

# Usporedba tehnologije generiranja fotografija pametnim telefonom i digitalnim fotoaparatom

---

**Smojver, Sanjin**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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:216:170299>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Smojver Sanjin**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAFIČKI FAKULTET**

**Smjer: Tehničko tehnološki**

# **ZAVRŠNI RAD**

**USPOREDBA TEHNOLOGIJE GENERIRANJA  
FOTOGRAFIJA PAMETNIM TELEFONOM I DIGITALNM  
FOTOAPARATOM**

**Mentor:**

**Doc. Dr. sc. Katarina Itrić Ivanda**

**Student:**

**Smojver Sanjin**

**Zagreb, 2022.**

## **Sažetak**

Zahvaljujući svojoj prenosivosti, ekonomičnosti i sve boljim performansama slike, kamere za pametne telefone su se posljednjih godina pozicionirale kao konkurentne klasičnim digitalnim fotoaparatom. U završnom radu će se opisati tehnologija snimanja pametnim telefonom, s posebnim osvrtom na osnovne zahtjeve i fizička ograničenja optičke tehnologije. Kroz usporedbu fotografija dobivenih s iste pozicije fotoaparatom (Canon XC10 4K) i mobilnim uređajem (Samsung A 72) s unaprijed određenim postavkama (kao npr. ISO osjetljivost, vrijeme ekspozicije, otvor blende), istražiti će se kako pojedine postavke utječu na krajnju sliku.

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	5
<b>2. OPTIKA</b> .....	2
<b>2.1. Optička sredstva</b> .....	2
<b>2.2. Grane optike</b> .....	3
<b>2.2.1. Fizikalna optika</b> .....	3
<b>2.2.2. Geometrijska optika</b> .....	4
<b>3. ZAKONI GEOMETRIJSKE OPTIKE</b> .....	4
<b>3.1. Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti</b> .....	4
<b>3.2. Zakon međusobne neovisnosti širenja svjetlosnih zraka</b> .....	5
<b>3.3. Zakon refleksije svjetlosti</b> .....	6
<b>3.4. Zakon loma svjetlosti</b> .....	7
<b>3.5. Lom svjetlosti na prizmi</b> .....	8
<b>4. ZRCALA</b> .....	8
<b>4.1. Konkavno zrcalo</b> .....	9
<b>4.2. Konveksno zrcalo</b> .....	10
<b>5. KONSTITUCIJA LEĆA U MOBILNIM UREĐAJIMA I FOTOAPARATIMA</b> .....	11
<b>6. RAZLIKA U KOMPONENTAMA UREĐAJA</b> .....	12
<b>6.1. Komponente mobilne kamere (Samsung A 72)</b> .....	13
<b>6.2. Komponente fotoaparata (Canon XC10 4K)</b> .....	15
<b>7. KARAKTERISTIKE FOTOGRAFIJE</b> .....	16
<b>7.1. ISO</b> .....	16
<b>7.2. Vrijeme ekspozicije (shutter speed)</b> .....	17
<b>7.3. Otvor blende</b> .....	18
<b>7.4. Dubinska oštrina (Fokus)</b> .....	19
<b>8. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	20
<b>9. ZAKLJUČAK</b> .....	25
<b>10. LITERATURA</b> .....	26

## 1. UVOD

Za svaku fotografiju se ne mogu koristiti iste postavke koje se namještaju prije samog slikanja. Kao eksperimentalni dio završnog rada napravit ću usporedbu između fotografija fotoaparata i fotografija mobilnog uređaja. Slike će biti slikane sa iste pozicije fotoaparatom i mobilnim uređajem s unaprijed određenim postavkama, detaljno ću opisati kako pojedine postavke utječu na krajnju sliku te usporediti slike fotoaparata i mobilnog uređaja (Samsung A 72). Plan završnog rada je da se čitatelju približi fotografija s ciljem razumijevanja pojedinih postavki te kao mala pomoć pri slikanju. Teorijski dio završnog rada će se velikom većinom baviti opisima pojedinih karakteristika fotografije te zašto i kako nastaje slika i kako ju možemo poboljšati. Svatko može upaliti kameru i kliknuti “slikaj”, ali bez razumijevanja što utječe na fotografiju i kako sama fotografija nastaje. Također ću se detaljno dotaknuti i pobliže objasniti zašto su pojedine karakteristike, kao što su ISO, otvor blende, vrijeme ekspozicije i mnoge druge, bitne prilikom fotografiranja. Današnji mobilni uređaji imaju jako dobre kamere koje su se u zadnjih 10 godina toliko razvile da se postavlja pitanje je li uopće potreban fotoaparat?

Također, jedan od ciljeva završnog rada je da čitatelji sami mogu isprobati određene postavke te odgovoriti na pitanje, kada im se objasni, kako nastaje slika i koje su postavke za pojedini prizor “najbolje”. Također ću priložiti i fotografije koje nisu savršene kako bi objasnio što je krivo postavljeno prilikom slikanja fotografije.

## 2. OPTIKA

Područje fizike koje proučava karakteristike svjetlosti te događaje koji slijede prilikom međudjelovanja s nekim određenim materijalima nazivamo optika. Prilikom proučavanja optike, u obzir se uzimaju vidljivi dio spektra, infracrveno i ultraljubičasto područje. Pojedine karakteristike svjetlosti se proučavaju i u drugim područjima elektromagnetskog zračenja. Obzirom da se pojedine svjetlosne pojave mogu objasniti preko kvantne prirode svjetlosti, koja je usko vezana uz kvantnu mehaniku, Maxwell je postavio jednadžbu s ciljem približavanja prakse i teorije. Preko Maxwellovih jednadžbi, opisuje se elektromagnetska priroda svjetlosti te je svojim jednadžbama opisao praktične primjere. Maxwellove jednadžbe, u svojem diferencijalnom obliku dane su u izrazima 1-4.

$$\operatorname{div}\mathbf{D} = \rho \quad (1)$$

$$\operatorname{div}\mathbf{B} = 0 \quad (2)$$

$$\operatorname{rot}\mathbf{E} = \frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\operatorname{rot}\mathbf{H} = \frac{\partial\mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{J} \quad (4)$$

$\mathbf{D}$  predstavlja električnu indukciju,  $\mathbf{B}$  magnetsku indukciju,  $\mathbf{E}$  jakost električnog polja, a  $\mathbf{H}$  jakost magnetskog polja. Nadalje,  $\rho$  odgovara gustoći električnog naboja, a  $\mathbf{J}$  gustoći električne struje.

### 2.1. Optička sredstva

Optičko sredstvo je definirano kao prozirna homogena tvar ili vakuum kroz koji se može širiti vidljiva svjetlost. Optička sredstva se razlikuju po gustoći same smjese što se naziva „Optička gustoća“. Kada bi definirali optičku gustoću, uzeli bi u obzir fotone svjetlosti i molekule optičkog sredstva. Ukoliko je optičko sredstvo gusto, dolazi do više međudjelovanja između fotonskih zraka i sredstva te se time smanjuje propusnost samog sredstva. Gustoća samog sredstva je najbitnija karakteristika. Kada se izračunava propusnost, ukoliko je gustoća veća, propusnost je manja zbog mnogih međudjelovanja fotonskih zraka i

molekula sredstva. U slučaju kada je sredstvo rijede, propusnost mu je veća zato što ne dolazi do brojnih sudara između molekula te se svjetlost može lakše proširiti. [16]

Vakuum je primjer najrijedeg optičkog sredstva zbog svojih karakteristika. Kada bi uspoređivali brzine širenja svjetlosti u vakuumu i zraku, dobili bismo slične rezultate, ali je brzina u vakuumu neznatno veća. Brzina pojedine svjetlosne zrake ovisi o strukturi optičkog sredstva kroz koje prolazi, načinu na koji su molekule povezane i raspoređene unutar samog sredstva, također ovisi i o magnetnim svojstvima materijala.

## **2.2. Grane optike**

Optika se dijeli na dvije grane: fizikalnu optiku i geometrijsku optiku. Fizikalna optika je grana u kojoj se proučavaju valna svojstva svjetlosti. Njome se također koristi i prilikom proučavanja same svjetlosti i njezinih osobina. Kada se kaže klasična optika misli se i na proučavanje optičkih uređaja te sredstava za ispravljanje vida.

Geometrijska optika je grana kojom se približava i opisuje pravocrtno širenje svjetlosti u obliku ravnih linija, odnosno snopa svijetla (svjetlosnih zraka). Geometrijska optika se ponajviše zasniva na zakonima i teorijama geometrije, ali uz to se, također, zasniva i na fizičkim zakonima.

### **2.2.1. Fizikalna optika**

Pored mehanike, proglašena je najstarijom granom fizike. Svoje korijene povlači iz Antičkog doba kada su se koristili zrcalo i leća napravljeni od kristala. Ona se bavi optimizacijom i konstrukcijom optičkih elemenata, procesa i uređaja koji se koriste prilikom provođenja istraživanja. Neke od naprava koje se koriste u istraživanjima primjenjene optike su: zrcala, leće, objektivni, okulari, mikroskopski, teleskopi i svi drugi uređaji koji imaju istu ili sličnu namjenu kao navedeni.



### **2.2.2. Geometrijska optika**

Geometrijska optika je grana optike koja za svoja istraživanja koristi svjetlosne zrake kako bi opisala pojave do kojih dolazi prilikom nekog određenog istraživanja.

## **3. ZAKONI GEOMETRIJSKE OPTIKE**

Zakoni kojima se koristi geometrijska optika su :

- Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti
- Zakon međusobne neovisnosti širenja svjetlosnih zraka
- Zakon refleksije svjetlosti
- Zakon loma svjetlosti

### **3.1. Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti**

Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti govori kako se svjetlost u homogenom sredstvu (svaki dio sredstva ima istu gustoću) giba pravocrtno zato što nema prepreka koje bi mogle djelovati na snop te se snop nigdje ne prekida niti lomi. [13]

Pobliže objašnjeno pravocrtno širenje svjetlosti možemo uočiti u svakodnevnom životu kao što je prikazano na Slici 1. Svjetlost se probija kroz grane u pravocrtnim linijama.

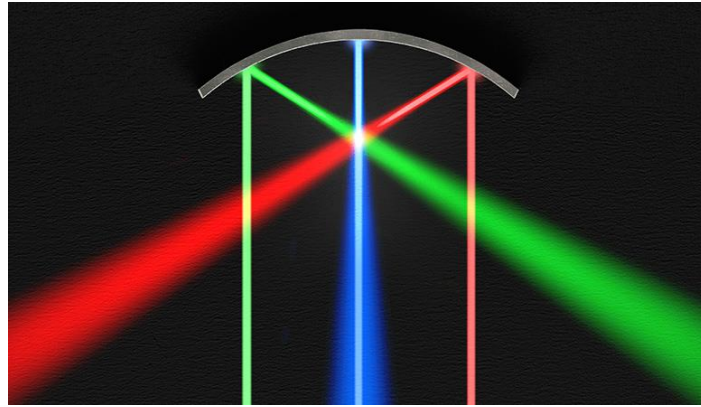


Slika 1. Pravocrtno širenje svjetlosti u prirodi [1]

### **3.2. Zakon međusobne neovisnosti širenja svjetlosnih zraka**

Zakon međusobne neovisnosti širenja svjetlosnih zraka pokazuje kako se prilikom presijecanja dviju ili više svjetlosnih zraka ne utječe na samu putanju zrake. Sumirano se može reći ukoliko imamo više svjetlosnih snopova oni neće utjecati jedan na drugoga te si neće „smetati“.

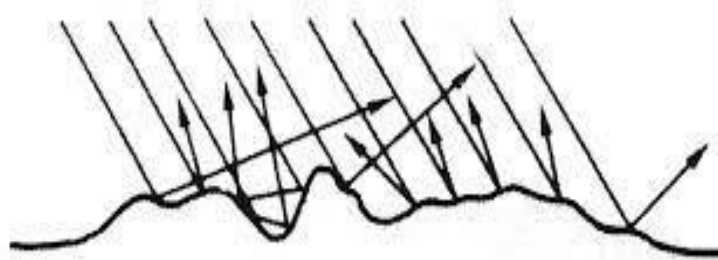
Na Slici 2 su prikazana tri izvora svjetlosti različite boje koja međusobno ne interferiraju nego se nastavljaju gibati pravocrtno. Zakonom međusobne neovisnosti se potvrđuje prvi zakon pravocrtnog širenja svjetlosti.



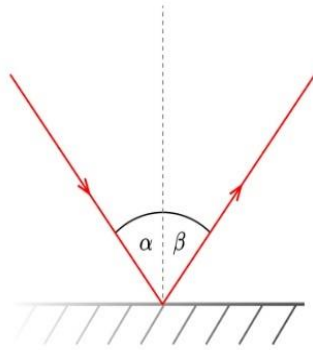
Slika 2. Međusobna neovisnost svjetlosnih zraka [2]

### 3.3. Zakon refleksije svjetlosti

Zakon refleksije svjetlosti nam govori o tome kako se svjetlost odbija od svake uglađene površine koja ima reflektivnu karakteristiku. Kut upada svake svjetlosne zrake je isti kao i kut reflektirane zrake. Ukoliko je površina ravna, moguća je samo jedna refleksija, a kada je površina reljefnog oblika (svjetlost se raspršuje u različitim smjerovima) moguće je da dođe do više refleksija. Na Slici 3 prikazana je shema difuzne refleksije, a na Slici 4 normalne refleksije.



Slika 3. Difuzna refleksija [3]



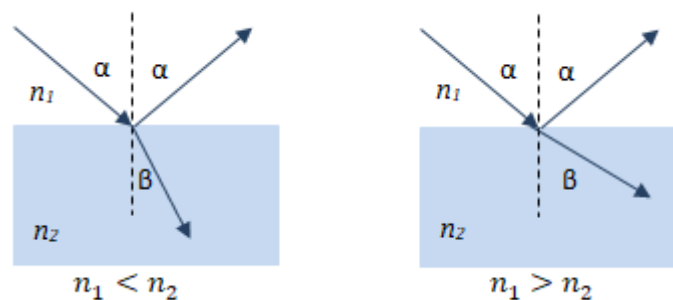
Slika 4. Normalna(zrcalna) refleksija [4]

### 3.4.Zakon loma svjetlosti

Zakon loma svjetlosti govori kako se prilikom upada svjetla na granici dvaju različitih homogenih smjesa snop ili zraka svjetlosti lomi te se pojavljuje optička varka. Prilikom gledanja vesla na čamcu, može se vidjeti da je veslo do granice sa vodom ravno, a kada gledamo uronjeni dio vesla izgleda kao da je prelomljeno na granici dvaju sredstava zbog njihove gustoće. Ukoliko je optička gustoća materijala u koju upada svjetlost veća od gustoće smjese iz koje dolazi, zraka svjetla će se lomiti prema okomici na sredstvo u koje upada. Ukoliko je optička gustoća sredstva iz kojeg dolazi zraka veća od gustoće svjetla u koje upada, lomljena zraka će biti udaljeniji od okomice na dato sredstvo.

Zaključno, kada svjetlo dolazi iz područja manje gustoće (zrak) u područje veće gustoće (voda) će se lomiti prema okomici, a kad dolazi iz područja veće gustoće (voda) u područje manje gustoće (zrak) će se lomiti od okomice.

Prilikom svakog upada svjetlosti, dio svjetlosti se reflektira od površine. Lom svjetlosti na površini prikazan je na Slici 5.



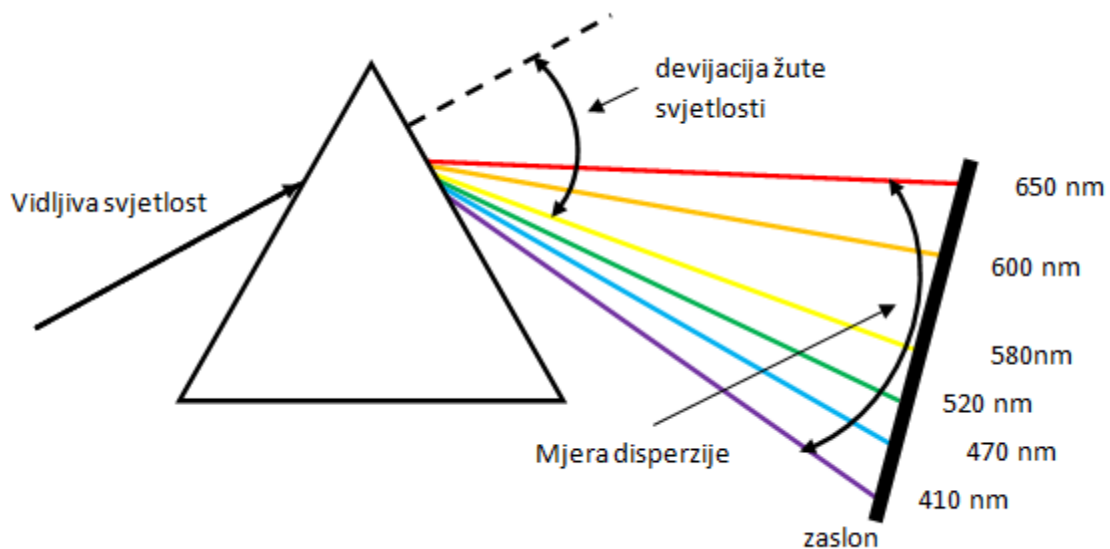
Slika 5. Lom svjetlosti na granici: a) u optički gušće sredstvo i b) u optički rjeđe sredstvo [5]

Nizozemski fizičar Snell našao je da je omjer sinusa upadnog kuta i sinusa lomljenog kuta za bilo koja dva sredstva konstanta. Prema tome Snellov zakon glasi:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad (5)$$

### 3.5. Lom svjetlosti na prizmi

Lom svjetlosti se najčešće prikazuje pomoću optičke prizme na kojoj se vidi upad svjetlosti iz područja manje gustoće (zrak) u područje veće gustoće (prizma), te izlazak svjetlosti iz područja veće gustoće (prizma) u područje manje gustoće (zrak). Disperzija upadnih zraka svjetlosti na prizmi dana je Slikom 6.



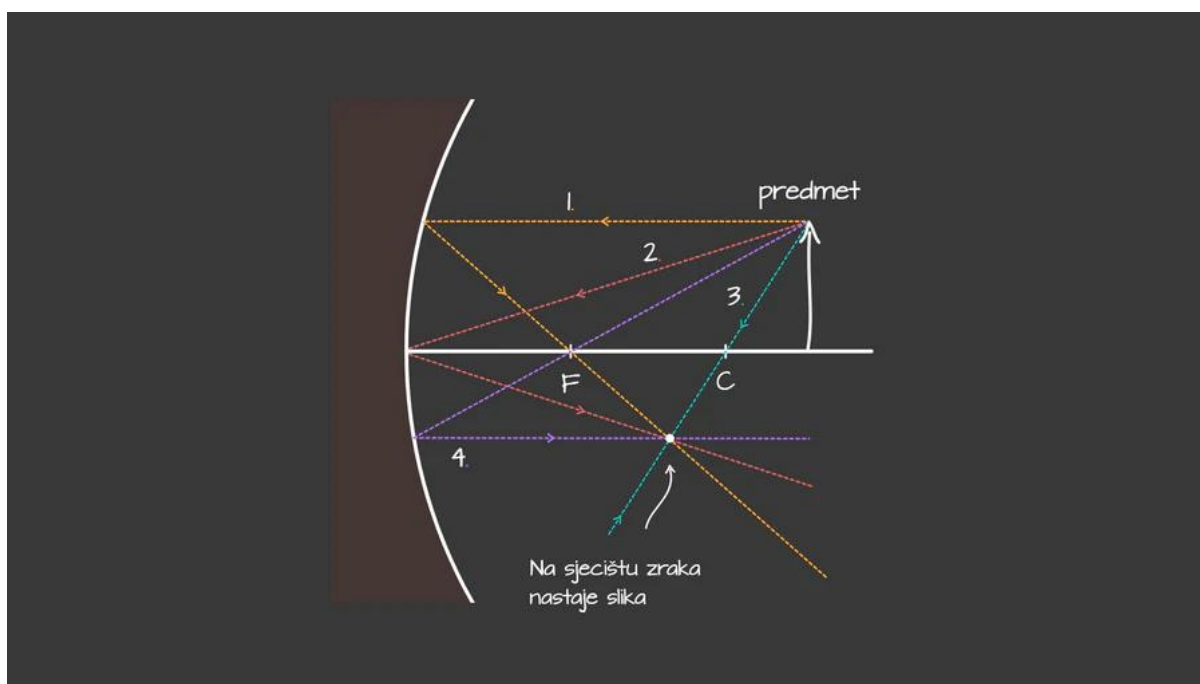
Slika 6. Disperzija na prizmi [6]

## 4. ZRCALA

Kada se govori o zrcalima i refleksiji svjetlosti bitno je spomenuti i sferna zrcala. Sferno zrcalo je zaobljena površina koja reflektira svjetlosne zrake. Postoje dvije vrste sfernih zrcala, a to su: konkavna zrcala (udubljeno) i konveksno (izbočeno). Zakon loma svjetlosti pod istim kutom vrijedi i kod sfernih refleksija.

#### 4.1. Konkavno zrcalo

Konkavno zrcalo je zrcalo koje reflektira svjetlost unutarnjim dijelom te se svaka svjetlosna zraka koja upadne odbija prema središnjoj optičkoj osi konkavnog zrcala te tako nastaje slika koje je umanjena i reflektirana po osi  $x$ . Shematski prikaz nastajanja slike konkavnim zrcalom prikazan je na Slici 7.



Slika 7. Konkavno zrcalo [7]

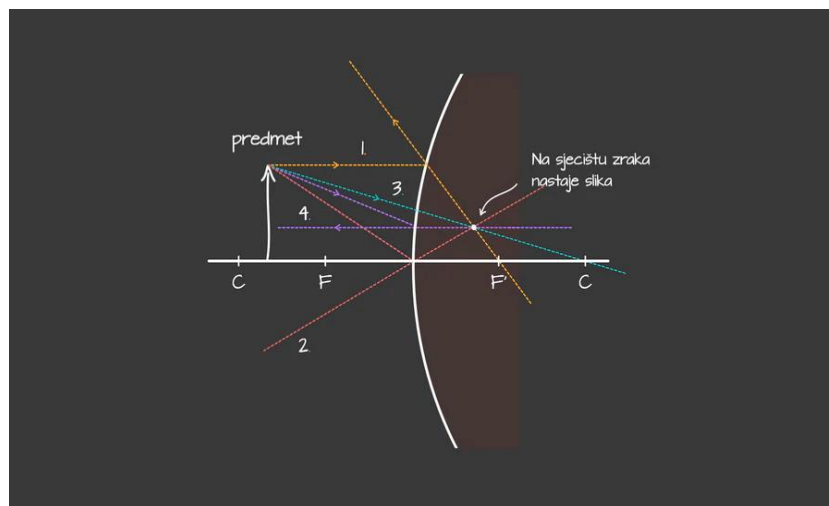
Prilikom određivanja slike koja nastaje refleksijom od konkavnog zrcala koristimo 4 zrake koje su odabrane pomoću fizikalnih jednažbi. Zraka koja je označena brojem 1 upada na sferno zrcalo paralelno sa optičkom osi te se reflektira kroz fokus zrcala zraka označena brojem 2 na sferno zrcalo upada na tjeme zrcala te se odbija pod istim kutem upada obzirom na optičku os koja je označena bijelom bojom. Zraka označena brojem 3 prolazi kroz sjecište

reflektiranih zraka te se odbija u istom smjeru iz kojeg je došla, 4. zraka je zraka koja prolazi kroz fokus te se reflektira paralelno sa optičkom osi i zrakom pod brojem 1. U sjecištu reflektiranih zraka se pojavljuje slika koja se naziva „realnom slikom“ dok s druge strane zrcala nastaje virtualna slika. Realna slika nastaje s iste strane s koje upada svjetlost te je umanjena i obrnuta.

## 4.2. Konveksno zrcalo

Konveksno zrcalo je izbočeno zrcalo koje reflektira svjetlost vanjskim dijelom što znači da se sve reflektirane zrake odbijaju od optičke osi. Razlike između konkavnog i konveksnog zrcala su ti što se produžeci reflektiranih zraka kod konkavnog zrcala sjeku, dok se kod konveksnog ne sjeku. Kod konveksnog zrcala je slika uvijek virtualna zato što nastaje s druge strane zrcala, dok je kod konkavnog realna i nastaje s iste strane gdje je izvor svjetlosti. Kod konkavnog zrcala, slika koja nastaje je uvijek umanjena i uspravna.

Kod određivanja nastanka slike koja nastaje refleksijom svjetlosti od konveksnog zrcala se također koriste 4 zrake svjetlosti. Shematski prikaz nastajanja slike konveksnim zrcalom prikazan je na Slici 8.



Slika 8. Konveksno zrcalo [8]

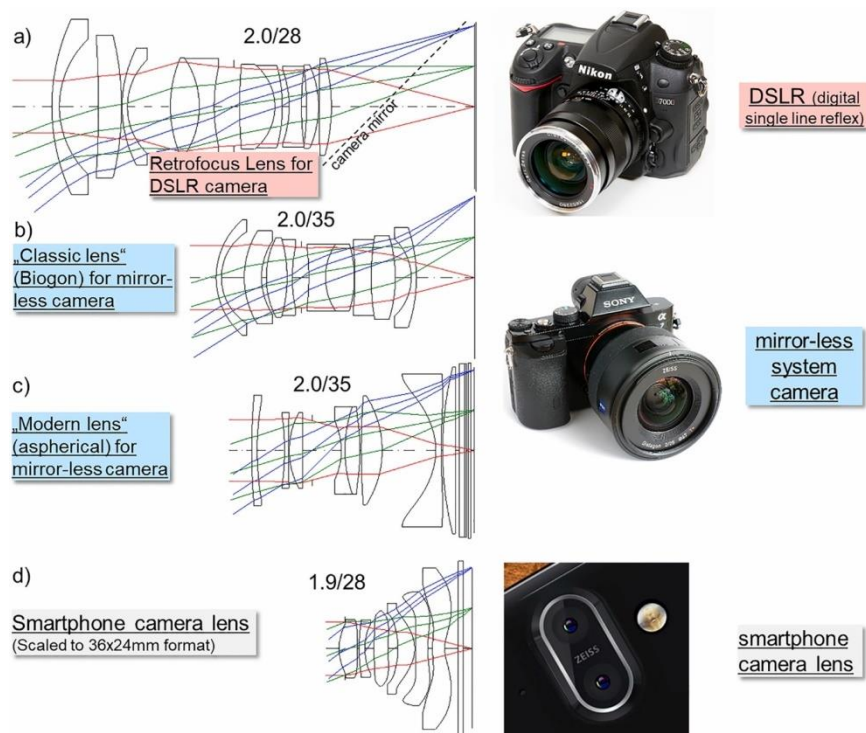
Prva zraka svjetlosti upada na sferno zrcalo paralelno s optičkom osi te se reflektira od optičke osi dok se ostatak koji na kraju čini realnu sliku ne odbija nego prolazi kroz sferno zrcalo i lomi prema optičkoj osi te prolazi kroz  $F'$  gdje nastaje realna slika. Zraka pod brojem



2 upada na vrijeme zrcala te se dio reflektira pod istim kutem, a dio se lomi te prolazi sjecištem ostalih 3 na unutarnjoj strani zrcala. Zraka 3 prolazi centrom zakrivljenosti i lomi se u istom smjeru te tako prolazi kroz sjecište ostalih, dok zraka pod brojem 4 upada prema  $F'$  te se dio reflektira u smjeru paralelnom s optičkom osi te se istovremeno dio lomi u suprotnom smjeru, ali paralelno sa optičkom osi.

## 5. KONSTITUCIJA LEĆA U MOBILNIM UREĐAJIMA I FOTOAPARATIMA

Na priloženoj Slici 9 su prikazane leće koje koristi fotoaparat i mobilni uređaj. Kao što i sami možemo vidjeti leće nisu iste te redosljed nije isti kod svake kamere.



Slika 9. Razlika leća. [9]

Dodavanjem i supstraktiranjem leća u kameri se postiže traženi rezultat, primjerice postoje različiti objektivni koji sa različitim rasporedom leća i različitom senzornom dubljinom postižu različite fotografije. Što je senzorna dubljina veća, fotografija će se moći



više uvećati. Tako je na Slici 10 dan prikaz različitih objektivna te je prikazana usporedba iste fotografije pri različitim uvećanjima.



Slika 10. Razlika objektivna [10]

## 6. RAZLIKA U KOMPONENTAMA UREĐAJA

Cilj ovog završnog rada je prikazati razliku između mobilne kamere i fotoaparata. Komponente mobilne kamere se znatno razlikuju od komponenata fotoaparata. Proizvođači mobilnih uređaja su morali prilagoditi kameru kako bi mobilni uređaj bio što kompaktniji i kako bi neometano obavljao sve svoje funkcije. Razlika između mobilne kamere i fotoaparata je također to što mobilni uređaj ima znatno više opcija (pozivi, poruke, internet veza...), dok fotoaparat ima samo jednu namjenu, a to je fotografiranje.

Moramo uzeti u obzir da je fotografija koja nastane fotoaparatom daleko kvalitetnija od fotografija koja je nastala mobilnim uređajem. [17]

Najveća razlika je u veličini senzora pojedinih uređaja. Mobilni uređaj ima puno manji senzor od fotoaparata te se to može prikazati matematičkim putem. Recimo da imamo mobilni uređaj sa 48 megapiksela sa senzorom od 5 mm, dobivamo da je veličina piksela 0.8 mikrona što je jako mala veličina piksela. Fotoaparat s 48 megapiksela ima senzor od 36 mm, što je više od 7 puta veličine senzora mobilnog uređaja. Rezultat toga je da je piksel veći te na njega pada više svjetlosti i to rezultira većom osjetljivošću senzora.

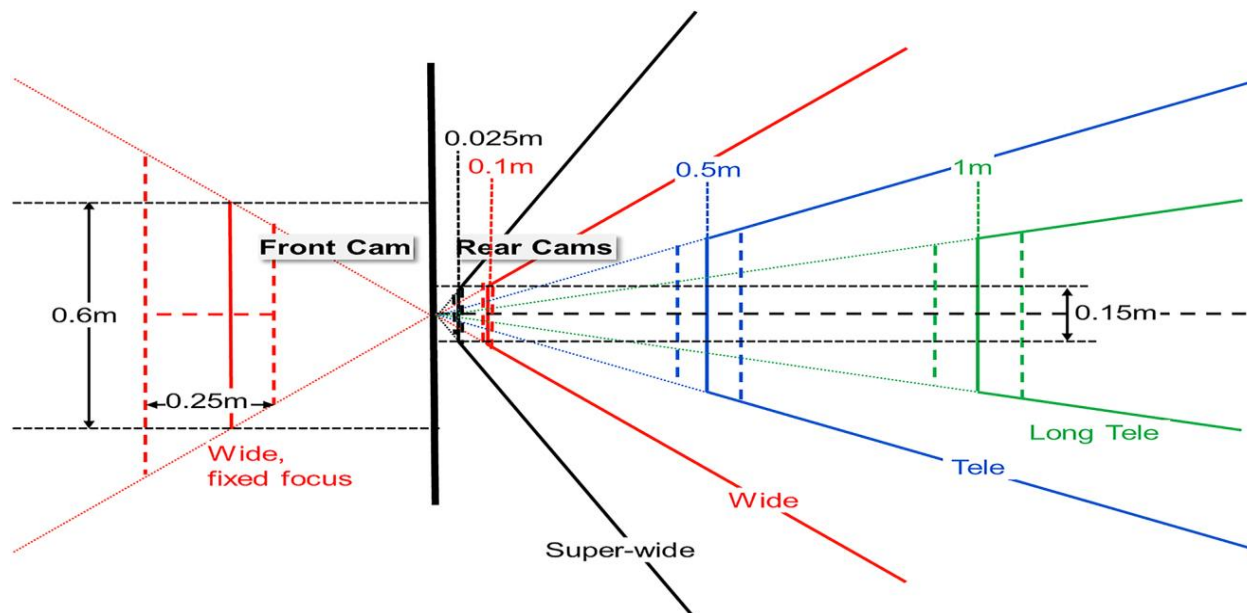
Više piksela u slici znači da je slika bolja, kvalitetnija i da ima više informacija, ali u današnjem svijetu se slike uglavnom slikaju kako bi se postavile na neku od platformi (Facebook, Instagram, Twitter, ...). Prilikom stavljanja slika na određene platforme se gubi kvaliteta slike zato što platforma kompresira sliku na otprilike 2 megapiksela što znači da u ovom slučaju gubimo ostalih 46 megapiksela sa slike, što rezultira gubitak kvalitete slike te informacije sa slike. [18]

### **6.1. Komponente mobilne kamere (Samsung A 72)**

Cilj mobilne kamere je da bude prenosiva i lako upotrebljiva, iz tog razloga je određeno da bi kućište trebalo biti od 7 do 10 milimetara kako bi kamera zauzimala što manje mjesta te bila transportnija. Optika mobilne kamere ne smije prelaziti 5 ili 6 milimetara kako bi mogla stati u kućište mobilnog uređaja bez njegovog povećanja. Veličina mobilnog senzora bi trebala biti što veća kako bi svjetlost u većoj količini pala na piksel. Povećanjem senzora se smanjuju nedostaci kao što su šum slike, smanjen dinamički raspon i kraće vrijeme eksponiranja. Širokokutna leća koja ima FOV (Field of view) 80° postiže faktor konstitucijske duljine leće prema ravnini i prema dijagonali senzora slike koji se označava sa  $r$ . Duljina senzora  $L = 6$  mm omogućuje da promjer senzora bude 9 mm. To se zapisuje kao  $\varnothing_{im} = 9$  mm. Ukoliko promjer senzora prelazi određenu vrijednost za 12 mm, može se reći da ima crop faktor od otprilike 4 mm udaljen od senzora slike.

Na Slici 11 je prikazano vidno polje svake od kamera te su navedene udaljenosti na kojima određena kamera dominira. Može se vidjeti da nije svaka kamera ista te da svaka kamera hvata drugačiji kut i udaljenost prilikom fotografiranja. [14]

$$r = L \cdot \varnothing_{im} \approx 0.65 \dots 0.85$$



Slika 11. Prikaz mogućnosti leća mobilne kamere [11]

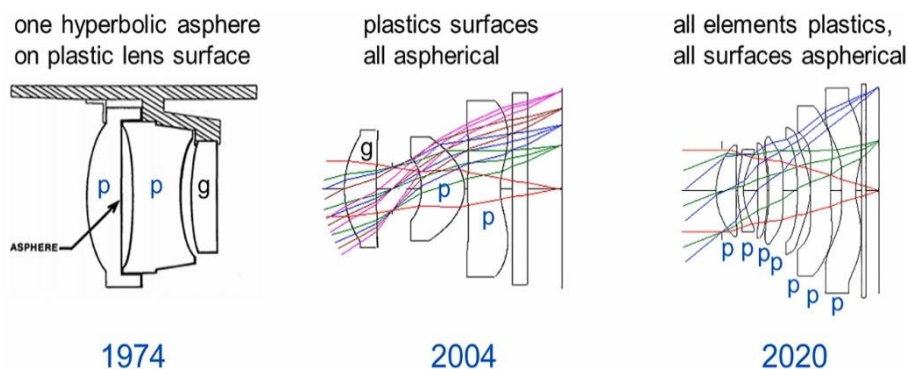
Mobilni uređaj ima dvije kamere, prednju i stražnju, za završni rad je bitna stražnja kamera koja ima rezoluciju 64MP što znači da ima senzor koji može primiti sliku koja je sastavljena od 64 milijuna piksela. Bljeskalica je formirana LED svjetlima. Otvor blende je  $f/1.8$  što označava koliko svjetlosti blenda može primiti. Također, neke od mogućnosti mobilne kamere su: Autofocus, uzastopno snimanje, stabilizator fotografije i videozapisa, geotaging (spremanje lokacije na kojoj je nastala slika), panorama, fokus na dodir te opcija smanjivanja i pojačavanja svjetlosti, prepoznavanje lica, vremenski odmak za snimanje slike, makro kameru i mnoge druge.

Kamera mobilnog uređaja se sastoji od 3 objektiva od kojih je svaki različit i ima svoju namjenu te se spojem slika tih objektiva dobija konačna slika koja je veće kvalitete nego slika koja bi nastala slikanjem sa samo jednim mobilnim objektivom.

Uređaj ima opciju digitalnog uvećavanja do 30 puta ali se kvaliteta fotografije gubi s povećavanjem vrijednosti, također ima opciju optičkog uvećavanja do 3 puta bez gubitka kvalitete. Objektivi u mobilnom uređaju se razlikuju po količini piksela koje mogu primiti,

otvoru blende i po veličini piksela koje mogu primiti. Prva kamera može primiti 12 MP što znači da očitava 12 milijuna piksela na određenoj fotografiji, otvor blende joj je  $f/2.2$  a veličina piksela je  $1,12 \mu\text{m}$ . Druga kamera je 5 MP sa otvorom blende  $f/2.4$  što znači da može primiti manje svjetlosti nego prva kamera. Druga kamera također ima veličinu piksela  $1.12 \mu\text{m}$ . Treća kamera koja se koristi je 8 MP (8 milijuna piksela) te ima otvor blende  $f/2.4$  što znači da može primiti manje svjetlosti nego prva i druga. Razlika između prve dvije i treće je to što je kod treće kamere veličina piksela  $1.0 \mu\text{m}$ . Vrijednost osjetljivosti filma (ISO) na mobilnoj kameri je od 50 do 3200. Brzina slikanja slike (Shutter speed) je od  $1/6000 \text{ s}$  do 10 s. Balans bijele boje je definiran vrijednostima od 2300K do 10 000K.

Na Slici 12 je prikazan razvoj leća kroz godine. Može se vidjeti kako se dodaju nove polarizirane leće s ciljem dobivanja najkvalitetnije fotografije.



Slika 12. Razvoj leća kroz godine [12]

## 6.2. Komponente fotoaparata (Canon XC10 4K)

Fotoaparat je u odnosu na mobilni uređaj puno bolji te koristi kvalitetnije komponente zato što ima samo jednu namjenu. Mobilni uređaj je lakše prevosiv od fotoaparata što je praktičnije, ali se razlika znatno vidi na kvaliteti slike. [15]

Kao što sam naziv uređaja kaže fotoaparat može slikati u 4K rezoluciji. Fotoaparat ima opciju 10 puta optičkog uvećanja što je za 7 puta više od mobilne kamere. Senzor može primiti 12.36 MP (4K) što je manje nego mobilni uređaj ali zbog ostalih komponenata se sa

fotoaparatom mogu slikati kvalitetnije slike. Tip senzora koji koristi je 1“-tip CMOS senzor (senzor koji koristi 3 ili 4 tranzitora prevodi naboj koji se akumulira u fotodiodi te ih spaja u konačnu sliku.) Osjetljivost filma (ISO) fotoaparata je od 100 do 20 000 što je znatno više nego kod mobilnog uređaja. Veličina slike koja nastaje je 4:3 JPEG (aktivnih 10.6 MP daju razlučivost 4000x 2664). Fotoaparat ima opciju automatskog i manualnog fokusa.

Dodavanjem i supstraktiranjem leća u kameri se postiže traženi rezultat, primjerice postoje različiti objektivni koji sa različitim rasporedom leća i različitom senzornom dubljinom postižu različite fotografije. Što je senzorna dubljina veća fotografija će se moći više uvećati.

## **7. KARAKTERISTIKE FOTOGRAFIJE**

Kada se priča o karakteristikama fotografije moraju se navesti najvažnije a to su osjetljivost filma, vrijeme ekspozicije, otvor blende, dubinska oštrina (fokus) te balans bijele boje. Kombinacijom tih karakteristika i pravilnim postavljanjem se dobiva željena fotografija. Svaka od navedenih karakteristika na drugačiji način utječe na to kako će fotografija ispasti.

### **7.1. ISO**

Osjetljivost filma je naziv međunarodne organizacije za standardizaciju vrijednosti, dok je za fotografa ISO samo broj, odnosno količina informacija koju „film“ može primiti, ako se ISO poveća sa 100 na 200 može se koristiti dvostuko manja brzina zatvarača, odnosno ukoliko trebamo dobiti tamniju sliku koristimo manji iso i manju brzinu zatvarača. Odnos između ISO-a i brzine zatvarača je jako bitan zato što ukoliko promijenimo osjetljivost filma trebamo mijenjati i brzinu zatvarača kako nam slika nebi bila presvijetla ili pretamna. Ukoliko je ISO nizak, brzina otvarača ne smije biti niska zato što se takvim načinom dobije tamna slika, ali sve ovisi o sceni koju slikamo i tome što se točno želi slikati. Svakim povećanjem ISO-a se dobije svjetlija slika zato što je „film“ osjetljiviji na svjetlost, odnosno „fim“ prima više informacija. Sumirano se može reći da što je veći ISO to je slika kvalitetnija. Povećanjem ISO-a se također smanjuje potrebno vrijeme za slikanje neke

fotografije što znači da ukoliko nam je ISO 1600, vrijeme ekspozicije (shutter speed) treba biti manje te se time dobivaju čišće slike, zato što se smanjuje vrijeme zatvaranja blende te se tim načinom smanjuje šansa za dobivanje mutne slike, ali se povećava šansa da će slika ispasti presvijetla.

## 7.2.Vrijeme ekspozicije (shutter speed)

Vrijeme ekspozicije je definirano kao vrijeme u kojem određena slika nastaje. Ukoliko je vrijednost 1/1000 znači da otvor blende zatvori u jednoj tisućinki sekunde. Teorijski se ne može odrediti točna vrijenost koju bi koristili u pojedinom trenutku zato što je svaka scena drugačija te za svaki scenu treba namjesiti sve postavke kako bi se dobila najkvalitetnija slika.

Iz osobnog iskustva i razgovora s ljudima sam zaključio kako ljudi sumnjaju u to da je moguće slikati zvijezde sa mobilnim uređajem. Prije to nije bilo moguće zato što su mobilni uređaji imali slabije kamere te se nije moglo namjestiti vrijeme ekspozicije i osjetljivost filma. Za upijanje svjetlosti zvijezde je potrebno duže vrijeme eksponiranja zato što je svjetlost slaba. Slikanje zvijezda mobilnim uređajem je moguće otkad je izašla opcija profesionalne kamere u kojoj se mogu točno definirati ISO, vrijeme eksponiranja i fokus.



Slika 13./14. Duže vrijeme eksponiranja -originalan rad

Jedini problem kod dužeg vremena eksponiranja je to što fotoaparati i slikani objekti trebaju mirovati za vrijeme za vrijeme slikanja fotografije. Ukoliko se nešto u sceni pomakne, na slici neće biti jasni obrisi nego će se vidjeti pomak koji možemo vidjeti na sljedećim slikama. Slike su slikane s automatskim fokusom, ISO-m 1600 te je vrijeme eksponiranja 8 sekundi. Slike su slikane navedenim mobilnim uređajem.



Slika 15./16. Vrijeme eksponiranja s pomičnim objektom- originalan rad

Lijeva Slika 15 je fotografirana bez znanja da se fotografira te se jasno vidi pomak i obrisi koji je nastao zbog tog pomaka, dok je na desnoj slici rečeno da se fotografira te su osobe mirovale za vrijeme fotografiranja pa je mobilni uređaj fotografirao kvalitetniju sliku.

### 7.3.Otvor blende

Blenda se može najlakše zamisliti kao ljudska zjenica, ukoliko na nju pada prevelika količina svjetlosni intenzitet je prejak te se oko automatski zatvara. Isti princip se koristi kod manualnog slikanja fotoaparatom, ukoliko previše svjetlosti padne na objektiv fotoaparata slika ispada presvijetla zbog nemogućnosti da se automatski suzi prostor. Uloga same blende je da da širenjem i sužavanjem blokira ili propušta određenu količinu svjetlosti. To se radi na način da se pomoću ugrađenih metalnih pločica regulira koliko će svjetlosti proći do senzora. Otvor blende se označava  $f/xx$  brojem, a  $f/xx$  je omjer fokusne duljine objektiva i promjera

otvora blende. Što je  $f$  broj manji to je otvor blende veći. Vrijednosti otvora blende su definirane kao zaokružene vrijednosti niza potencija broja  $\sqrt{2}$ , a neke od njih su  $f/0.7$ ,  $f/1$ ,  $f/1.4$ ,  $f/2$ ,  $f/2.8$ ,  $f/4$ ,  $f/5.6$  i mnoge druge.

#### **7.4. Dubinska oštrina (Fokus)**

Jedna od najbitnijih stavki svake fotografije je fokus, njime je definirano gdje će se oko fokusirati kada gleda određenu sliku. Fokusom se najglavju određeni dijelovi slike, recimo da slikamo bocu vode koja stoji na stolu i iza nje je šuma, fokus će biti na boci a šuma će biti mutna. Fokus je kao što i sama riječ kaže, mjesto gdje je slika najčišća odnosno na koji objekt u sceni će se fotoaparat fokusirati. Kada se priča o fokusu bitno je spomenuti i dubinsku oštrinu koja je definirana fokusnom duljinom i otvorom blende. Otvor blende na fokus utjeće na način što je manji otvor blende to će veći dio fotografije biti u fokusu, ukoliko se otvor blende stavi na najviše u fokusu će nam biti mali dio slike koji nam je najbliži. Princip naglašavanja određenog dijela slike se naziva dubinska izolacija te je usko povezan sa dubinskom oštrinom. Sumirano se može reći da otvor blende jako utjeće na sam fokus fotografije.

Autofokus je mogućnost fotoaparata da se fokusira na određeni objekt u sceni te je puno brže i u većini slučajeva pouzdanije prilikom fotografiranja. Primjerice prilikom slikanja sportskih događaja gdje natjecatelji ne miruju je vrlo teško i nepraktično ručno (manualno) manipuliranje fokusom, unaprijed se mora postaviti fokus na točno određenu dubinu u slici kako bi se ispravno fotografiralo. Automatski fokus se mijenja ovisno o tome što je objekt fotografiranja. Usporedba između uređaja se provodi za istu situaciju odnosno istu scenu slikanu sa istim postavkama i sa iste pozicije. Koliko god se mobilni uređaji razvijaju ne mogu konkurirati fotoaparatu, leća je manja, senzor je manji, veličina piksela je manja i mnoge druge postavke su slabije odnosno prilagođene datom kućištu koje je također puno manje zbog toga što je to jedna od mnogo opcija koje mobilni uređaj može provesti.



## 8. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu završnog rada ću prikazati razliku između istih fotografija od kojih je jedna nastala mobilnim uređajem (Samsung galaxy A 72), a druga pomoću fotoaparata (Canon XC10 4k).

Na lijevoj strani se nalaze Slika 16 slikana s mobilnim uređajem, a na desnoj strani se nalazi slika 17 slikana fotoaparatom.



Slika 16./17. Usporedba boja – originalan rad

Na slici se nalazi put koji je slikan iz iste pozicije sa mobilnim uređajem (slika 16) i sa fotoaparatom (slika 17). Možemo primjetiti da je fotoaparat uhvatio puno više različitih boja, dok je mobilni uređaj te iste boje posvijetlio, odnosno potamnio na određenim dijelovima te se može vidjeti da je opseg boja kod mobilnog uređaja manji nego kod fotoaparata.

Na ovom primjeru (Slike 18./19.) sam testirao uvećanje od 10 puta. Razlika između mobilnog uređaja i fotoaparata je to što mobilni uređaj ima optičko uvećanje do 3 puta (uvećanje bez gubljenja piksela), a sve preko toga je digitalno, dok je kod fotoaparata uvećanje optičko (10x). Može se vidjeti kako je na mobilnom uređaju slika izbljedila te se ne vide čisti obrisi kipa dok se na slici sa fotoaparatom vidi svaki obris te se jasno vide detalji zbog toga što se kvaliteta slike nije mijenjala s povećanjem.



Slika 18./19. Usporedba zooma - originalan rad

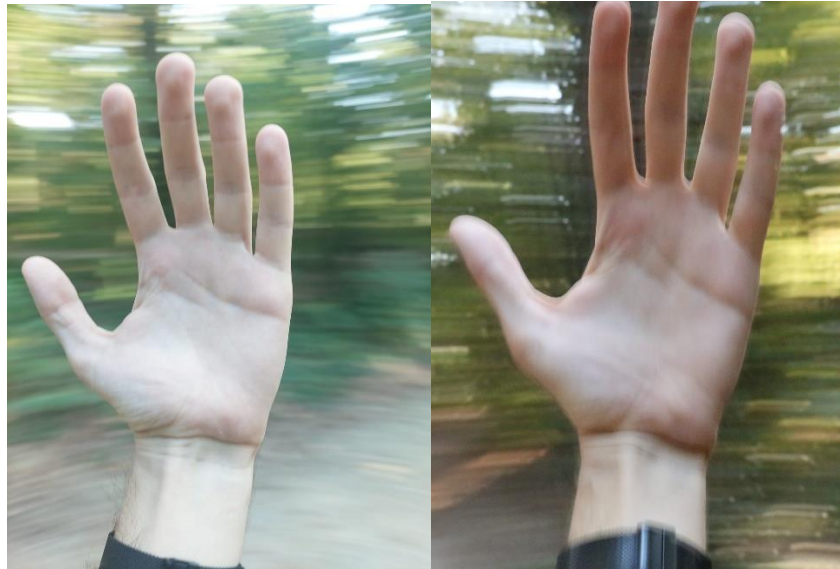
Ovim primjerom (Slike 20/21) želim prikazati koliko se detalja vidi na pojedinoj fotografiji. Što se detalja tiče, nema značajne razlike u slikama. Jedina razlika koja se vidi na slici je toplina slike, na lijevoj slici se može vidjeti da su boje hladnije i djeluju izblijedjeno dok je na desnoj slici prikaz puno topliji te se jasno vidi razlika između boja.



Slika 20./21 Usporedba detalja - originalan rad



Na ovim fotografijama (Slike 22./23) je cilj prikazati predmet (ruku) u pokretu. Na mobilnoj fotografiji se kao i u prošlim primjerima može vidjeti da su boje hladnije nego na fotografiji slikanoj fotoaparatom. Također je i pozadina zamućenija zbog automatskog fokusa mobilnog uređaja.



Slika 22./23. Usporedba slike u pokretu- originalan rad

U ovoj usporedbi (Slike 24./25) sam testirao fokus na objekt sa zamućenom pozadinom i jasno se vidi kako je fokus fotoaparata puno bolji te je obris upaljača puno čišći od obrisa upaljača slikanog mobilnim uređajem. Mobilni uređaj je potamnio pozadinu kako bi bolje namjestio fokus na upaljač, ali zbog nedostatka svjetla i velikog ISO-a slika je ispala „zrnatija“.



Slike 24./25. Usporedba fokusa na objekt – originalan rad

Na ovom primjeru sam testirao fokus iza objekta, odnosno fokus na pozadinu. Ovaj test je fotoaparata puno bolje obavio te se lišće u pozadini puno bolje vidi nego na Slici 26 nastaloj mobilnim uređajem. Također je i sam upaljač na Slici 27 puno bolje prikazan te se vidi da je zamućenje na njemu puno jače nego na mobilnoj fotografiji. Mobilni uređaj nije uspio dobro uhvatiti pozadinu zbog puno manjeg senzora.



Slika 26./27. Usporedba fokusa iza objekta – originalan rad

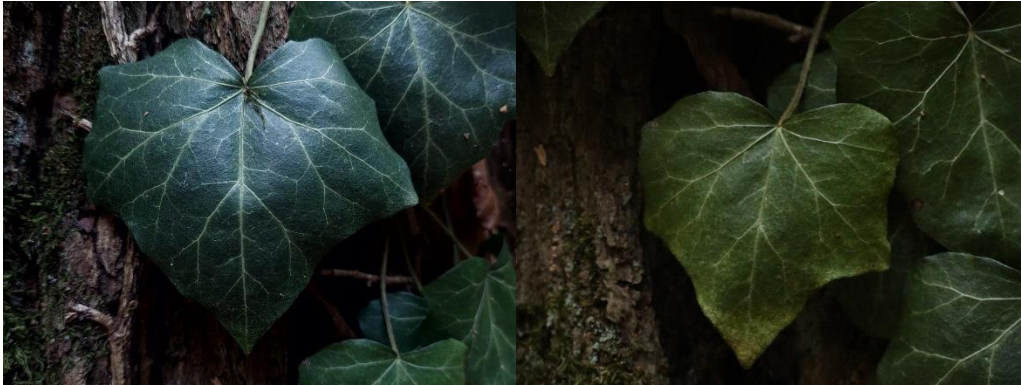
Ovim primjerom (Slike 28/29) je cilj prikazati uvećanje i fokus na objekt koji se slika. Kvaliteta mobilne fotografije se jako uništila zbog digitalnog uvećanja koje je kod fotoaparata optičko te se gubi kvaliteta slike. Na ovom primjeru se može vidjeti kako je slika slikana fotoaparatom puno toplija te ima puno jarkije boje dok je mobilna slika izbljedila te se boje prelijevaju jedna preko druge i ne vide se jasni obrisi.



Slika 28./29. Usporedba fokusa na objekt s uvećanjem – originalan rad

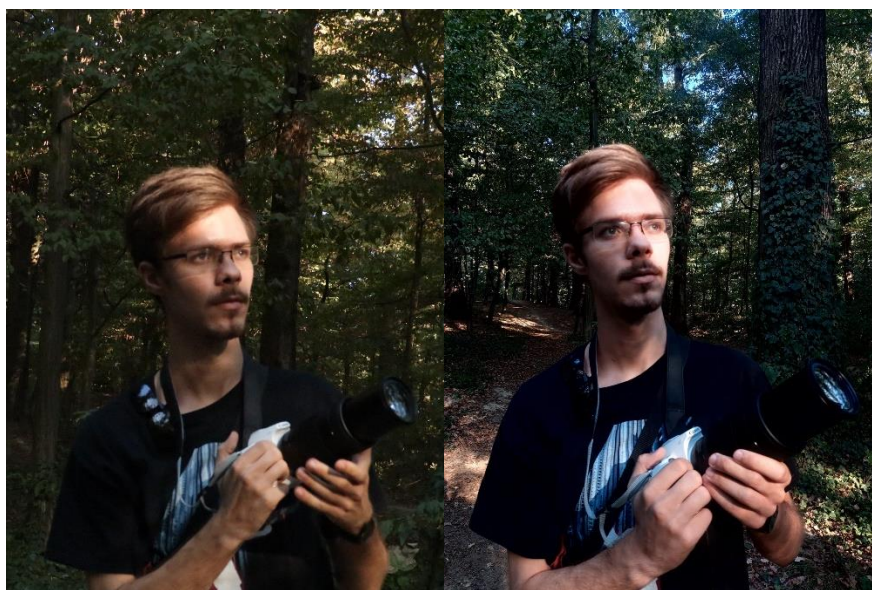


Na slikama 30 i 31 je cilj bio prikazati detalje te razliku u detaljima. Na lijevoj slici list ima puno hladnije boje, ali se jako dobro vide detalji, dok je na desnoj slici slikanoj fotoaparatom slika puno toplija te prikazuje realnije boje nego mobilni uređaj. Mobilni uređaj je prikazao više detalja na slici ali sa nedostatkom nijansi boja koje fotoaparat prikazuje.



Slika 30./31. Usporedba detalja – originalan rad

Prilikom slikanja portreta se model pomaknuo tako da nisu dobivene identične slike, ali se može vidjeti da je fotoaparat puno bolje fokusirao sliku te da se boje ne preklapaju. Na mobilnoj slici dolazi do preklapanja boja što rezultira šumom. Mobilna fotografija je također i tamnija te je pozadina zamućenija. Nebo se slabo vidi zbog toga što su se boje spojile i izgleda kao krošnja drvetu.



Slika 32./33. Usporedba portreta – originalan rad

## 9. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih slika i objašnjenih postavka, može se vidjeti da su fotografske mogućnosti ustvari ograničene uređajem koji posjedujemo. Na temelju zahtjeva i karakteristika koje fotografija treba imati se bira uređaj s kojim ćemo fotografirati. Recimo ako želimo fotografirati sliku koju ćemo staviti na neku od web platformi, bit će nam dosta samo mobitel zbog toga što se prilikom prijenosa slike gubi rezolucija. Ukoliko trebamo slikati fotografiju, npr. mesna plata za restoran, to ćemo obaviti fotoaparatom zbog toga što restoran traži slike velike kvalitete. Kada bismo stavili sliku slikanu mobilnim uređajem, nebi bili zadovoljni. Sve u svemu, nadam se da je čitateljima jasnije kako nastaje fotografija te koje postavke utječu na pojedine karakteristike slike.

## 10.LITERATURA

- [1] Pravocrtno širenje svjetlosti, <https://koopertins.com/695/>
- [2] Međusobna neovisnost svjetlosnih zraka, <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/6b9de2eb-c6d7-412b-8afc-c0820325b64d/zakoni-geometrijske-optike.html>
- [3] Difuzna refleksija, [http://www.phy.pmf.unizg.hr/fizgeo/tonejc/geometrijska\\_optika1.pdf](http://www.phy.pmf.unizg.hr/fizgeo/tonejc/geometrijska_optika1.pdf)
- [4] Normalna refleksija,  
[http://www.phy.pmf.unizg.hr/fizgeo/tonejc/geometrijska\\_optika1.pdf](http://www.phy.pmf.unizg.hr/fizgeo/tonejc/geometrijska_optika1.pdf)
- [5] Lom svjetlosti, <http://phy.grf.unizg.hr/pages/kolegiji/fizika-2/nastavni-materijali.php>
- [6] Lom svjetlosti na prizmi, <http://phy.grf.unizg.hr/pages/kolegiji/fizika-2/prirucnici.php>
- [7]/ [8] Konkavno zrcalo/konveksno zrcalo <https://gradivo.hr/pages/sferna-zrcala>
- [9] Razlike leća, Smartphone imaging technology and its applications (degruyter.com)
- [10] Razlike objektiva, <https://karltayloreducation.com/photography-course/lenses-focal-lengths/>
- [11] Prikaz mogućnosti leća mobilne kamere,  
<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/aot-2021-0023/html>
- [12] Razvoj leća kroz godine, <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/aot-2021-0023/html>
- [13] <https://www.seminarski-diplomski.co.rs/FIZIKA/Zakoni-optike.html>
- [14] <https://www.racunalo.com/usporedilica/samsung-galaxy-a72/>
- [15] [https://www.bhphotovideo.com/c/product/1383137-REG/canon\\_0506c002\\_xc10\\_with\\_lens\\_cap.html/specs](https://www.bhphotovideo.com/c/product/1383137-REG/canon_0506c002_xc10_with_lens_cap.html/specs)
- [16] <https://www.seminarski-diplomski.co.rs/FIZIKA/Optika.html>
- [17] <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/aot-2021-0023/html?lang=en>

[18] <https://www.kevinlj.com/camera-phone-vs-digital-camera-what-is-the-difference/#:~:text=Camera%20Phone%20vs%20Digital%20Camera%20Sensor%20Size,shot%20cameras%20have%20larger%20sensors.>