi se izvor svjetlosti, gornji dio slike prikazuje veliki otvor zaslona i malu dubinsku oštrinu. Mali otvor zaslona uzrokuje veliku dubinsku oštrinu što pokazuje donji dio slike.

Slučaj gdje je prostor ograničene veličine i svjetlosni uvjeti dosta oslabljeni (kao što je slučaj kod ovog eksperimenta) diktira da se zaslon otvori više, čime je fotografu oduzeta potpuna kontrola dubinske oštine. Također, u ovakvim uvjetima nužan je manualni fokus na subjekt što dodatno otežava proces fotografiranja, pogotovo kada je fotograf ujedno i model. Zbog svega navedenog, ali i zbog razloga što je u ovom slučaju duljina ekspozicije uzeta kao varijabla koja se mjeri, ostale veličine (ISO i otvor zaslona) ostavljene su fiksne. Veličina otvora zaslona postavljena je na najveću vrijednost koju može podnijeti dati model fotografskog aparata i iznosi $f = 5.6$. Iako je fotograf bitno ograničen ako ne može kontrolirati dubinsku oštrinu pozitivna strana je što se s fiksiranjem dvije od tri zavisne veličine mogu jasno pratiti promjene u duljini eksponiranja i rezultati se lakše interpretiraju.

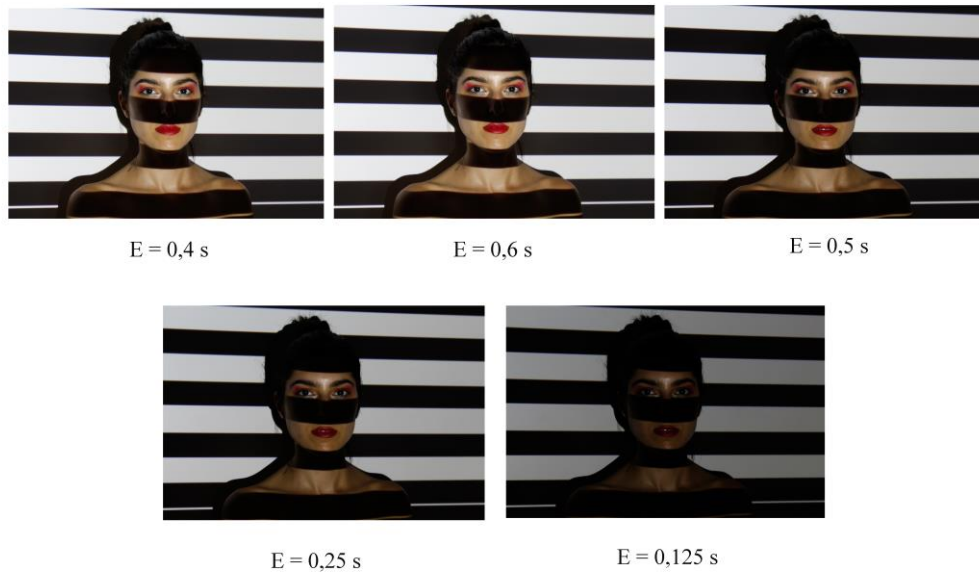
3.4.3. Duljina eksponiranja

Duljina eksponiranja jednaka je trajanju vremena osvjetljavanja fotografskog senzora. U teoriji, pravilna ekspozicija je ona koja je tehnički dobro izvedena - tako da detalji na najsvjetlijim plohamu ostanu sačuvani jednako kao i na tamnim plohamu. U praksi, ne postoji nešto što možemo nazvati potpuno točnom ekspozicijom zato što fotograf može namjerno podeksponirati ili preeksponirati fotografiju radi dočaravanja atmosfere i ugođaja. Kod kolor fotografija pravilna ekspozicija bitna je i radi sačuvanja tona boje i

međusobnih odnosa u svjetlini. [49] Kada su uvjeti osvjetljavanja ograničeni, kao što je slučaj kada je projektor jedini izvor osvjetljenja, nužno se nameće duže vrijeme eksponiranja. Pri dužim ekspozicijama može doći do češće pojave grešaka i poteškoća jer model mora ostati potpuno miran, a fotoaparat mora biti na stativu. Stoga je u ovom eksperimentu tendencija skraćivanje vremena eksponiranja.

U uvjetima kada projektor predstavlja jedini izvor svjetlosti u prostoriji, postavke za duljinu eksponiranja neophodno se mijenjaju i ponekad su skokovi na putu do optimalne ekspozicije jako veliki pa se produžava i vrijeme potrebno za namještanje svih parametara prije samog okidanja. Čitanje histograma svake pojedine fotografije otvara mogućnosti predviđanja sljedeće ekspozicije, ali su se gornje i donje granice morale utvrditi kako bi se minimizirala mogućnost gubitka detalja u obje krajnosti - i u svijetlim i tamnim tonovima. Projiciranjem jednostavnih „binarnih” projekcija, gdje su površine isključivo crne ili bijele mogao se dobiti repetitivan uzorak fotografija na kojima je moguće pratiti razlučivost detalja odnosno kada se oni gube u svijetlim i tamnim površinama. Kada se dogodi takva situacija fotografija se zasigurno može proglasiti podeksponiranom, ako detalji nestaju u sjeni, ili preeksponiranom - ako detalji nestaju na svijetlim dijelovima. [46]

Sljedeće fotografije prikazuju stupnjevanje duljine ekspozicije na projekciji koja se sastoji isključivo od izmjene crnih i bijelih površina gdje su se mjerile donje granice ekspozicije.



Slika 16. Tehnički idealno vrijeme eksponiranja je od 0,4 - 0,6 s jer su svi detalji na svijetlim i tamnim tonovima još uvijek vidljivi. Već pri ekspoziciji od 0,5 s se gube detalji na kosi koja se nalazi u sjeni, dok se pri ekspozicijama većim od 1/8 s gube detalji i na svijetlim dijelovima.

Najveća razlika u vremenu eksponiranja je prijelaz sa 0,6 s na 0,5 s i vidljivo je da postoje promjene i kod razlučivosti detalja, ali i kod kolorističke reprezentacije što se može jako dobro vidjeti na ljudskoj koži. Svako skraćivanje osvjetljavanja nakon te granice daje rezultate koji su nezadovoljavajući.

Na slici 17 kao projekcija je uzeta fotografija koja bi spadala u grupu projekcija srednje svjetline. Utvrđivale su se gornje granice ekspozicije.



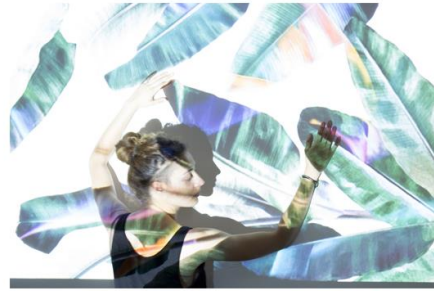
E = 1,3 s



E = 2,5 s



E = 5 s



E = 8 s

Slika 17. Pri ekspoziciji od 1,3 s detalji su vidljivi i na jednoj i na drugoj strani i ekspozicija je zadovoljavajuća. Ekspozicija od 2,5 s daje bolju vidljivost detalja u sjenama ali počinje gubiti na ekspresivnosti boja. Pri ekspozicijama većim od 2,5 s počinju se gubiti sjene, a sve veće ekspozicije dovode do „spaljivanja” („clipping”) na područjima bijele.

Mjerile su se i gornje i donje granice eksponiranja na projiciranoj fotografiji koja je klasificirana kao svijetla projekcija. Kako bi granice eksponiranja bile točno utvrđene poslužio je histogram fotografije (slike 18, 19 i 20). Preko histograma se prema pomaknutosti grafa ulijevo ili desno vidi da li su fotografije pravilno eksponirane i da li dolazi do gubitka podataka na svijetlim i tamnim tonovima na fotografiji. Kada je graf pokazuje veliku refleksiju na bilo kojem kraju (dakle na vrijednostima 0 ili 255) dolazi do pojave *clippinga* što u principu znači da su se podaci izgubili. Na svijetlim tonovima to će se manifestirati kao „spaljivanje”, a kod tamnih tonova se neće vidjeti prijelazi u sjenama.



E = 0,2 s



E = 0,5 s



E = 0,8 s

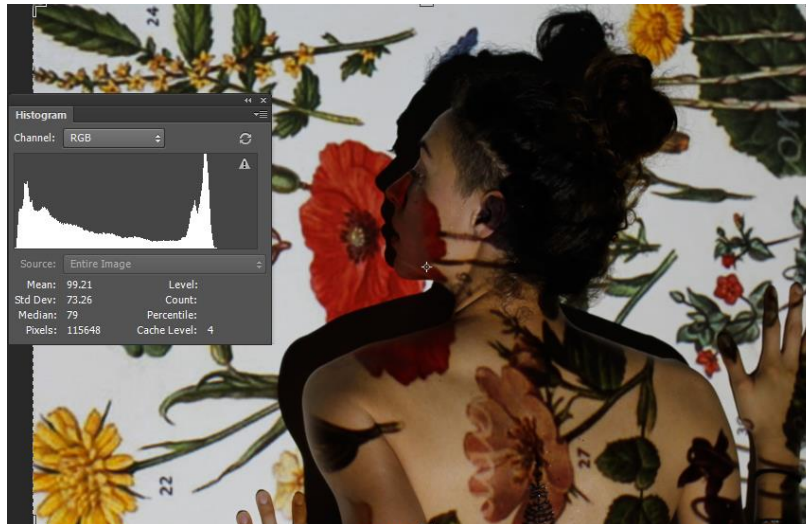


E = 2 s

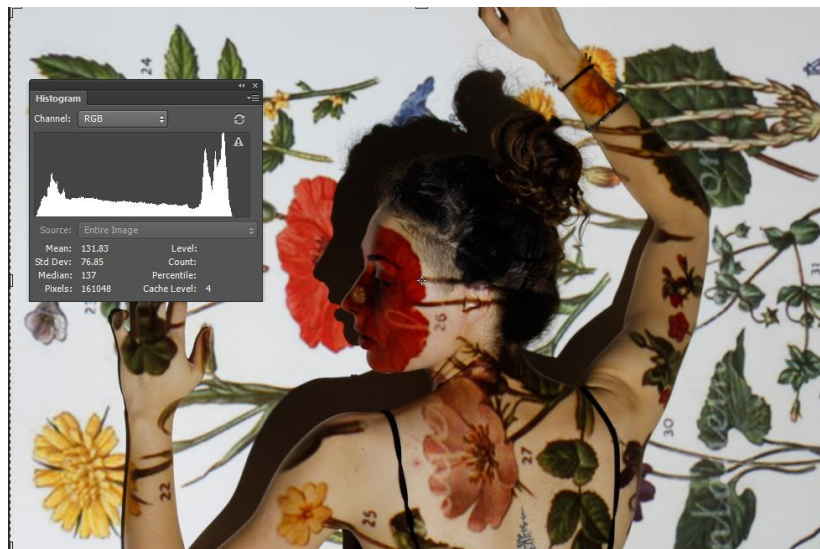


E = 2,5 s

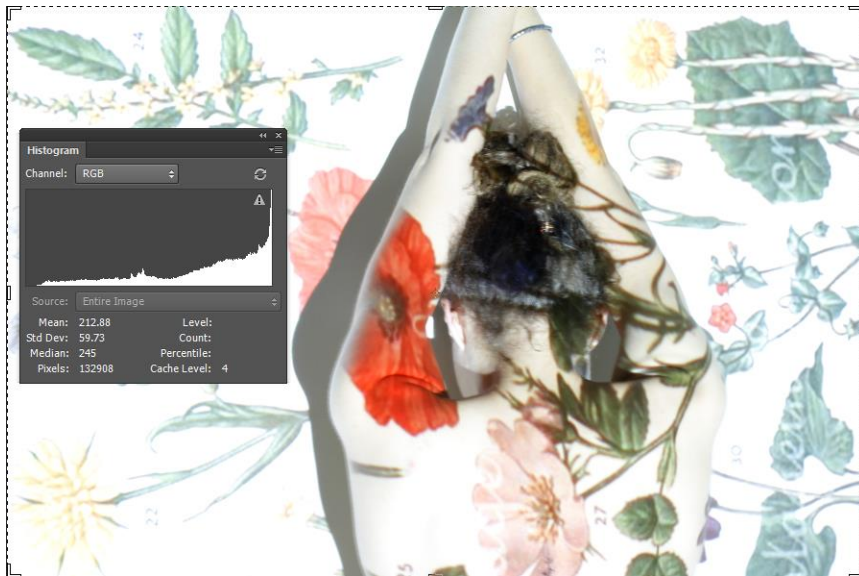
Slika 18. Pri ekspozicijama kraćim od 0,2 s počinju se gubiti detalji na tamnim dijelovima fotografije. Pravilna eksponiranost je pri 0,5 s - 0,8 s. Nakon 1 sekunde eksponiranja refleksija bijele površine je prevelika i vidno se gube detalji svijetlih površina, iako se čak i ovakve „pogrešne” ekspozicije mogu koristiti u kreativne svrhe da bi se postigao takozvani „high - key” efekt.



Slika 19. Histogram pomaknut ulijevo indikativan je za podeksponiranu fotografiju, $E = 0,2$ s. Iako nema potpune refleksije na najtamnijem tonu, što znači da nema „clippinga“, vizualno se može utvrditi da je ovo donja granična ekspozicija jer se tekstura na području kose gotovo potpuno izgubila



Slika 20. Pri $E = 0.5s$ nema gubitka detalja ni na najsvjetlijim ni na najtamnijim dijelovima fotografije, ali je refleksija slabija u područjima srednjih tonova.



Slika 21. Pojava "clippinga" očituje se u velikoj refleksiji na najsvjetlijim tonovima pri $E = 2,5$ s. Graf ima najveći vrh na desnoj strani i prema tome se zaključuje da je fotografija preeksponirana.

Fotografije koje su klasificirane kao tamne projekcije zahtijevaju jako duga vremena eksponiranja što je otežavajući faktor za modela koji mora ostati potpuno statičan nekoliko sekundi kako konačna fotografija naposljetku ne bi bila zamućena. Stoga je jako teško dobiti fotografiju koja nije podeksponirana i uglavnom se detalji gube već pri ekspozicijama manjim od 3 sekunde. ISO osjetljivost nužno je povećana sa 100 na 200 da bi se mogle dobiti fotografije s duljinama ekspozicija ispod 6 sekundi. Na slikama 22 i 23 prikazane su fotografije i pripadajući histogrami za fotografije koje spadaju u skupinu „tamnih projekcija“.



Slika 22. Duljina ekspozicije je 2,5 s i histogram pokazuje da nema „clippinga” u područjima crne, pa se još uvijek mogu donekle razlučiti detalji u sjenama iako je fotografija malo podekspozicionirana.



Slika 23. Refleksija je najveća na najtamnijim područjima, nema jasnih prijelaza između svjetlijih i tamnijih sjena pri ekspoziciji od $E = 3$ s. Produljenjem ekspozicije mogu se izvući detalji u sjenama ali to se događa pri ekspozicijama većim od 6s pri čemu je nemoguće da model ostane nepomičan i fotografije su naposljetku zamućene.

3.4.4. Primjena metoda mjerenja svjetla

Prema tome na kojem dijelu slike se uzimaju mjerenja za osvjetljenje, svjetlomjer može dati različite izračune ekspozicija i optimalne otvore zaslona za iste situacije odnosno scene. Princip rada svjetlomjera bazira se na preračunavanju srednje sivog tona iz već zadanih svjetlosnih ili kolorističkih vrijednosti scene. Slikovito se može objasniti da svjetlomjer informacije prima kao kroz zamagljeno staklo, dakle kadar se promatra bez detalja i samo će na osnovu svjetline pojedinih dijelova na sceni izmjeriti svjetlost. Scena je podijeljena na segmente od kojih svaki nosi informaciju o svjetlini i svaka reflektirana zraka svjetlosti pada na jedan dio senzora - svaki segment scene ima drugačije vrijednosti svjetline i zato su očitavanja svjetlomjera drugačija za različite scene ali i drugačija za iste scene a različite metode mjerenja. [49] Zbog toga je nužno uzeti u obzir veličinu kadra i točku interesa koja će biti mjerena jer se pri promjeni ovih dvaju faktora mogu bitno promijeniti i rezultati.

Evaluacijsko mjerenje korisno je kod izračunavanje ekspozicije kada je jednaka zastupljenost svijetlih i tamnih tonova. Ipak, često dolazi do pogrešaka ako su te površine jednolične boje, bez tonskih prijelaza. Okolno svjetlo najviše utječe na očitavanja kod ove vrste mjerenja jer se cijela scena uzima u obzir. Bitno je napomenuti da se mjerenja ne uzimaju s najsvjetlijih ili najtamnijih tonova jer će onda ti tonovi biti izračunati kao 18% sivi ton, a ostale vrijednosti će pretjerano izgubiti ili dobiti na svjetlini. U ovom slučaju najbolje je mjeriti svjetlost na prijelaznom tonu, između najsvjetlijeg i najtamnijeg ili, ako scena nema previše srednjih tonova ili su točke mjerenja nedostupne, koristiti testne sive karte. Ako scena ima velike površine tamnih tonova za očekivati je da će fotografija biti preeksponirana jer će svjetlomjer dominantnu boju protumačiti kao srednje sivu pa će je i posvijetliti i onda dolazi do problema odrezivanja svijetlih tonova. Ovo se može izbjeći tako što se ekspozicija kompenzira tako da se skraćuje za 1 ili 2 EV. Ako scena ima dominantni svijetli ton i veliku pokrivenost površine svijetlim tonovima, ekspozicija se produljava za 1 ili 2 EV kako fotografija ne bi bila podeksponirana. [50]

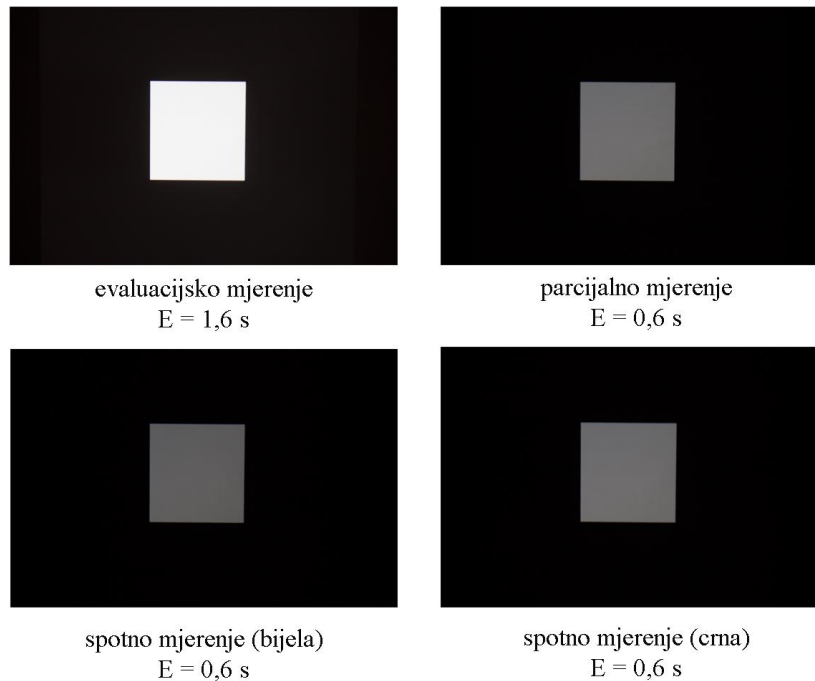
Mjerenje sa težištem u centru, ili parcijalno mjerenje uzima informacije s cijelog kadra iako je težište pozornosti u centru pa je idealno za portretnu fotografiju.

Spotno mjerenje je najpreciznije, jer uzima vrijednosti sa vrlo male površine scene i najbolje funkcionira kada se točka fokusa nalazi ispred nekog jakog pozadinskog

osvjetljenja. Kada se mjerenja uzimaju sa točno te točke onda se može lako zanemariti pozadinsko osvjetljenje i može se očekivati da će predložena ekspozicija funkcionirati. Sve tri metode mjerenja svjetla dosta dobro funkcioniraju kada se radi o prosječnim scenama s kojih se mjeri svjetlost. Ako je scena po nečemu izvan okvira prosječnog, primjerice izvor svjetlosti koji nije uniforman, ili su svjetlosni uvjeti promjenjivi i slično, ne može se očekivati da će svjetlomjer svaki put pretpostaviti korektne parametre za zadovoljavajuću fotografiju. U tom slučaju sva odgovornost je u rukama i oku fotografa da sam procijeni koju metodu mjerenja svjetla koristiti za specifičnu scenu, koji dijelovi te scene su mu najvažniji te naposljetku koja duljina ekspozicije je odgovarajuća za dobivanje željene fotografije. Kompenzacija duljine eksponiranja je onda faktor koji će zasigurno biti prisutan kod ovakvih scenarija.

U slučaju fotografije projekcije, svjetlosni uvjeti su posebni i svaka scena je potpuno drugačija - rasporedom elemenata, kolorističkim informacijama i svjetlini. Cilj je bio provjeriti da li postoji neko primjenjivo pravilo koje bi osiguravalo da se određene metode mjerenja svjetla mogu primijeniti na točno određene projekcije da bi se dobili zadovoljavajući rezultati u smislu pravilne ekspozicije. Zbog već spomenutih „posebnih svjetlosnih uvjeta” koji se nameću kada je projektor jedini izvor svjetlosti, rezultati su bili nepredvidivi i svaka scena je zahtijevala zasebnu metodu mjerenja koja bi bila odgovarajuća i zadovoljavajuća.

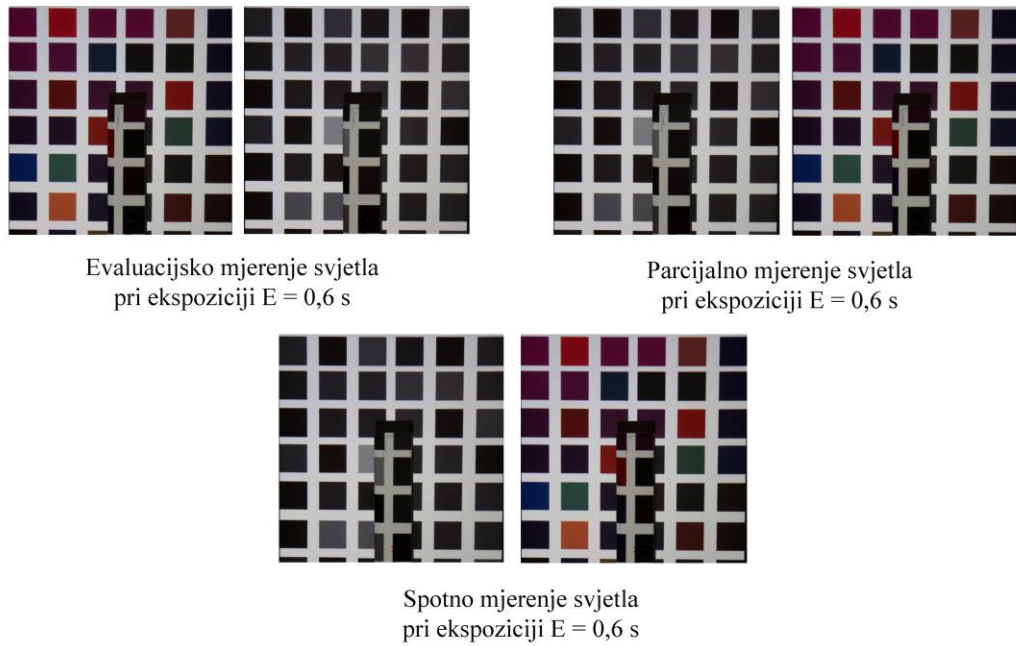
Prije svega, izrađena je jedna vrsta namjenskih testnih karata koje bi usporedbom, u teoriji, dale informaciju o načinu rada svake metode mjerenja posebno te da li veličina, raspored i boja elemenata utječu na konačne rezultate. Ovaj pristup je posebno koristan ako su projicirane slikovne informacije ilustracije, jer će takve slike najčešće sadržavati veće površine jednolične boje bez tonskih prijelaza. Na slici 24 prikazana je usporedba sve tri vrste mjerenja svjetla - evaluacijsko, parcijalno i spotno (mjereno na crnoj i bijeloj površini) - gdje se utvrdilo na koji način svako od mjerenja procjenjuje svjetlosne uvjete na sceni. Projekcija je složena od jednog elementa - bijelog kvadrata na crnoj podlozi.



Slika 24. Usporedba metoda mjerenja svjetla. Evaluacijsko mjerenje je dalo najtočniju reprezentaciju projicirane scene, što se očekivalo jer se informacije uzimaju sa svih dijelova projekcije, ali je i predložena duljina eksponiranja duža nego kod ostale tri metode.

Evaluacijsko mjerenje od cijele scene izračunava srednji ton sive pa su i crna i bijela posvijetljene u jednakoj mjeri zadržava se odnos u svjetlini između tamne i svijetle plohe. Kod parcijalne metode mjerenja uzima se sredina scene (bijeli kvadrat) kao srednje siva - stoga će i promjena u svjetlini bijelog kvadrata biti vidljiva. Kod spotnog mjerenja, bijeli kvadrat poprimit će tamniji sivi ton kada se svjetlo mjeri na bijeloj površini, a svjetliji ton kada se mjeri na crnoj podlozi. Ovaj eksperiment ukazuje na neke nedostatke kod različitih metoda mjerenja svjetla.

Budući da u većini slučajeva scene koje se fotografiraju nisu tako binarne kako je prikazano prethodno, težilo se utvrditi da li postoje odstupanja kod proračuna optimalnih duljina eksponiranja ako su elementi obojani i scene kompleksnije (slika 25).



Slika 25. Nema razlike u proračunima optimalnih duljina ekspozicija za scene u koloru. Ekspozicije za sve oblike mjerenja iznose $E = 0,6$ s i nema gubitka informacija na fotografiji.

Iako ovi rezultati idu u prilog zaključku da kolorističke informacije na nekoj sceni ne igraju veliku ulogu kod mjerenja svjetla, ipak se ta informacija mora uzeti sa zadržkom jer smije zaboraviti da velike obojane površine mogu dominirati na nekoj sceni pa u takvim slučajevima ipak može doći do nekih odstupanja. Primjer je pokazan na slici 26.



Slika 26. Velike uniformno obojene površine mogu „zbuniti” svjetlomjer pa su za različite metode mjerenja svjetla izračunate različite optimalne ekspozicije

Na sljedećim slikama mogu se usporediti razlike u predloženim duljinama eksponiranja za isti motiv, kod evaluacijskog (slika 27), parcijalnog (slika 28) i spotnog mjerenja (slika 29).



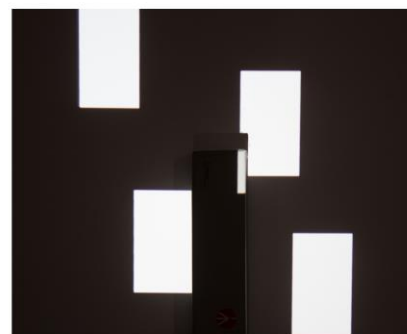
$E = 0,5 \text{ s}$



$E = 0,3 \text{ s}$



$E = 0,3 \text{ s}$



$E = 2 \text{ s}$

Slika 27. Evaluacijsko mjerenje svjetla; kod dominantnih bijelih površina znatno je vidljiva promjena u svjetlini pa bi se mjerenje moralo napraviti tako da se fotograf dovoljno približi objektu koji se fotografira i s tog mjesta se uzmu mjerenja, zatim se rekadriira i tek nakon toga slijedi stiskanje okidača. Isto se može ponoviti i kod dominantnih tamnih tonova jer se gube detalji u sjeni. Razlika u poziciji bijelih elemenata na crnoj podlozi dala je različite proračune optimalnih ekspozicija.



$E = 0,5 \text{ s}$



$E = 2 \text{ s}$

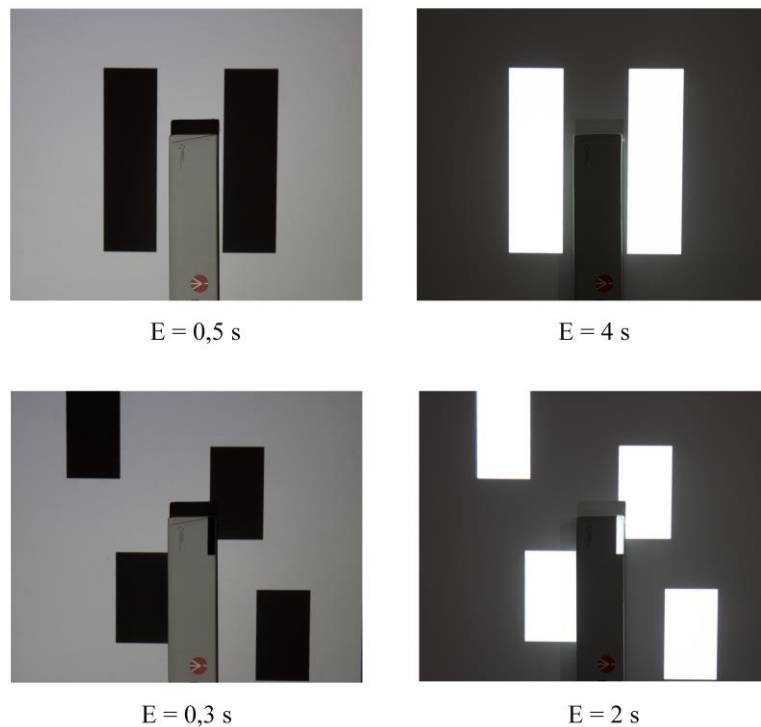


$E = 0,5 \text{ s}$



$E = 2 \text{ s}$

Slika 28. Parcijalno ili mjerenje s težištem u centru; proračuni ekspozicija za dominantne svijetle i tamne tonove na fotografiji su više uravnoteženi nego kod evaluacijskog mjerenja. Razlučivost detalja kod dominantne crne je oslabljena pa bi se ekspozicija trebala kompenzirati za oko + 1-2 vrijednosti EV



Slika 29. Spotno mjerenje; razlučivost detalja na crnoj podlozi je bolja nego kod prethodna dva mjerenja, ali su bijele površine reflektirajuće pa bi se moglo očekivati da bi se na tim mjestima izgubili detalji. Spotno mjerenje se može koristiti u uvjetima kad su svjetlosni uvjeti takvi da je osvjetljena scena jako kontrastna, ali bi se u pravilu svjetlo trebalo mjeriti na područjima sivih tonova, umjesto na najtamnijim ili najsvjetlijim površinama.

Uspoređivala se i primjena različitih metoda mjerenja svjetla na projekcijama koje su većeg dinamičkog raspona. Uzeta je po jedna fotografija iz grupe fotografija svijetlih, srednjih i tamnih tonova i uspoređivala su se izračunata optimalna vremena eksponiranja. Rezultati su priloženi na slikama 30, 31 i 32.



Slika 30. Usporedba rezultata mjerenja svjetla na svijetloj projekciji. Spotno mjerenje je u ovom slučaju dalo optimalne rezultate jer pozadinska bijela boja nije promijenila svjetlinu, dok su detalji u sjenama još uvijek vidljivi. Mjerena točka interesa bila je sredina kadra.



Slika 31. Kod projekcija srednje svjetline evaluacijska metoda predlaže najdulju ekspoziciju što u konačnici daje najbolje rezultate iako bi se za optimalnu eksponiranost ekspozicija ipak trebala produljiti za +1 EV.



Slika 32. Tamna projekcija daje zadovoljavajuće rezultate u sva tri slučaja mjerenja svjetla.

Mjerenje svjetla na tamnoj projekciji (slika 32) kod sve tri metode mjerenja dala je vrlo slične rezultate što se može vidjeti i po histogramu koji izgleda gotovo identično u sva tri slučaja, pa je na slici 33 prikazan samo jedan koji je odgovarajući za sve 3 fotografije. Velika refleksija na području rubnih dijelova grafa označava da se dogodilo odrezivanje na područjima crne i bijele - to je indikator gubitka detaljnosti na tim područjima pa se može zaključiti da se kod tamnih projekcija može imanentno računati na produljenje ekspozicije za +1 ili 2 EV, bez obzira na izračune koje nudi svjetlomjer.



Slika 33. Histogram slike pokazuje „clipping“ na područjima najsvjetlijih i najtamnijih tonova

Spotno mjerenje svjetla pokazalo se najadekvatnijim kod fotografija koje su svrstane u grupu svijetlih projekcija te u grupu tamnih projekcija, dok za fotografije srednje svjetline daje nešto slabije rezultate. Mjerenje refleksije svjetlosti sa vrlo malenog uzorka omogućava da se izmjeri točno ona točka interesa za koju je pravilna ekspozicija najvažnija. Stoga će se kod ove metode za točku mjerenja uzeti ton koji je na polovici puta između najsvjetlijeg i najtamnijeg jer se tako osigurava pravilna ekspanzija. Kada bi se očitavanja uzimala iz točke najveće odnosno najmanje svjetline došlo bi do podekspanzije kod svijetlih fotografija i preekspanzije kod tamnih. Kada su prijelazni tonovi pravilno ekspanzija, dolazi do minimalnog gubitka detalja u ekstremima pa se može zaključiti da će i cijela fotografija zadržati zadovoljavajući tonalni raspon bez gubitka detalja na najsvjetlijim tonovima - kod fotografija koje su klasificirane kao „svijetle”. Kod dominantnog tamnog tona na fotografiji ipak će se u pojedinim dijelovima dogoditi odrezivanje (kako pokazuje i histogram na slici 33), ali u granicama prihvatljivog.

Kod projekcija srednje svjetline evaluacijska metoda pokazala se najučinkovitijom. Kod fotografije navedene na slici 32, i njoj sličnih fotografija, raspon srednjih tonova je najdominantniji i nema puno površina koje su jako svijetle ili tamne pa će mjerenje refleksije svjetla sa cijele scene dati rezultate koji su približno jednaki idealnima.

Mjerenje sa težištem u centru nije se pokazalo najboljim ni u jednom od tri navedena razreda svjetline fotografija. Iako je centar kadra gotovo uvijek bio područje najvećeg interesa za pravilnu ekspanzija (jer se u centru nalazio model), prevelik kontrast koji se projicira na tijelo modela će „zbuniti” svjetlomjer koji nakraju ne daje točne izračune za ispravnu ekspanzija. Ako se ipak iz nekog razloga pribjegava ovoj metodi mjerenja kod fotografije projekcije, ekspozicija bi se trebala produžiti za +1 ili 2 EV u odnosu na preporučenu ekspoziciju koju računa svjetlomjer.

Metode mjerenja svjetla su jako korisne kada je fotograf dovoljno iskusan da zna s kojih dijelova slike se trebaju uzimati mjerenja i shodno tome izabrati pravilan način mjerenja svjetla. Netipične scene ne mogu se svrstati pod zajednički nazivnik kad je mjerenje svjetla u pitanju i stoga je teško predvidjeti rezultate i predviđene ekspozicije.

Ipak, može se voditi sa nekoliko pravila koja će minimizirati greške kad je mjerenje

svjetla u pitanju. Mjerenja se uvijek trebaju uzimati s područja najvećeg interesa odnosno u onoj točki gdje je pravilna ekspozicija najvažnija čak i pod cijenu toga da će se neki detalji na taj način nužno izgubiti. Isto tako, očitavanja bi se trebala raditi na područjima među-tonova, a izbjegavati ekstreme svijetlih i tamnih tonova. Naposljetku, kompleksne scene koje nisu uobičajene najčešće će zahtijevati nekoliko mjerenja da bi se nakraju moglo utvrditi koja metoda najbolje odgovara danoj sceni.

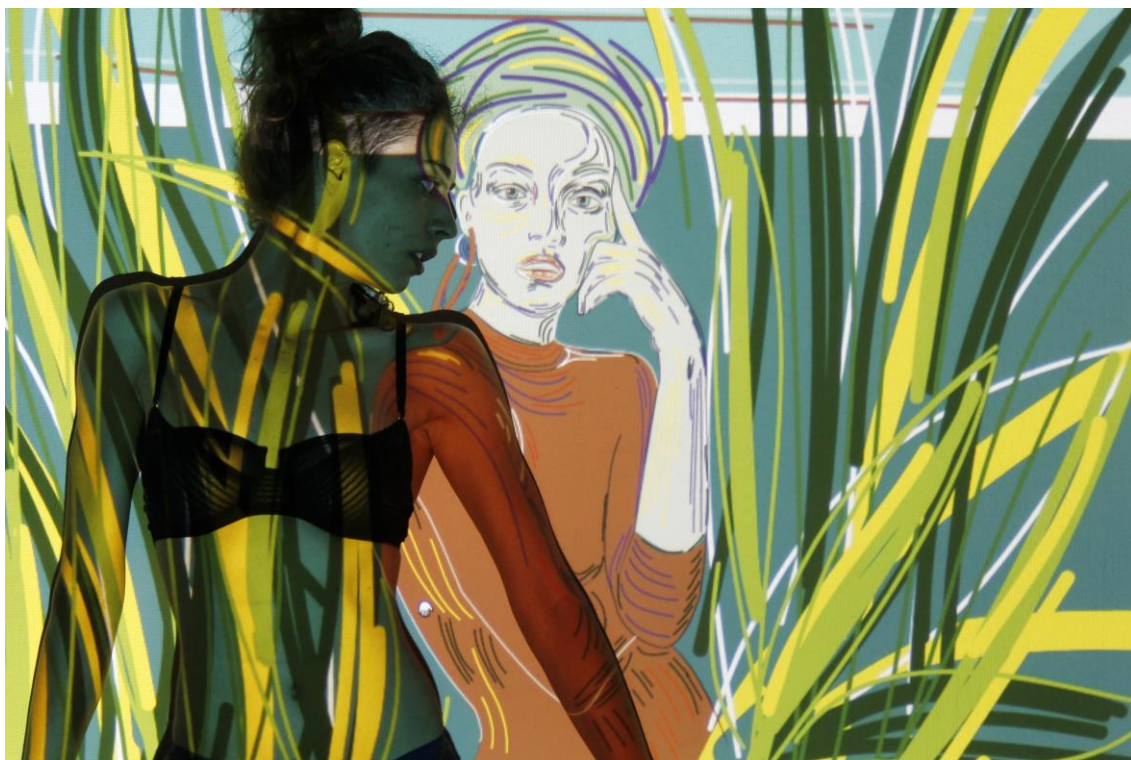
3.4.5. Ručni svjetlomjer

Za razliku od ugradbenog, ručni svjetlomjer mjeri svjetlo koje pada na subjekt što osigurava da se svjetlost može mjeriti na točno određenim dijelovima i udaljenostima. Zbog toga će takva vrsta mjerenja biti preciznija u odnosu na mjerenja reflektiranog svjetla kakav je slučaj kod svjetlomjera u fotoaparatu.

Ova tvrdnja navodi na pomisao da će ručni svjetlomjer biti izvrstan za fotografiju projekcije jer se svjetlo može direktno mjeriti pa bi rezultati bili precizniji, ali to nije bio slučaj jer projektor kao izvor svjetlosti nema konstantnu ni temperaturu ni boju pa su se očitavanja na vanjskom svjetlomjeru konstantno mijenjala i bilo je nemoguće izračunati optimalne duljine eksponiranja. Stoga je ručni svjetlomjer izostavljen iz ovog eksperimenta i njime se izmjerila samo jakost lampe na projektoru.

3.4.6. Autorske fotografije

Fotografija projekcije svoje je mjesto našla kao vid umjetničkog izražavanja zbog svoje posebnosti da se bilo koja situacija ili scena može prenijeti unutar vlastita četiri zida. Bilo da se nalazi u službi prijenosnika poruke ili odražava neku vrstu interakcije između stvarnog i virtualnog, odražava se uvijek kao nešto novo i zanimljivo. Neuobičajenost i u konačnici nepredvidivost konačnog ishoda predstavljaju izazov fotografu i stvaraju užitek kod gledatelja koji se može na trenutak zavući u srž nečije ideje. Naglašena kolorističnost i igra sa sjenama unose dašak nečeg nestvarnog i neopipljivog u stvarnost. Sljedeće fotografije su autorski pogled na takav svijet.



Slika 34. Autorska fotografija i ilustracija. Težnja je bila na interakciji osobe na projekciji i stvarne osobe.

f/5.6 1/3 s ISO 400



Slika 35. Autorska fotografija i projicirana fotografija. Fotografija koja je služila za projekciju snimljena je tako što se u trenutku snimanja smanjio zoom

f/4.5 0.8 s ISO 100



Slika 36. Autorska fotografija i projicirana fotografija. Projekcija je snimljena tehnikom "light - painting". Poteškoće kod snimanja u ovakvim uvjetima su jako duge ekspozicije zbog slabih uvjeta osvijetljenosti pa je teško dobiti fotografiju zadovoljavajuće oštine.

f/4.5 5 s ISO 200



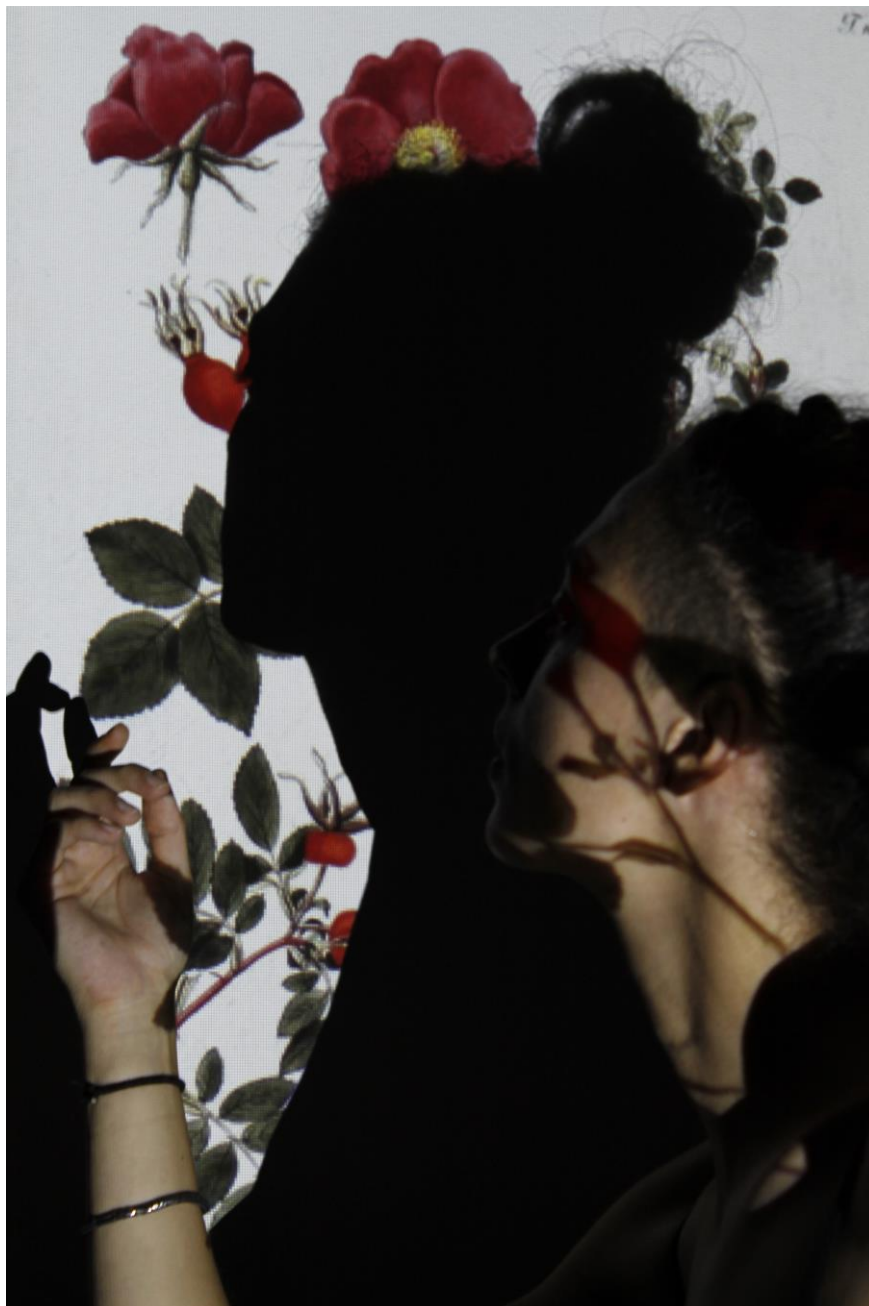
Slika 37. Autorska fotografija

f/8 1/2 s ISO 200



Slika 38. Autorska fotografija; težilo se usmjeravanju “virtualnog pogleda” prema publici dok je pogled živog modela usmjeren drugdje.

f/5 1 s ISO 200



Slika 39. Autorska fotografija; interakcija stvarnog i virtualnog

f/5.6 1/3 s ISO 100



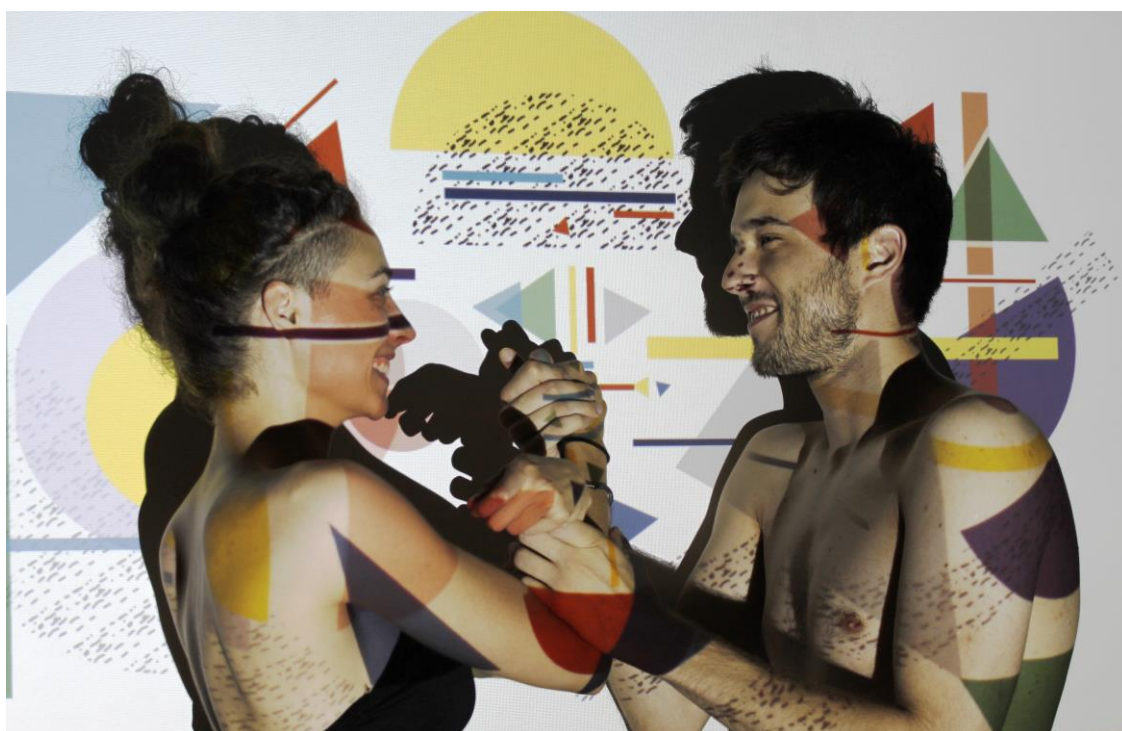
Slika 40. Autorska fotografija, izdvajanje modela iz pozadine

f/4.5 1/3 s ISO 100



Slika 41. Autorska fotografija i projicirana ilustracija

f/4.5 1/4 s ISO 100



Slika 42. Autorska fotografija i ilustracija

f/4.5 1/4 s ISO 100

+



Slika 43. Autorska fotografija; stapanje modela s pozadinom

f/5.6 0.6 s ISO 100

4. ZAKLJUČAK

Kod fotografije projekcije projektor predstavlja jedini izvor svjetlosti. On ima svoju konstantnu jačinu koja je jaka kolika je i jakost lampe u tijelu projektora. Njegova temperatura i boja, s druge strane, nisu konstantnih vrijednosti odnosno mijenjaju se s izmjenom fotografija koje se projiciraju. Kako bi sami proces realizacije fotografske ideje bio čim bezbolniji, bitno je na neki način predvidjeti promjene u okolnom svjetlu koje nastaju izmjenom projekcija. Te promjene se mogu donekle kontrolirati na način da se projekcijske fotografije podijele u nekoliko zasebnih skupina i to prema svjetlini. Informacije o svjetlini dobivaju se iz histograma slike koji pokazuje postotak refleksije na određenim tonovima na slici. Prema tome, fotografije koje se projiciraju dijele se na svijetle, srednje svijetle i tamne. Ovakva klasifikacija omogućava da se unutar jedne grupe svjetline izračunava optimalna duljina eksponiranja koja se svakom unutargrupnom izmjenom projekcija neće bitno mijenjati, odnosno maksimalna promjena će biti +1 EV. Na ovaj način mogućnost grešaka svedena je na minimum i skraćuje se vrijeme fotografskog snimanja.

Kako bi kontrola duljine ekspozicije bila još preciznija koriste se različite metode mjerenja svjetla pomoću fotoaparata, ili preciznije, pomoću ugradbenog svjetlomjera. Mjerenje svjetla osigurava pravilnu eksponiranost tonova na onim mjestima sa kojih se očitava refleksija. Za fotografije sa dominantnim tamnim tonovima najbitnije je sačuvati detalje u sjenama pa će se refleksije mjeriti na srednje tamnim tonovima na fotografiji (jer bi mjerenje na najtamnijim točkama uzrokovalo preeksponiranost svijetlih tonova). Precizno mjerenje svjetla u jednoj točki postiže se takozvanim spotnim mjerenjem pa je upravo ova metoda najpovoljnija za fotografije koje imaju veliki raspon tamnih tonova - odnosno one koje su, u ovom slučaju, okarakterizirane kao tamne projekcije. Isti princip može se primijeniti i na dominantno svijetle fotografije kod kojih je tendencija sačuvati detaljnost na područjima najveće svjetline. Druga vrsta mjerenja, konkretno evaluacijsko mjerenje koje za referentnu točku mjerenja uzima cijeli kadar, dat će najbolje rezultate za fotografije koje imaju veliki postotak refleksije na području srednjih tonova, dakle fotografije koje su svrstane u grupu projekcija srednje svjetline. Ipak, treba uzeti u obzir da će mjerenja na pojedinim fotografijama, bez obzira na

klasifikaciju, ponekad dati nezadovoljavajuće prijedloge za duljinu eksponiranja pa je u konačnici na fotografu odluka o tome da li je fotografija zadovoljavajuća pri zadanim ekspozicijama ili je ipak potrebna kompenzacija u vrijednosti od $\pm(1 - 2)$ EV.

Iako je tehnički ispravna fotografija (pravilno eksponirana, sa odgovarajućim ISO vrijednostima i otvorima zaslona) zasigurno i kvalitetna, umjetnička fotografija dozvoljava fotografu da izađe izvan granica što ga omeđuje pojam dobre ili loše fotografije i prepusti se svom osjećaju i doživljaju koji želi prenijeti na fotografiju. U tom trenutku više ne postoje pojmovi „pravilnog” ili „ispravnog”, ali ostaje fotografija kao vječna preslika nečijeg doživljaja jednog trenutka u vremenu.

5. Literatura

1. ***https://en.wikipedia.org/wiki/Video_projector
2. *** https://en.wikipedia.org/wiki/Projector#Prehistory_to_1000_CE
3. ***https://en.wikipedia.org/wiki/Camera_obscura
4. ***https://en.wikipedia.org/wiki/Overhead_projector
5. ***[https://en.wikipedia.org/wiki/John_French_\(photographer\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_French_(photographer))
- 6.***http://www.photographyblog.com/articles/a_beginners_guide_to_projection_art_photography/
7. ***https://www.facebook.com/pg/tomaso.photography/photos/?ref=page_internal
8.
***<http://www.evamueller.com/#/projections/55B9AF06CD5649288268C5D25D3DA314>
9.
***https://www.google.hr/search?q=nikolay+glazunov+photography&rlz=1C1GGRV_enHR751HR751&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjz9jdosrVAhVLTtRQKHetGAG8QsAQIJQ&biw=1280&bih=894#imgrc=vVFDavQEGugR1M:
- 10.***<http://beautifuldecay.com/2014/10/14/photographer-mads-perchs-ethereal-light-projections-will-hypnotize/>
11. ***http://www.mads-perch.com/projects_detail/apiento-orange-place
12.
***https://www.google.hr/search?q=nadav+kander+puma&rlz=1C1GGRV_enHR751HR751&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwi_msGHpcrVAhVHuBQKHTogApYQsAQIKw&biw=1280&bih=894#imgrc=Tw1-TPpk3K0WiM:
- 13.***<http://www.bbc.com/news/in-pictures-37895782>
- 14.***<http://vjsuave.com/>
- 15.***https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Light_Processing#Light_source
- 16.***<http://web.media.mit.edu/~raskar/Shaderlamps/abstract.txt>
- 17.***<http://projection-mapping.org/whatis/>
- 18.***https://i2.wp.com/www.dlptoday.com/images/2017/03/20170303_illuminations_00.jpg
- 19.***https://en.wikipedia.org/wiki/Projection_mapping

- 20.***https://en.wikipedia.org/wiki/Shader_lamps
- 21.***Raskar, R., Welch, G., Low, K., Deepak B. (2001) *Shader Lamps: Animating Real Objects With Image - Based Illumination*, Mitsubishi Electric Research Laboratories Inc. Broadway, Cambridge, Massachusetts
- 22.***[https://en.wikipedia.org/wiki/Son_et_lumi%C3%A8re_\(show\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Son_et_lumi%C3%A8re_(show))
- 23.*** <http://projection-mapping.org/the-history-of-projection-mapping/>
- 24.***<https://www.google.com/patents/US5325473>
- 25.***<https://vimeo.com/213586333>
- 26.***https://creators.vice.com/en_us/article/z4yjva/designer-franck-sorbier-projects-an-haute-couture-fairy-tale
- 27.***<http://www.skullmapping.com/>
- 28.***<http://www.projectionartworks.com/>
- 29.***<https://vimeo.com/149007026>
- 30.***<https://vimeo.com/184283369>
- 31.***<http://projection-mapping.org/real-time-dynamic-projection-mapping/>
- 32.***<https://www.fxguide.com/quicktakes/the-next-level-in-spatial-augmented-reality-or-projection-mapping/>
- 33.***<https://vimeo.com/210599507>
- 34.***<https://vimeo.com/103425574>
- 35.***<http://newatlas.com/face-hacking-facial-projection-mapping/48736/#p457248>
- 36.***<https://www.youtube.com/watch?v=qFSjXlvOKrI>
- 37.***<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45823>
- 38.*** https://en.wikipedia.org/wiki/Photographic_lighting
- 39.***<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=17445>
- 40.*** <http://imaging.nikon.com/lineup/dslr/basics/13/>
41. Bilissi, E., Langford M. (2008) *Langford's Advanced Photography The Guide for Aspiring Photographers, Seventh Edition*, Elsevier Ltd.
- 42.***<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/isql.html>
- 43.***https://en.wikipedia.org/wiki/Light_meter
44. Freeman, M. (2012), *Michael Freeman Photo School Exposure*, Ilex Instant
- 45.***<https://fotografija.hr/ekspozicija/>

- 46.***<http://led.bannerengineering.com/plan-your-project/lux-lumen-calculator/>
- 47.***<http://www.projectorreviews.com/infocus/infocus-in2114-dlp-projector-review/>
- 48.***https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Light_Processing
49. Praker, D. (2009), *Exposure*, AVA Publishing
50. Hirsch R., (2007), *Light and Lens - Photography in the Digital Age*, Focal Press