ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA INFORMAČNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Bakalářská práce

Porovnání technologie klasické a digitální fotografie

Autor: Tomáš Gregor
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Dana Vynikarová

© 2011 ČZU v Praze

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství

Akademický rok 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Gregor

obor Informatika

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Porovnání technologie klasické a digitální fotografie**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Technologie tvorby klasické a ditigální fotografie
4. Praktické porovnání digitální a klasické fotografie
5. Závěr
6. Seznam použitých zdrojů
7. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

[1] PECINOVSKÝ Josef, Skenery a jak skenovat, Brno : Computer Press, 2009, 1. vyd., 128 s., ISBN: 978-80-251-2492-5.

[2] LINDER Petr, MYŠKA Miroslav, TŮMA Tomáš, Velká kniha digitální fotografie, Brno: Computer press, 2008,
3. aktualiz. vyd., 271 s., ISBN 978-80-251-2005-7.

[3] SCOTT Kelby, Digitální fotografie, Brno: Zoner Press, 2007, 1. vyd., 240 s., ISBN 978-80-86815-56-5.

[4] JOHN Freeman, Fotografie v praxi, Čestlice: Rebo Productions, 2000, 2. vyd., 254 s., ISBN 80-7234-141-3.

[5] SCHAUB George, Černobílá fotografie - digitální úpravy pro dokonalý tisk, Brno: Zoner Press, 2007, 1. vyd., 160s., ISBN 978-80-86815-59-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Dana Vynikarová**

Termín odevzdání bakalářské práce: březen 2011

.....
Vedoucí katedry

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Provozně ekonomická fakulta

.....
Děkan

V Praze dne: 28. 2. 2011

Evidováno děkanátem PEF pod č.j.: KII-208-10B

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Porovnání technologie klasické a digitální fotografie“ vypracoval samostatně na základě uvedené literatury a po odborných konzultacích s vedoucí práce Ing. Danou Vynikarovou.

V Praze dne 21. března 2011

Tomáš Gregor

Poděkování

Děkuji Ing. Daně Vynikarové, vedoucí mé bakalářské práce, za odborné vedení a cenné rady, které mi pomohly při zpracování této práce. Dále děkuji své přítelkyni, Janě Šmídové, za cenné připomínky a rodině za trpělivost a podporu.

Porovnání technologie klasické a digitální fotografie

Souhrn:

Tato bakalářská práce je zaměřena na porovnání technologie klasické a digitální fotografie. Na začátku pojednává o vývoji fotografie od prvopočátku, přes vynalezení kinofilmu, až po vznik digitální fotografie. Popisuje hlavní fotografické procesy předcházející vzniku klasické fotografie a uvádí nejdůležitější jména s nimi spojená. Navazuje vysvětlením principu snímání obrazu analogovým a digitálním fotoaparátem a dále se blíže věnuje snímacím senzorům. Závěrečná praktická část poukazuje na některé odlišnosti fotografie pořízené analogovým a digitálním fotoaparátem, výhody a nevýhody digitálního fotografování v porovnání s analogovým.

Klíčová slova:

Digitální fotografie, klasická fotografie, historie fotografování, snímací senzory, CCD, CMOS, komprese dat, kvalita snímku

Comparison of technology of analog and digital photograph

Summary:

This Bachelor thesis focuses on comparing of technology of analog and digital photograph. At the beginning it deals with the development of photography from the very beginning, through the invention of the photographic film, to the emergence of digital photography. It describes the main photographic processes prior to the emergence of classical photography and shows the most important names associated with them. It is followed by an explanation of the principle of capturing picture by analog and digital camera and then it a closer discusses sensors. The final, practical part points to some differences of photographs taken by analog and digital camera and the advantages and disadvantages of digital photography compared to analog photography.

Key words:

Digital photograph, analog photograph, history of photography, senzors, CCD, CMOS, compression of data, image quality

Obsah

1. Úvod ..... - 9 -

2. Cíl práce a metodika ..... - 10 -

3. Technologie tvorby klasické a digitální fotografie ..... - 11 -

3.1. Historie a vývoj fotografie ..... - 11 -

3.1.1. Počátky ..... - 11 -

3.1.2. Vývoj fotografického procesu ..... - 12 -

3.1.2.1. Heliografie ..... - 12 -

3.1.2.2. Daguerrotypie ..... - 13 -

3.1.2.3. Kalotypie ..... - 14 -

3.1.2.4. Kolodiový (mokrý) proces ..... - 15 -

3.1.2.5. Negativní film ..... - 16 -

3.1.2.6. Barevná fotografie ..... - 16 -

3.1.3. Historie fotoaparátu ..... - 18 -

3.1.4. Historie digitální fotografie ..... - 20 -

4. Princip snímání obrazu ..... - 21 -

4.1. Filmová emulze ..... - 21 -

4.2. Snímací senzory ..... - 21 -

4.2.1. A/D převodník ..... - 23 -

4.2.2. Obrazový procesor ..... - 24 -

4.2.3. Interpolace ..... - 25 -

4.2.4. Typy senzorů ..... - 26 -

4.2.4.1. CCD ..... - 26 -

4.2.4.2. Super CCD ..... - 27 -

4.2.4.3. CMOS ..... - 28 -

4.2.5. Formáty obrazových dat a komprese ..... - 29 -

4.2.5.1. JPEG ..... - 30 -
4.2.5.2. TIFF ..... - 30 -
4.2.5.3. RAW ..... - 31 -
4.3. Vlastnosti snímacích senzorů ..... - 32 -
4.3.1. Barevná hloubka ..... - 32 -
4.3.2. Rozlišení ..... - 32 -
4.3.3. Citlivost ..... - 35 -
4.3.4. Šum ..... - 36 -
5. Praktické porovnání digitální a klasické fotografie ..... - 39 -
5.1. Porovnání fotografií ..... - 39 -
5.1.1. Za šera ..... - 40 -
5.1.2. Za denního světla ..... - 42 -
5.1.3. Za umělého osvětlení ..... - 43 -
5.2. Výhody a nevýhody digitálního fotografování ..... - 46 -
5.2.1. Přednosti digitální fotografie ..... - 46 -
5.2.2. Nevýhody digitální fotografie ..... - 47 -
6. Závěr ..... - 49 -
7. Seznam použitých zkratek ..... - 50 -
8. Seznam literatury ..... - 51 -
9. Seznam obrázků ..... - 55 -

1. Úvod

V dnešní době se s fotografií můžeme setkat téměř všude, ať při cestě do zaměstnání, do školy, při čtení novin nebo při brouzdání na internetu. Fotografie se stala nedílnou součástí našeho života a bez ní bychom si asi už jen málo dokázali náš život představit.

Málokdo ví, čím vším musel její vývoj projít, než přišla možnost jednoduše naše fotografie, ať z dovolených či umělecky vytvořené, přetáhnout přes propojovací kabel do počítače a dále je zpracovat pro různá využití. Aby toto bylo dnes možné, bylo zapotřebí chemických znalostí, pokusů a někdy i náhod při vzniku klasické fotografie. Na jejím vývoji měla podíl řada vynálezců, kdy každý vnesl do vzniku fotografie své znalosti a poznatky získané pokusy, ať už úspěšnými či neúspěšnými. Není to tak dávno, kdy pro vznik fotografie byl zapotřebí chemický proces. Dnes však málokdo bere kinofilm jako součást pro tvorbu vlastních fotografií. Spíše si představí něco, co už je historií a nevěnuje tomu větší pozornost. Přitom samotný proces od vložení filmu do fotoaparátu po jeho vyfotografování, ať už s použitím kompaktního či zrcadlového fotoaparátu, měl své kouzlo a ne každému se povedlo udělat opravdu kvalitní fotografie. V dnešní době sice můžeme díky digitálním technologiím jednodušeji a pohodlněji fotografovat a flexibilně nastavovat různé parametry obrazu, avšak s příchodem všelijakých nastavení a automatických režimů na fotoaparátu se vytrácí nutkání počkat si na správný okamžik a záběr, abychom poté měli větší radost z pořízených fotografií. Na druhou stranu ne vždy se podaří vybranou scénu vyfotografovat na kinofilm k našim představám a ne vždy je možnost záběr znova uskutečnit. Tyto nevýhody se nám s příchodem digitálních fotoaparátů minimalizují, jelikož nejsme např. omezeni počty snímků, jako tomu je u kinofilmu, nebo nemusíme čekat až dofotografujeme film o citlivosti 200 ISO, abychom mohli použít film s citlivostí 400 ISO.

2. Cíl práce a metodika

Hlavním cílem této bakalářské práce na téma „Porovnání technologie klasické a digitální fotografie“ je poskytnout čtenáři ucelený pohled na vývoj fotografického procesu, jenž je v odborné literatuře často opomíjen, případně shrnut do pár odstavců. Dále ho seznámit s principem digitálního snímání obrazu ve zjednodušené a srozumitelné formě, doplněné o názorné obrázky. V neposlední řadě poukázat na hlavní přednosti a nedostatky digitálního fotografování v porovnání s analogovým, se kterými se může fotograf během své práce setkat.

Práce je rozdělena na dvě části. První teoretická část se nazývá „Technologie tvorby klasické a digitální fotografie“ a je rozdělena na dvě kapitoly. První kapitola je věnována historii fotografování. Pojednává o prvopočátcích fotografie a následujícím dlouhém a složitém vývoji fotografických procesů až do vynalezení kinofilmu a následně digitální fotografie. V druhé kapitole je pojednáno o principu snímání obrazu. Podrobně jsou vysvětleny jednotlivé etapy zachycení obrazu od dopadu světla na senzor, přes digitalizaci vzniklého náboje, až po následné zpracování snímku obrazovým procesorem. Dále jsou popsány snímací senzory, především CCD a CMOS. Jsou v ní rovněž zmíněny další problematiky spojené s fotografováním, jako je šum, nebo datové formáty používané pro fotografie.

Druhá část s názvem „Praktické porovnání digitální a klasické fotografie“ je praktickou částí a obsahuje dvě kapitoly. V první jsou porovnávány snímky pořízené analogovým a digitálním fotoaparátem za denního světla, za šera a za umělého osvětlení. V druhé kapitole jsou zmíněny hlavní výhody a nevýhody digitálního fotoaparátu v porovnání s analogovým, se kterými se autor v průběhu fotografování setkal.

Literární rešerše je vypracována na základě odborné literatury a také odborných článků na webových stránkách uvedených v seznamu literatury. Při zpracování praktické části byly využity nabyté vědomosti a vlastní zkušenosti s fotografováním.

3. Technologie tvorby klasické a digitální fotografie

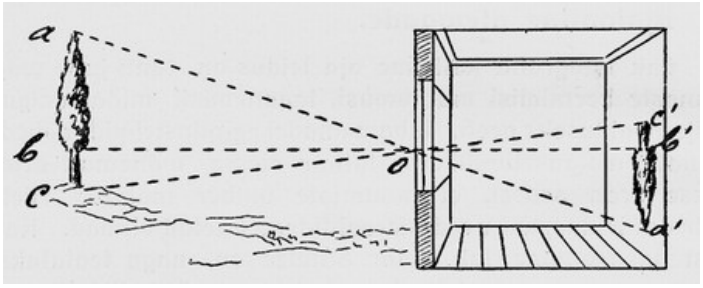
3.1. Historie a vývoj fotografie

3.1.1. Počátky

V dnešní době si už asi ani nedokážeme představit život bez všech „vymožeností“, mezi které můžeme zařadit také digitální fotografii. Fotografie zasahuje do různých odvětví. Lze ji využít nejen mezi umělci, v novinách, ve světě výpočetní techniky, ale také v lékařství, přírodovědě a dalších oborech.

Přestože je fotografie tak rozšířeným pojmem, povědomí o tom, kdo byli průkopníky a vynálezci fotografického procesu, moc lidí nemá. Název fotografie pochází z řečtiny a lze ho přeložit jako „kreslení světlem“[1]. Toto pojmenování pravděpodobně poprvé použil v roce 1839 sir John F.W. Herschel. [2]

Počátky vývoje fotografie lze spatřit již 350 př.n.l. ve starověkém Řecku, kdy si Aristoteles všiml, že světlo procházející otvorem do tmavé místnosti zobrazí na protější zdi převrácený obraz toho, co je venku.



Obr. 1Princip snímání (Převzato z <http://www.digimanie.cz/art_doc-BBF913FF6AADB854C12572A20046586E.html>)

Mnohem později, v roce 1342, byl poprvé popsán přístroj, který byl na tomto principu postaven, tzv. Camera Obscura. Byla to krabice s malým otvorem, kterým procházelo světlo a které zobrazilo na protější stěně převrácený obraz toho, co bylo před otvorem. Ale načrtnut byl až v roce 1519 Leonardem da Vinci. Zpočátku tento přístroj našel uplatnění především u malířů, kteří ho využívali pro usnadnění a zpřesnění

[1] phos = světlo; graphis = štětec

své práce, tedy zachycování objektů na plátno – promítaný obraz jednoduše obkreslili uhlem. Později byl využíván také cestovateli, kterým byl pomocníkem při skicování krajin a staveb. K vylepšení přístroje došlo vložením zrcadla a následně vložením jednoduché spojné čočky do otvoru, což vedlo ke zvýšení světelnosti. O pár let později byla přidána clona regulující množství vstupujícího světla a zlepšující ostrost. 8

Obr. 2 Camera Obscura (Převzato z [8])

Ovšem dříve než mohl být tento vynález nazván fotoaparátem a dříve, než mohla vzniknout první fotografie, musel být vyřešen problém, jak tento obraz zachytit a zvěčnit na papír. Proto byl velice důležitý následující vývoj probíhající po chemické stránce, kdy byly zkoumány chemické sloučeniny citlivé na světlo. Zlom nastal objevením vlastností solí stříbra, když Johan Heinrich Schulze v roce 1727 dokázal, že tyto sloučeniny mění svou barvu působením světla a jsou tedy citlivé na světlo. Konkrétně se jednalo o dusičnan stříbrný, který vlivem UV záření zčerná a chlorid stříbrný, který na světle změní barvu na modrozelenou. [2]

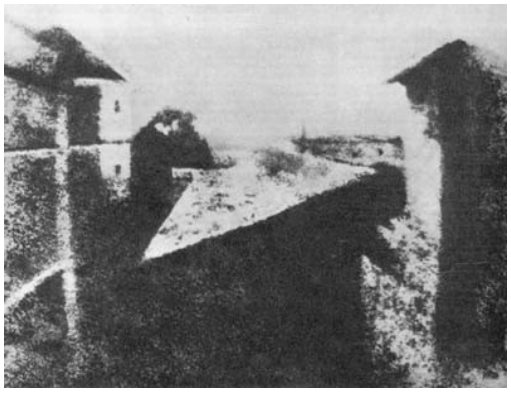
3.1.2. Vývoj fotografického procesu

3.1.2.1. Heliografie

Jako poprvé obraz na papír zachytil v roce 1816 Joseph Nocéphore Niepce. Před expozicí namočil papír do roztoku chloridu sodného a následně do roztoku dusičnanu stříbrného (tím se vysrážel chlorid stříbrný). Takto upravený papír vložil do camery obscury a nechal jej exponovat. Sice se na papíru objevil negativní obraz, ten však postupně zčernal celý, protože ho v té době ještě neuměl ustálit a proto nedokázal zabránit pokračující expozici.

Niepce se ovšem nevzdával a v pokusech pokračoval dál. V experimentech se zaměřil především na desky z různého materiálu potřené asfaltem. Úspěch slavil v roce 1822, kdy se mu podařilo obraz nejen zachytit, ale také ustálit na asfaltem potřené skleněné desce, ten se ovšem nedochoval. Nejstarší dochovaná fotografická reprodukce pochází z roku 1825, která byla zhotovena na měděné desce a jedná se o kopii rytiny „muže vedoucí koně“[2].

Ovšem ještě do roku 2002 se věřilo, že nejstarším dochovaným snímkem je „Pohled oknem do dvora“[3] z roku 1825. Obraz byl exponován na cínové desce potřené asfaltem. Ten na osvětlených místech ztvrdl a tím zbělal. Neosvětlená místa se setřela roztokem levandulového oleje a terpentýnu a tím získala tmavou barvu podkladové desky. Expozice trvala 8 hodin, a proto mohly být tímto způsobem zachycovány pouze nehybné předměty. Dlouhá expozice byla překážkou širšího rozšíření a využití. Tento fotografický proces je nazýván heliografie. [4], [6]



Obr. 3 Muž vedoucí koně (Převzato z <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/1885093.stm>)
Obr. 4 Pohled oknem do dvora (Převzato z <http://www.fotografovani.cz/art/d_trendy/hist_1.html>)

3.1.2.2. Daguerrotypie

Na Niepceho experimenty s roztoky citlivé na světlo navázal Louis Jacquese Mandé Daguerre. Používal stříbrné desky, které vystavil parám jódu. Pomocí nich se na desce vytvořila vrstva jodidu stříbrného citlivého na světlo. Tu nechal exponovat cca 15 minut a deska na osvětlených částech ztmavla. Hned po expozici vyvolal v temnotě latentní obraz

[2] Je uložena ve francouzské národní knihovně.
[3] Je uložena ve sbírce texaské univerzity v Austinu

působením páry rtuti (tzv. vývojka) a tím obrat zbělal[4]. Zachycený obraz následně ustálil roztokem kuchyňské soli, později pak roztokem thiosíranu sodného[5]. Tato metoda byla pojmenována daguerrotypie.

Nespornou výhodou této metody ve srovnání s heliografií byla ostřejší fotografie s krátkou expozicí trvající jen pár minut. Avšak také tato metoda měla své nevýhody, především vysokou citlivost na dotek, po kterém se fotografie rozmazala (proto byly fotografie dávány za sklo). Obrázek byl zrcadlově převrácen, nebylo možné ho zkopírovat a jeho zhotovení bylo pracné, drahé a použité chemické látky byly vysoce toxické.

Zde je nejstarší dochovaná daguerrotypie z roku 1837 „Zátiší v pracovně“ (vlevo) a nejstarší dochovaná česká daguerrotypie z roku 1840 „Pošta v Litomyšli“ (vpravo): [4]

Obr. 5 Zátiší v pracovně (Převzato z [4])
Obr. 6 Pošta v Litomyšli (Převzato z <http://www.fotografovani.cz/art/df_trendy/daguerrotypie.html>)

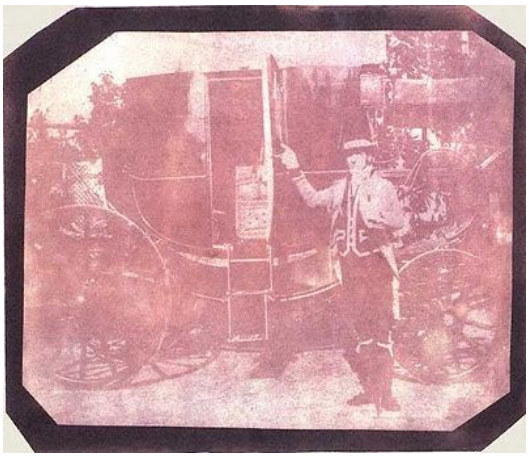
3.1.2.3. Kalotypie

Na vývoj navázal William Henry Talbot, vynálezce techniky zvané kalotypie[6]. Ta spočívala v tom, že se kus papíru potřel roztokem dusičnanu stříbrného a poté roztokem jodidu draselného[7]. Před exponováním následovalo potření směsí roztoku dusičnanu a kyseliny duběnkové (gallové), čímž se zvýšila citlivost na světlo a zkrátila doba exponování. Po expozici bylo potřeba negativ vyvolat při světle svíčky v roztoku kyseliny

[4] Daguerre na tuto metodu přišel zcela náhodou, kdy ve své skříni odložil osvětlenou desku a až po nějaké době si náhodou všiml, že se na ní udělal zřetelný obraz. Prozkoumáváním skříně postupně zjistil, že na osvětlených místech se usadila pára rtuti, která se ve skříni rozlila z rozbité láhve.
[5] Těmito roztoky se z desky smyl jodid stříbrný, který zůstal na neosvětlených místech, a tím se zabránilo pokračující expozici (tmavnutí obrazu).
[6] Rok 1839
[7] Tím se vysrážel jodid stříbrný.

duběnkové a dusičnanu stříbrného a ustálit v roztoku thiosíranu sodného. Tím vznikl negativ, který mohl být libovolněkrát zkopírován na pozitiv. Pozitiv se zhotovil tak, že jiný papír se připravil stejným způsobem, položil se na něj negativ a nechal se na slunci osvětlit. Poté se stejným způsobem vyvolal a ustálil.

Velkou přednostní oproti daguerrotypii byla možnost pořizovat kopie, i podstatně nižší náchylnost na poškrábání. Dále měla fotografie teplejší tóny. Většímu rozšíření této techniky ovšem bránil patent, který si Talbot nechal udělit. Dalším nedostatkem byla nepravidelná struktura vláken papíru, která byla vidět také na výsledné fotografii. [7]



Obr. 7 Lokaj, rok 1840, expozice trvající 3 minuty
(Převzato z <http://www.photographymuseum.com/coachlg.html>)

3.1.2.4. Kolodiový (mokrý) proces

O pár let později, v roce 1851, byly daguerrotypie a kalotypie nahrazeny kolodiovým procesem, jehož vynálezcem byl Frederick Scott Archer. Tento proces je rovněž nazýván mokrým procesem, protože expozice byla prováděna za mokra. Skleněná deska byla potřena kolodiem obsahující jodid draselný a bromid draselný, poté namočena na několik minut do roztoku dusičnanu stříbrného. Tím se na desce vytvořila vrstva jodidu stříbrného citlivého na světlo. Aby se nesnížila citlivost, musela být deska exponována mokrá. Ihned po expozici bylo nutné desku vyvolat v temné komoře v roztoku síranu železnatého, ustálit v kyanidu draselném nebo v thiosíranu sodném a nakonec vyprat, usušit a přelakovat. Tímto procesem vznikl negativ, ze kterého se daly zhotovovat pozitivy. Největší předností této metody byla vysoká citlivost a tím expozice trvající jen několik vteřin, nízká cena

pořízení, i možnost neomezeného a kvalitního kopírování. Na druhou stranu značnou nevýhodou byl mokrý způsob exponování, kdy musely být desky připraveny až na místě, aby zůstaly mokré. [4]

Obr. 8 Krymská válka, Roger Fenton, rok 1855
(Převzato z <http://www.fotografovani.cz/art/df_trendy/hist_1.html>)

3.1.2.5. Negativní film

Proces zdokonalil v roce 1871 Richard Leach Maddox, který přešel z mokrého na suchý proces používáním bromostříbrných desek s želatinovou emulzí. Toho využil George Eastman, který tyto desky začal v roce 1880 průmyslově vyrábět. Jedinou větší nevýhodou byla nutnost po každé expozici desku vyměnit.

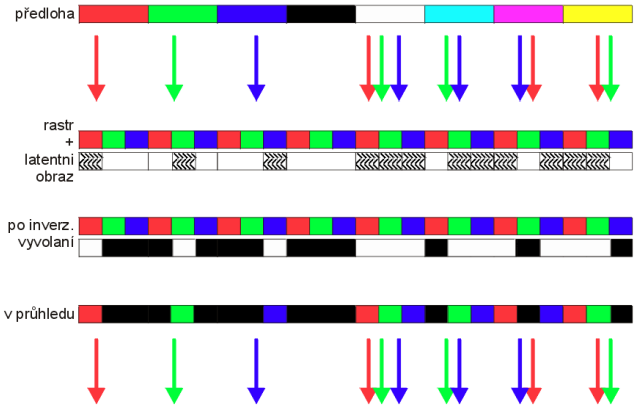
K vylepšení došlo v roce 1887, kdy Hannibal Goodwin vynalezl film, bromostříbrné negativy. Nic už nebránilo hromadnému rozšíření černobílé fotografie.

3.1.2.6. Barevná fotografie

Podstatou světla a vznikem barev se zabýval již Isaac Newton v knize Opticks z roku 1704. Prvotní barevné procesy vycházely z aditivního rozkladu světla na jednotlivé barvy pomocí filtrů. V roce 1861 popsal Maxwell James Clerk princip barevné fotografie. Vysvětlil, jak vzniká barevné spektrum mícháním tří základních barev, červené, zelené a modré (RGB). Na jeho poznatky navázal Louis Ducos du Hauron, který zkoumal způsob,

jak zaznamenat barevnou fotografii pomocí subtraktivního[8] a aditivního[9] míchání barev. Jeho metoda byla ovšem složitá a nákladná a moc se nerozšířila. [11]

Jako první komerčně vyráběný barevný fotografický materiál se stal vynález bratrů Lumiérových z roku 1903, tzv. autochrom. Jednalo se o autochromové desky využívající aditivní bodový rozklad barev. Byly používány inverzní průsvitné desky, na které se nanesl nepravidelný barevný rastr[10]. Předností autochromu byla stálost barev a vysoká životnost. Nevýhodou této techniky byly vysoké náklady na pořízení, pracnost, nízká citlivost a nemožnost obraz kopírovat. [5], [9]

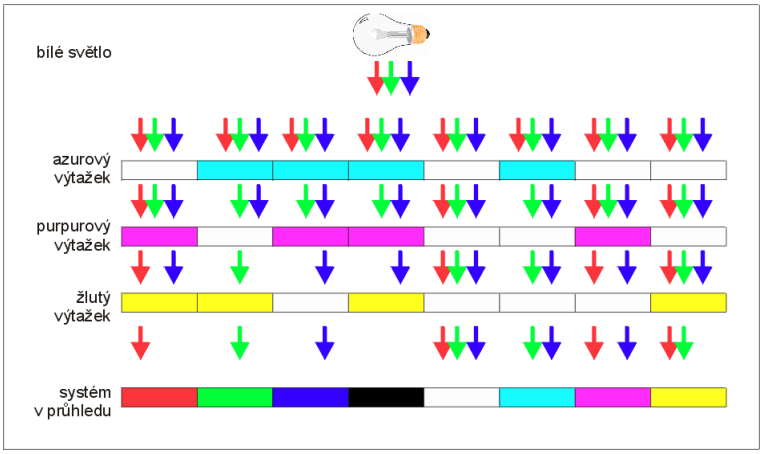


Obr. 9 Princip autochromu (Převzato z [9])

Později bylo využití aditivního rozkladu světla nahrazeno procesy, při kterých se používaly barevné vícevrstvé materiály a subtraktivní režim míchání barev. Český vynálezce Karel Schinzel vyvinul a v roce 1905 získal patent na katachromii. Jde o technologický proces, kdy je při vyvolávání snímků použit fotografický materiál se třemi citlivými vrstvami, z nichž jedna je citlivá na modré světlo, druhá na zelené a třetí na červené. Složením těchto tří obrazů vznikne výsledná barevná fotografie. Tohoto objevu využila při vývoji barevných filmů americká firma Kodak[11], která tento postup dále ještě

[8] Subtraktivní míchání barev – mícháním barev jsou barvy od sebe odčítány. Základní barvy jsou azurová, purpurová a žlutá (barevný režim CMY).
[9] Aditivní míchání barev – míchají se vyzařovaná světla a vytváří se světlo větší intenzity. Základní barvy jsou červená, zelená, modrá (barevný režim RGB).
[10] Na počátku byly autochromové desky zhotovovány tak, že se skleněné desky potřely včelím voskem, pomocí kterého se na desku přichytila miniaturní zrníčka základními barvami RGB obarveného škrobu.
[11] Na tomto objevu stavěla rovněž německá firma Agfa, která začala vyrábět barevný film Agfacolor.

zdokonalila. V roce 1935 představila barevný film Kodakchrome, využívající subtraktivního míchání barev, který vyráběla až do roku 2009[12]. [8], [10]



Obr. 10 Subtraktivní barevná reprodukce (Převzato z [10])

3.1.3. Historie fotoaparátu

Společně s vývojem fotografických postupů se vyvíjel a zdokonaloval fotoaparát. Jak již bylo zmíněno, předchůdcem fotoaparátu byla camera obscura.

První přístroj, který lze považovat za fotoaparát (který dovedl zachytit obraz), vynalezl Joseph Nicéphore Niepce. Byl složen ze dvou dřevěných skříněk. V jedné byly čočky, v druhé matnice (skleněná deska) a mezi nimi byl měch, který sloužil k zaostření fotoaparátu.

Ovšem komerčně vyrábět a prodávat se začal až v roce 1839 fotoaparát Daguerra. Přístroj měl velké rozměry a o jeho výrobu se staral Daguerrův příbuzný Alphonsem Girouxem. Dnes existuje na světě pár kousků a její cena se pohybuje kolem 1 milionu dolarů. Každý z nich byl Daguerrem podepsán, což ještě zvyšuje jeho hodnotu. [4]

[12] V roce 2009 ukončila výrobu kvůli klesající poptávce

Obr. 11 Daguerra (Převzato z <http://www.novacon.com.br/odditycameras/giroux.htm>)

V roce 1888 začala firma Eastman Dry Plate Company vyrábět přenosné fotoaparáty Kodak, které v sobě obsahovaly svitek na 100 snímků, a po jeho vyfotografování se přístroj zaslal do firmy, kde byly ze svitku vyhotoveny fotografie.

Obr. 12 Kodak, rok 1888 (Převzato z <http://dc.about.com/od/photosofmuseums/ig/NMAHPictures/kodak_camera.htm>**)**
Obr. 13 Kodak, rok 1903 (Převzato z <http://www.gilai.com/product_292/Pocket-Kodak-Camera.-No.-3-model-A>)

V roce 1925[13] byl na trh uveden firmou Leitz první kinofilmový fotoaparát Leica, který používal 35mm kinofilm a který byl velmi oblíben mezi profesionálními fotografy i novináři.

Obr. 14 Fotoaparát Leica (Převzato z [13])

[13] První prototyp byl sestaven již v roce 1913

Další převratnou novinkou se stal Polaroid fotoaparát, který vyvinul Erwin Herbert Land a roku 1946 na něj obdržel patent. Tento fotoaparát fotografuje na instantní (okamžitý) film a vyvolání a kopie na fotopapír probíhá uvnitř přístroje, který tak vyprodukuje hotovou fotografii do několika minut, aniž by bylo nutné další zpracování. [13]

3.1.4. Historie digitální fotografie

Přelom nastal v roce 1969, kdy George Smith a Willard Boyle vynalezli CCD snímač. Dochází k nahrazení filmu CCD snímačem, programovým vybavením a paměťovým médiem.

Princip digitálního pořízení fotografie spočívá v promítnutí obrazu na plochu senzoru přes optické čočky. Následuje převedení světelné energie ze snímaného prostoru na elektrický signál a ten je následně převeden pomocí převodníků na datový proud. Datový proud je pak převeden pomocí mikroprocesorů do formátu používaného pro záznam obrazových dat, např. jpeg, a uložen na paměťové médium.

Ještě před využitím CCD snímačů u digitálních fotoaparátů byla tato technologie využívána u televizní kamery Mavica od společnosti Sony, kterou začala komerčně nabízet v roce 1981. Tato kamera zaznamenávala statické obrázky na mini disk.

První plně digitální fotoaparát Fuji DS-1P byl představen v roce 1988, zaznamenával pořízené fotografie na 16 MB kartu a ještě v sobě neměl zabudovaný displej. První digitální zrcadlovkou byl Kodak DCS-100 s rozlišením 1,3 MPix a prodejní cenou 300 tis. Kč. Cenově dostupný digitální fotoaparát Apple QuickTake 100 se na trhu objevil v roce 1994 a stal se prvním masově komerčně prodávaným digitální fotoaparátem. [14]

V polovině 90. let se na výrobu digitálních fotoaparátu zaměřily i další firmy. Urychlil se tak technologický vývoj, došlo k poklesu ceny digitálních fotoaparátů a tím k rychlému rozšíření mezi lidi a postupnému vytlačování kinofilmových fotoaparátů. Vývoj se nezastavil ani dnes. Stále přicházejí na trh digitální fotoaparáty s novějšími technologiemi, které umožňují pořídit kvalitnější snímky a rozšiřují funkčnost fotoaparátu. Fotoaparáty se zmenšují a tím snižují svou váhu. Hitem posledních let jsou zabudované digitální fotoaparáty v mobilních telefonech.

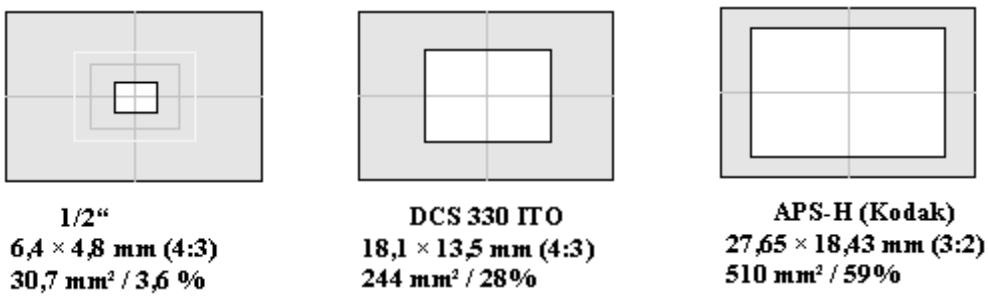
4. Princip snímání obrazu

4.1. Filmová emulze

U analogových fotoaparátů je dopadající světlo zachyceno v tenké vrstvě halogenidů stříbra[14] citlivých na světlo, kde následně začnou probíhat chemické reakce. V exponovaných částech filmu dochází k neviditelné změně halogenidů stříbra a vzniká tzv. latentní (skrytý) obraz. V dalším kroku dojde působením vývojky[15] ke zviditelnění latentního obrazu. Aby na filmu nedocházelo k dalším chemickým reakcím po kontaktu se světlem, musí se film ustálit, čímž se rozpustí neosvětlené halogenidy stříbra. Tím vzniká negativ a v posledním kroku se z něho zhotoví pozitiv, neboli výsledná fotografie. [19]

4.2. Snímací senzory

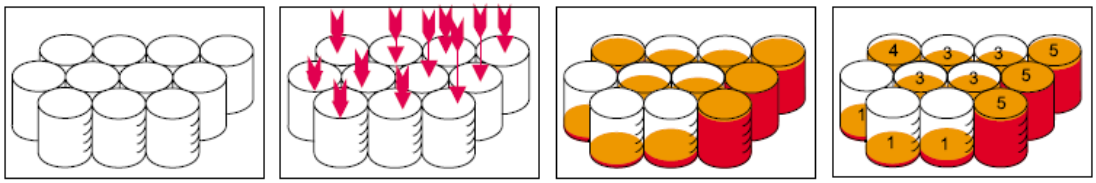
Hlavní odlišností digitálního fotoaparátu od klasického je nahrazení filmu snímacím prvkem. Jedná se o miniaturní destičku obsahující světlocitlivé polovodičové buňky. Buněk je na senzoru miliony, čím je jich více, tím více detailů bude pořízený snímek obsahovat. Velikost snímače u většiny fotoaparátů je menší, než políčko kinofilmu. U kompaktů se nejčastěji pohybuje mezi 5,76 x 4,29 mm a 7,18 x 5,32 mm, u zrcadlovek většinou kolem 23,7 x 15.7, ale lze se již setkat s velikostí odpovídající plnému políčku kinofilmu 36 x 24[16]. [31]



Obr. 15 Porovnání plochy senzoru s políčkem kinofilmu (šedá) (Převzato z [31])

[14] Krystalky stříbrných solí
[15] Roztok, který způsobí přeměnu osvětlených krystalků stříbrných solí na černé kovové stříbro.
[16] Např. Canon EOS 5D Mark II

Při expozici prochází světlo objektivem a dopadá na snímací senzor. Z buněk jsou dopadem fotonů světla vyraženy elektrony a tím vzniká elektrický náboj. Čím jasnější je dopadající světlo, tím větší náboj vznikne. Buňky dokážou takto rozlišit pouze intenzitu světla (jas), ne už vlnovou délku světla (barvu).



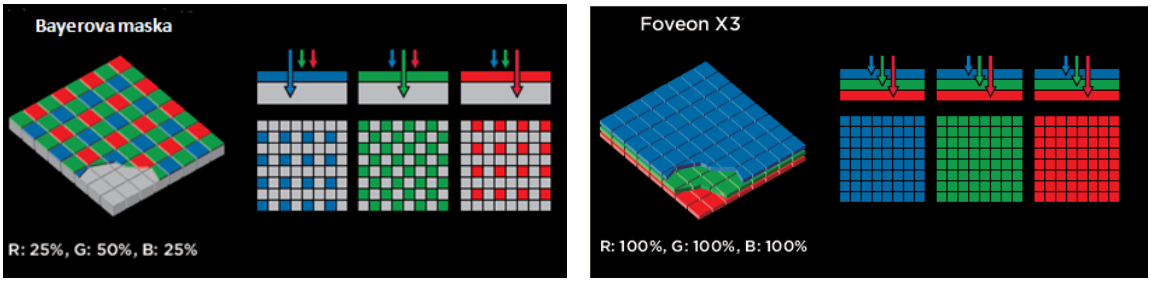
Obr. 16 Vznik elektrického náboje (Převzato z [21] , str. 31)

Aby mohla být kromě jasu zaznamenána také informace o barvě, je před každou buňku umisťován filtr v jedné ze tří základních barev RGB. Nejčastěji se používá tzv. Bayerova maska[17], která je složena z pravidelně se střídajícího zeleného, modrého, zeleného a červeného filtru. Napodobuje vnímání barev lidským okem, přičemž vyšší citlivost na zelenou barvu, tak, jak je tomu u oka, je dosáhnuto dvojnásobným výskytem zeleného filtru. Princip je ten, že filtr propustí pouze tu část barevného spektra světla, která je ze stejného spektra jako filtr. Tzn. červený filtr propustí červenou část spektra, zelenou a modrou odrazí. Tím v jedné buňce vznikne elektrický náboj odpovídající intenzitě světla pouze zeleného spektra světla, v druhé pouze modrého a ve třetí pouze červeného. Každá buňka tak nese informaci o jasu a barevně pouze z 1/3 a pro vytvoření výsledného barevného pixelu je potřeba interpolace barev. [21], [23]

Jinou technologií, pomocí které lze zaznamenat informaci o barvě, je senzor typu X3, vyvinutý firmou Foveon a vycházejí z koncepce kinofilmu. Světlocitlivé buňky mají tři vrstvy, přičemž každá vrstva pohlcuje jednu základní barvu. Pro oddělení barev používá optické vlastnosti křemíku, kdy světlo o různé vlnové délce, a tím jiné barvě, proniká do odlišné hloubky. Buňka tak zachytí všechny tři barvy najednou a není potřebná následná interpolace barev. Výsledný snímek je kvalitní, obsahuje mnoho detailů a má vynikající podání barev. [22]

[17] Bayerovu masku vyvinul v roce 1976 Dr. Bryce Bayer, pracující pro firmu Kodak

Na následujícím obrázku je vidět princip obou technologií záznamu barevného světla.



Obr. 17 Senzor s Bayerovou maskou a Foveon X3 (Převzato z <http://www.thedphoto.com/gear-equipment/the-sigma-sd15-digital-slr-camera-now-in-stores-camera-review/>)

4.2.1. A/D převodník

Elektrický náboj, vzniklý dopadem fotonů světla na senzor, je poměrně malý. Aby jej bylo možné dále zpracovat, digitalizovat, je nutné ho nejprve zesílit zesilovačem. Velikost tohoto zesílení bude záviset na nastavené ISO citlivosti. Negativním jevem zesilování je vznikající šum, který s větším zesilováním narůstá.

Poté dochází ke změření velikosti elektrického náboje a k jeho převedení na číselný údaj prostřednictvím analogově/digitálního (A/D) převodníku. Tím dochází k převedení analogového signálu na digitální, k digitalizaci obrazu. Nejběžněji se používá 8bitový převod. Počet bitů je označován jako barevná hloubka a má vliv na dynamický rozsah. Při 8bitovém vzniká 256 odstínů barev, při 10bitovém 1.024, při 12bitovém 4.096 a při 14bitovém 16.384. Vyšší počet bitů nabízí plynulejší, jemnější přechod mezi jednotlivými tóny barvy a přesnější převod. JPEG formát umožňuje zaznamenat pouze 8 bitů, pokud tedy chceme zaznamenat vyšší barevnou hloubku, musí být signál převeden do datového formátu RAW. [20]

4.2.2. Obrazový procesor

Poté, co je elektrický náboj v A/D převodníku digitalizován, putuje do obrazového procesoru, kde je dále zpracováván do podoby finálního snímku. Obrazový procesor je součástí hardwaru digitálního fotoaparátu a jedná se o jednotku navrženou speciálně pro rychlé zpracování signálu ve fotoaparátu. S rostoucím rozlišením je čím dál více kladen požadavek nejen na kvalitu, ale i na výkonnost procesoru, který si snadno a rychle poradí s velkým objemem dat.

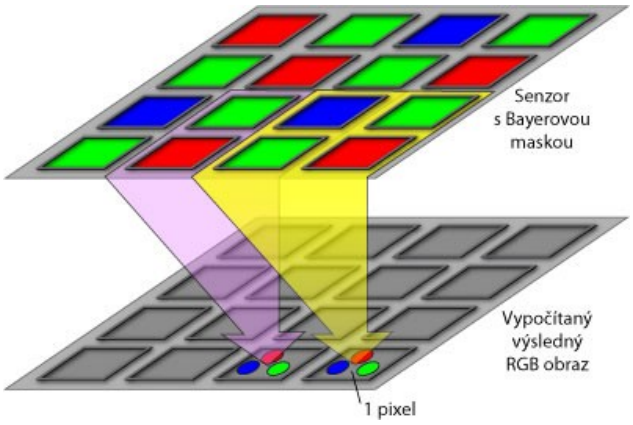
Procesor má na starost řadu operací, které podstatně ovlivňují výslednou kvalitu fotografie. Provádí interpolaci, redukci šumu a nastavuje další parametry obrazu, jako je vyvážení bílé, kontrast, sytost barev, ostrost, saturaci, přepočet rozlišení. Některé z těchto parametrů lze nastavit manuálně, do jaké míry je umožněno manuální nastavení závisí na typu fotoaparátu. Dále se stará o kompresi snímků nejčastěji do formátu JPEG, případně umožňuje snímek uložit na paměťovou kartu bez komprese ve formátu TIFF. Lepší fotoaparáty nabízejí možnost uložit surová, nezpracovaná data rovnou na paměťovou kartu ve formátu RAW tak, jak opustí A/D převodník bez úprav v obrazovém procesoru, a zpracovat je až ve specializovaných softwarech v počítači. [32]

Obr. 18 Princip zpracování digitálního obrazu (Převzato z [23])

4.2.3. Interpolace

Protože každá buňka nese barevnou informaci pouze o jedné ze tří složek barevného spektra[18], je potřeba vypočítat úplnou barevnou informaci pro výsledný obrazový bod interpolací minimálně tří sousedních buněk. O to se stará obrazový procesor. Ten porovnává číselné údaje o barvě a jasu sousedních buněk, tyto informace vyhodnotí a odhadne hodnotu jednoho pixelu. Hodnota každé buňky je tak použita vícekrát. Takto se postupuje pixel po pixelu a vzniká výsledný obrázek.

Existuje několik metod interpolace dávající různý výsledek. Nejjednodušší metodou je interpolace tzv. nejbližším sousedem, kdy se porovnávají čtyři sousední buňky tvořící čtverec, a výsledná hodnota vznikne spojením hodnot těchto buněk. Tato metoda však poskytuje horší výsledky, proto se v praxi používají složitější metody provádějící interpolaci na základě analýzy dat v okolí každého bodu. Mezi tyto specializované metody patří např. metoda detekce hran či lineární korekce barev, které lépe odrážejí realitu. Daní za lepší kvalitu je ovšem pomalejší zpracování díky náročnějšímu výpočtu. [23], [24][21]



Obr. 19 Interpolace obrazu při použití Bayerovy masky (Převzato z [23])
Obr. 20 Interpolace obrazu při použití Bayerovy masky (Převzato z [21], str. 34)

[18] Netýká se senzorů Foveon X3

4.2.4. Typy senzorů

Nejrozšířenější jsou dva typy senzorů, CCD a CMOS, které sice pracují na stejném principu, ale liší se v technologii výroby a ve způsobu přenosu náboje z buněk snímače.

Zatímco CCD senzory byly vyvinuty speciálně pro kamery a fotoaparáty a jejich výroba je soustředěna mezi pár výrobců, u CMOS senzorů se používá stejná výrobní technologie jako u hojně vyráběných procesorů, pamětí a dalších integrovaných obvodů.

Ještě nedávno trhu fotoaparátů dominovaly CCD senzory, protože poskytovaly podstatně lepší obraz. CMOS senzory měly vysoký šum a nízkou kvalitu obrazu. Proto nebyly moc rozšířeny a používaly se u levných fotoaparátů, přestože mezi velké přednosti CMOS senzorů patří mnohem nižší výrobní náklady, nižší spotřeba elektrické energie, i rychlá digitalizace obrazu.

Postupným vývojem se CMOS senzory neustále vylepšovaly a dnes již směle konkurují CCD senzorům. Naopak se začíná prosazovat opačný trend, ustupuje se od používání CCD ve prospěch CMOS, především u zrcadlových fotoaparátů a mobilních telefonů. [25]

4.2.4.1. CCD

CCD je zkratkou Coupled Charge Device a jedná se o senzor s nábojovou vazbou. CCD lze obecně rozdělit do dvou kategorií, na lineární CCD a plošné (maticové) CCD.

Lineární CCD se skládá z jediné řady buněk a je vhodný pro jednorozměrné snímání obrazu, kdy snímání v druhém rozměru je zajištěno jiným způsobem. Lze ho využít např. u scannerů, kdy se druhý rozměr získá pohybem snímače. Plošné CCD jsou složeny z řad světlocitlivých buněk a používají se všude tam, kde je potřeba snímat oba rozměry najednou, jak je tomu u fotoaparátů. [27]

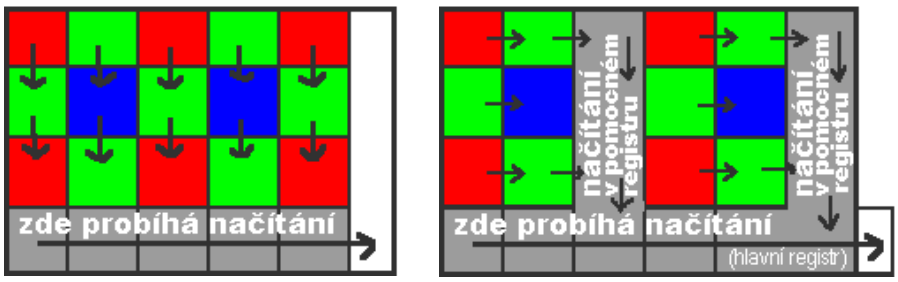
Dále existují tři základní způsoby, kterými lze náboje ze senzoru číst. A to progresivní čtení, prokládané čtení a plošné čtení.

Senzory s progresivním skenem mají sběrnici na okraji snímače. Informace z buněk jsou čteny po řádcích. Díky svázanosti nábojů je celá řada nábojů postupně posouvána

vždy o jeden řádek dolů až na okraj do posuvného registru, odkud se náboje posouvají do zesilovače a následně do A/D převodníku.

U senzorů s prokládaným skenem se buňky střídají s pomocnými registry. Náboje jdou nejprve po blocích do pomocných registrů a až ty ústí do hlavního registru. Tyto senzory jsou výrobně jednodušší než progresivní a proto levnější.

U senzorů s plošným skenem jdou všechny náboje najednou rovnou do přenosového registru. [20]



Obr. 21 Porovnání progresivního a prokládaného čtení elektrických nábojů
(Převzato z <http://www.digineff.cz/cojeto/ccd/ccd3.html>)

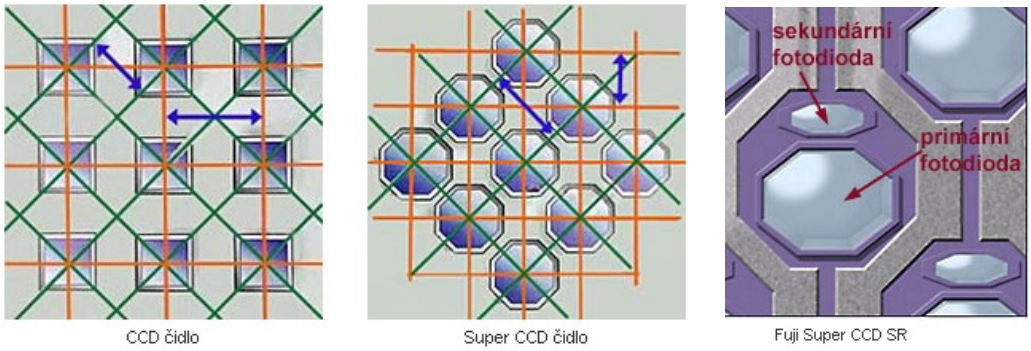
Největší předností CCD senzorů je vysoká světelná citlivost, vedoucí k lepší kvalitě obrazu i při špatném osvětlení a k nižšímu šumu. Mezi nevýhody patří vysoké výrobní náklady a tím vyšší prodejní cena, i vysoká spotřeba elektrické energie. Rychlost čtení je díky sekvenčnímu čtení nižší, čímž se prodlužuje doba načítání celého obrázku.

4.2.4.2. Super CCD

Hlavní odlišností Super CCD senzoru od CCD je odlišný tvar polovodičových buněk, který není čtvercový, ale osmiúhelníkový. Tím mohou být buňky umístěny blíže u sebe a zvyšuje se rozlišovací schopnost. Další předností tohoto zpracování je rychlejší načítání a lepší interpolace díky rovnoměrnějšímu pokrytí senzoru buňkami.

Snímací senzor Super CCD byl vyvinut v roce 1999 firmou Fuji, která jej v roce 2003 dále zdokonalila. Novější typ nese označení Super CCD SR a vylepšení spočívá přidáním do buňky druhé fotodiody. Primární fotodioda je větší a je nastavena na užší dynamický rozsah intenzity světla, a proto je citlivější. Sekundární fotodioda je menší

a je nastavena na nižší citlivost, což umožňuje změřit hodnoty ležící mimo rozsah primární fotodiody. Tento senzor najde uplatnění především při pořizování snímků s velkými kontrasty, kdy běžně vznikají přepálená místa a kde se pomocí této technologie dosáhne plynulého přechodu. [28], [29]

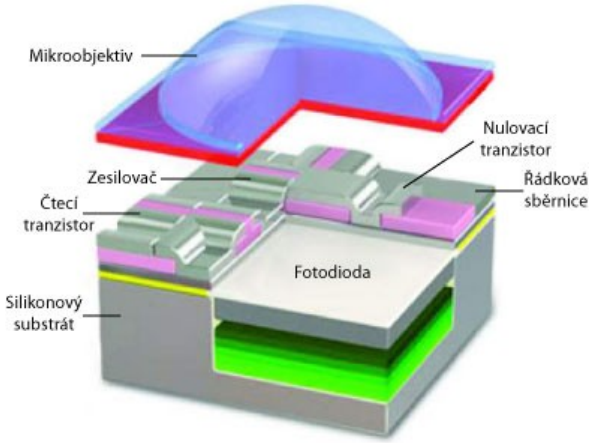


Obr. 22 CCD senzor, Super CCD senzor (Převzato z [28])
Obr. 23Super CCD SR (Převzato z [29])

4.2.4.3. CMOS

CMOS je zkratkou pro Complimentary Metal Oxide Semiconductor a jedná se o senzory s polovodiči s vrstvou kysličníku křemíku.

CMOS senzory jsou výrobně jednodušší a podstatně levnější než CCD. Přímo v senzoru jsou včleněny řídící elektronické obvody. Každá buňka má několik tranzistorů, svůj zesilovač, sběrnici a má svou souřadnici. Tím je umožněno číst přímo každou buňku zvlášť, což zvyšuje rychlost čtení.



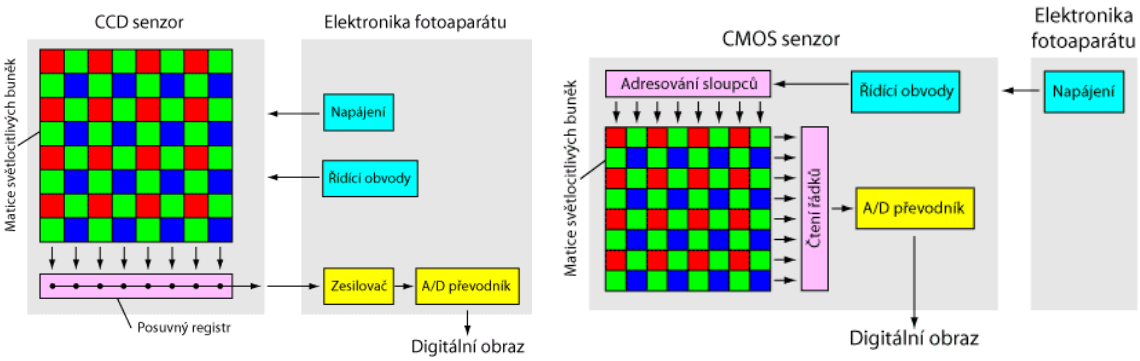
Obr. 24 Buňka CMOS senzoru (Převzato z [26])

Technologie přináší digitalizaci v jednom časovém okamžiku, nízkou spotřebu energie a díky jednoduší výrobě a nižším výrobním nákladům nižší prodejní cenu.

Avšak na druhou stranu je ubíráno místo citlivé části buňky (světlocitlivé fotodiodě), která tak musí být menší[19], což snižuje citlivost senzoru. Proto vyžaduje větší zesílení elektrického náboje zesilovačem a to vede k většímu šumu. Nižší citlivost na světlo se projevuje především za zhoršených světelných podmínek při delší expozici, kdy dochází k dalšímu nárůstu šumu.

V dnešní době je již vyvinuta technologie, které tento problém řeší vsazením mikroobjektivu (miniaturní čočky) před každou buňku, který koncentruje dopadající světlo na menší fotodiodu.

O rozšíření CMOS senzorů se zasadila firma Canon, která do vývoje tohoto typu senzorů investovala nemalé peníze. [25], [26]



Obr. 25 CCD senzor vs. CMOS senzor (Převzato z [26])

4.2.5. Formáty obrazových dat a komprese

Pokud bychom zpracovávali klasikou fotografii, pod pojmem formát bychom měli na mysli velikost políčka negativu nebo zvětšeniny. V digitálním světě pod tímto slovem rozumíme typ softwarového zpracování a uložení.

Nejpoužívanějším formátem pro ukládání fotografií je JPEG. Tento formát ovšem vzniká kompresí, což na jednu stranu vede k podstatně nižší velikosti uloženého obrázku než u nekomprimovaného, ale na druhou stranu má za následek ztrátu kvality. Proto lepší

[19] Světlocitlivá fotodioda zabírá přibližně pouze 1/3 plochy buňky.

fotoaparáty nabízejí svým uživatelům možnost použít pro ukládání také nekomprimovaný formát TIFF, který vytvoří soubor bez ztráty na kvalitě. Další možností je formát RAW, který ukládá surová data nezpracovaná obrazovým procesorem. [21]

4.2.5.1. JPEG

JPEG dává i přes určité ztráty na kvalitě vynikající výsledky, a je proto velice rozšířeným a oblíbeným formátem. Digitální fotoaparáty běžně nabízejí několik úrovní komprese a tím kvalitu výsledného snímku. I nejnižší stupeň komprese výrazně snižuje výslednou velikost obrázku, přičemž poskytuje u běžného snímku kvalitu srovnatelnou s formátem TIFF. Kompresí dochází k odstranění nepotřebných detailů. Zhoršení kvality se projevuje zejména u velkých ploch s jemnými, plynulými barevnými přechody, kde kompresí vznikají čtverečky[20], u textur se objevují nové vzorky a u kontrastních hran dochází k rozostření. Tyto vady jsou znatelná především u vyššího stupně komprese.

Velikost výsledné fotografie závisí nejen na nastavené míře komprese, ale také na obsahu fotografie. Komprimace bude menší u fotografie ostré, plné jemných detailů (pole, tráva, lesy), zatímco záběr s větší plochou rozostřeného pozadí bude komprimován více. JPEG umí pracovat pouze s 24bitovou barevnou hloubkou.

Zhoršení kvality běžného snímku je patrné až při větším zvětšení. Pro běžného uživatele převažuje výhoda výrazně nižší velikosti snímku a úspory místa na paměťové kartě před ztrátou malého množství detailů na obrázku. [33]

4.2.5.2. TIFF

U formátu TIFF nedochází ke kompresi, jedná se tedy o bezztrátový formát zachovávající všechny detaily o každém obrazovém bodu. TIFF ukládá pro každý pixel informaci o všech třech barevných kanálech a umožňuje pracovat i s jinou barevnou hloubkou než je 24bitová, a to až do 48bitové. Velkou nevýhodou tohoto formátu je značná velikost souboru, která závisí na rozlišení a barevné hloubce. Pokud bychom měli například fotografii o rozlišení 6 milionů pixelů a barevné hloubce 24 bitů, tj. 3 byty

[20] To je způsobeno metodou komprese.

na pixel, dostali bychom velikost souboru 17,16 MB[21]. S větší barevnou hloubkou pochopitelně místo potřebné pro uložení obrazu přímo úměrně roste. Značná velikost výsledného souboru způsobuje prodloužení času potřebného ke zpracování a uložení snímku. Není proto vhodný pro sekvenční snímání. Využití najde při následných složitějších úpravách, větších výřezech či velkoformátovém tisku. [21], [43]

4.2.5.3. RAW

RAW v překladu z anglického jazyka znamená surový. Vyjadřuje to, že data jsou uložena na paměťovou kartu tak, jak byla získána ze senzoru a nejsou v obrazovém procesoru dále nijak upravována. Protože nedošlo k interpolaci, nese každý pixel informaci o jasu pouze jednoho barevného kanálu, díky čemuž vzniká soubor menší velikosti než je TIFF. K hodnotám musí být navíc přidána informace o uspořádání Bayerovy mřížky, aby bylo možné provést interpolaci dodatečně. Výhodou je nižší velikost a rychlejší zápis díky nižšímu datovému toku i absenci interpolace, komprese a dalších obrazových úprav. Ty jsou provedeny až v počítači ve specializovaném programu, ve kterém lze použít propracovanější interpolační algoritmy dávající lepší výsledky než fotoaparát a nastavit další parametry obrazu, jejichž ovlivnění přímo ve fotoaparátu je omezené. Další výhodou je, že lze často zachránit snímky s přepaly, či podexponované fotografie.

Nevýhodou RAW je neexistence standardů pro ukládání do tohoto formátu. To má za následek to, že soubory pořízené z různých fotoaparátů mají různé přípony (např. NEF, CRW, ORF) a ne každý software si dokáže poradit se všemi typy. Další nevýhodou je potřeba následné editace a konverze do JPEG každé fotografie zvlášť. Práce se specializovanými softwary není jednoduchá a je-li v RAW pořízen větší objem snímků, značně se prodlouží čas potřebný pro jejich úpravu. [44]

[21] 3*6.000.000/1024/1024

4.3. Vlastnosti snímacích senzorů

4.3.1. Barevná hloubka

Barevnou hloubkou se rozumí jasové hladiny barevných kanálů a vyjadřuje množství barev, které lze na obrázku rozlišit. Je udávána v bitech, proto se lze rovněž setkat s názvem bitová hloubka. Větší barevná hloubka poskytuje jemnější přechod mezi jednotlivými odstíny a tím lepší a přesnější vykreslení detailů.

U digitálních fotoaparátů se nejběžněji používá 24bitová barevná hloubka, u které lze rozlišit 16,78 mil. barevných odstínů. Protože lidské oko běžně rozezná cca 10 mil. odstínů barev, je 24bitová[22] barevná hloubka bohatě dostačující. Dnes se již lze setkat s fotoaparáty umožňující pracovat s 36bitovou[23] barevnou hloubkou (68,7 mld. barevných odstínů) a při náročnější editaci, větších výřezech nebo velkoformátovém tisku se používá i 48bitová[24] barevná hloubka (281 475 mld. barevných odstínů).

Při 24bitové hloubce nese každá základní barva 8bitovou informaci o jasu a lze zde rozlišit 2^8, tj. 256 barevných odstínů daného barevného spektra. K popsání jednoho barevného pixelu je potřeba složit informaci o jasu všech 3 základních barev. Jeden pixel tak může mít 256^3, tj. 16,78 mil. barevných odstínů a má velikost 8*3, tj. 24 bitů (tzn. 3 byty), proto 24bitová hloubka. [33], [21]

4.3.2. Rozlišení

U každého fotoaparátu je jedním z uvedených parametrů počet megapixelů, kterými disponuje, přičemž se udává celkové a efektivní rozlišení. Rozlišením u fotoaparátů se má na mysli počet světlocitlivých buněk a rozlišením fotografie počet obrazových bodů. Obrazový bod se nazývá pixel a nese informaci o barvě a jasu.

Celkové rozlišení fotoaparátu vyjadřuje fyzický počet světlocitlivých buněk senzoru. Avšak ne všechny buňky se podílejí na tvorbě obrazu, některé jsou určeny pro technické

[22] Použití např. u JPEG
[23] Použití např. u RAW
[24] Použití např. u TIFF, PNG, PSD

účely fotoaparátu[25]. Z toho důvodu se vedle celkového rozlišení udává také efektivní rozlišení vypovídající o počtu buněk, které jsou při snímání opravdu použity. Efektivní rozlišení je tedy menší než celkové. Na efektivním rozlišení závisí, z kolika pixelů bude fotografie maximálně složena. Pokud je nastaveno nejvyšší rozlišení snímání nabízené fotoaparátem, znamená to prezentaci jednoho obrazového bodu jednou efektivní buňkou snímače. Při nastavení na nižší rozlišení je z více snímacích buněk senzoru složen jeden pixel výsledné fotografie.

Rozlišení je udáváno buď jedním číslem, megapixely (MPix), vyjadřující celkový počet pixelů, nebo dvojicí čísel vypovídající o počtu pixelů na řádce a počtu pixelů ve sloupci. Například u senzoru s 3264 x 2448 pixely je jeho celkové rozlišení 8 MPix. [34], [35]

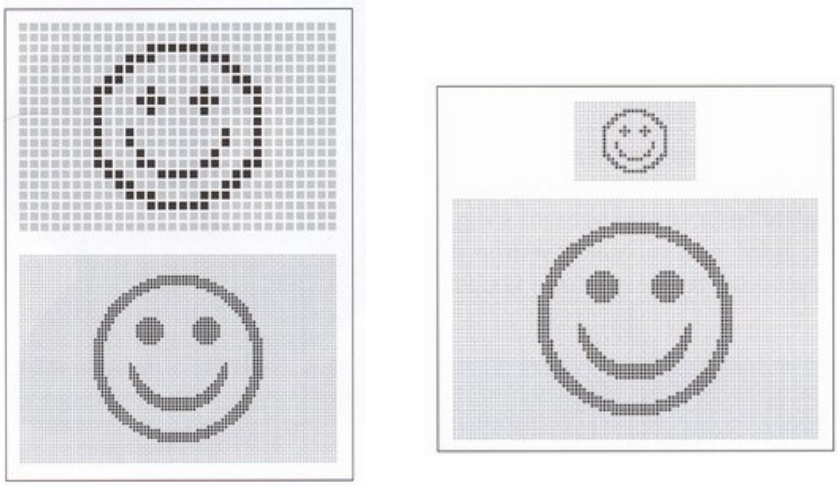
Vyšší rozlišení poskytuje větší množství detailů na fotografii, umožňuje obrázek více zvětšit, aniž by byla znát pixelace, umožňuje dělat větší výřezy a tisknout obrázky velkých formátů. Ovšem ne vždy platí, že čím vyšší rozlišení, tím lepší kvalita. Záleží totiž i na velikosti snímače. Pokud zůstává plocha senzoru stejná a zvyšuje se jen rozlišení, musí se zmenšit velikost fotodiod, aby se jich na senzor vešlo více. Tím se snižuje jejich citlivost, dynamický rozsah a narůstá šum. Dále rostou nároky na optickou kvalitu objektivů a na kvalitu a výkonnost obrazového procesoru. V posledních letech byl trend výrobců fotoaparátů rozlišení zvyšovat a zvyšovat. Zatímco v roce 2005 bylo průměrné rozlišení fotoaparátů 4 MPix, v roce 2007 se zdvojnásobilo na 8 MPix a v roce 2011 je už kolem 12 MPix. Tento trend naráží na problémy především u kompaktů, u nichž je při stejném rozlišení, jako nabízejí kvalitní zrcadlové fotoaparáty, mnohonásobně menší plocha senzorů[26] a často nekvalitní optika. Výsledkem je vyšší šum a další obrazové vady, které na kvalitě výsledné fotografie spíše ubírají.

Nevýhodou velkého rozlišení je velikost uložené fotografie. Při větším množství pořízených fotografií může být potřebné místo pro archivaci několik stovek megabytů. To ovšem díky rychlému vývoji výpočetní techniky, kdy kapacity záznamových médií překročily 1 TB, není až takový problém. Další nevýhodu je, že vyšší datový tok

[25] Např. okrajové slouží jako pomocné pro interpolaci

[26] Kompakty mají velikost senzoru kolem 6,16 x 4,62 mm (plocha 28 mm^2), kdežto kvalitní zrcadlové fotoaparáty s velikosti plného políčka kinofilmu mají rozměry 36 x 24 mm (plocha 864 mm^2), což je 30krát více než u kompaktů!

prodlužuje dobu zpracování snímku obrazovým procesorem a jeho ukládání na paměťovou kartu. [36]



Obr. 26 Rozlišení 600 pixelů versus 5400; Vyšší rozlišení znamená větší fotografii
(Převzato z [35], str. 32)

Velikost potřebného rozlišení závisí na způsobu dalšího zpracování a použití fotografie. Pro běžného uživatele, který nemá záměr fotografie upravovat a zamýšlí je prohlížet na monitoru nebo tisknout v rozměrech max. A4, bohatě postačí rozlišení 3 - 4 MPix. Bude-li snímek zamýšlen pro úpravu v grafickém editoru, například pro výřezy, nebo určen pro velkoformátový tisk, pak je potřeba použít vyšší rozlišení.

Při zobrazení a úpravách fotografie na monitoru se používá rozlišení ve smyslu počtu bodů, ze kterých je složena určitá část obrazu. Vypovídá tedy o hustotě pixelů. Je udáváno v PPI[27], což znamená počet pixelů na jeden palec, ale může být udáváno i např. v cm. Hodnotu PPI lze v editoru jednoduše změnit a tím změnit hustotu pixelů a rozměry snímku, přičemž celkový počet pixelů zůstává stejný. Výše PPI nemá vliv na kvalitu snímku, ale na kvalitu a rozměry vytištěné fotografie. Čím je nastavena vyšší hodnota PPI, tím bude na vytištěné fotografii větší hustota pixelů a tím větší množství detailů, ale bude mít menší rozměry. Nejběžněji jsou nastavovány hodnoty 150 PPI, 200 PPI a 300 PPI.

Protože jeden palec je přibližně 2,54 cm, lze snadno spočítat potřebnou hodnotu PPI pro požadované rozměry fotografie v cm dle následujícího vzorce:

[27] Pixels per inch

PPI = (počet pixelů na řádce / (délka fotografie v cm / 2,54))

Je-li např. fotografie složena z 1600 x 1200 pixelů a je-li PPI nastaveno na 200 PPI, budou rozměry fotografie 20,3 x 15,2.

Následující tabulka ukazuje maximální rozměry fotografie, kterou lze vytisknout s daným počtem MPix a požadovanou kvalitou. Pro kvalitní tisk na kvalitní papír je vhodné 300 PPI, pro běžný tisk 200 PPI a pro tisk na horší kvalitu papíru (např. noviny) postačí 150PPI. Žlutě jsou označeny formáty minimálně o velikosti A4 . [37]

Počet megapixelů obrazu (MPix)	Odpovídá přibližně	Maximální rozměry fotografie v cm při:		
		300 PPI	200 PPI	150 PPI
2	1 600 x 1 200	13.5 x 10.2	20.3x15.2	27.1x20.3
3	2 000 x 1 500	16.9x12.7	25.4x19.1	33.9x25.4
4	2 500 x 1 600	21.2x13.5	31.8x20.3	42.3x27.1
5	2 800 x 1 800	23.7x15.2	35.6x22.9	47.4x30.5
6	3 000 x 2 000	25.4x16.9	38.1x25.4	50.8x33.9
8	3 500 x 2 300	29.6x19.5	44.5x29.2	59.3x38.9
10	4 000 x 2 500	33.9x21.2	50.8x31.8	67.7x42.3

Obr. 27 Tabulka maximální velikosti fotografie při daných parametrech (Převzato z [37])

4.3.3. Citlivost

Citlivost se uvádí v ISO hodnotách a vyjadřuje citlivost filmu či snímače na světlo. U klasické fotografie je citlivost dána použitým typem filmu s určitou ISO citlivostí. Citlivější filmy potřebují pro fotografování méně světla než filmy málo citlivé. Jsou proto vhodné pro fotografování za zhoršených světelných podmínek nebo pro zachycení rychlého pohybu za denního světla. Ovšem jejich nevýhodou je zrnitost, která je způsobena většími krystalky halogenidů stříbra[28]. Málo citlivé filmy zachycují jemnější detaily díky jemnozrnné vrstvě na filmu. Potřebují však dostatek světla a při jeho nedostatku se prodlužuje potřebný expoziční čas.

Mezi středně citlivé filmy patří filmy s citlivostí ISO 64, 100, 160 a 200, mezi málo citlivé 25 a 50 a mezi citlivé 400, 640, 800. Lze však koupit i extrémně citlivé filmy s ISO citlivostí až do 5000. [45]

[28] V dnešní době díky novým technologiím není zrnitost, při použití filmů s větší ISO citlivostí, již tak patrná jako dřív.

Digitální fotoaparáty mají nespornou výhodu v možnosti flexibilního nastavení ISO citlivosti bez nutnosti výměny kinofilmu. Citlivost lze nastavit ručně, nebo použít automatický režim, který ji nastaví sám podle intenzity světla. V prvé řadě citlivost závisí na citlivosti fotodiod snímače, která je dána především jejich rozměry a výrobní technologií, a nelze ji ovlivnit. Ovlivnit lze míru zesílení elektrického náboje, který putuje z fotodiod do A/D převodníku. Za zhoršených světelných podmínek, kdy na snímač dopadá málo světla a vzniká slabý elektrický náboj, je potřeba větší zesílení, tzn. nastavit vyšší ISO citlivost. Rovněž u digitálního fotoaparátu platí, že s vyšší hodnotou ISO roste na fotografii míra šumu.

ISO hodnoty lze nastavovat v určitém rozmezí, kterým je daný přístroj vybaven. Pokud nastavíme citlivost z ISO 100 na ISO 200, znamená to dvojnásobnou citlivost. Zapotřebí bude tedy poloviční množství světla a tím poloviční doba expozice. [46]

4.3.4. Šum

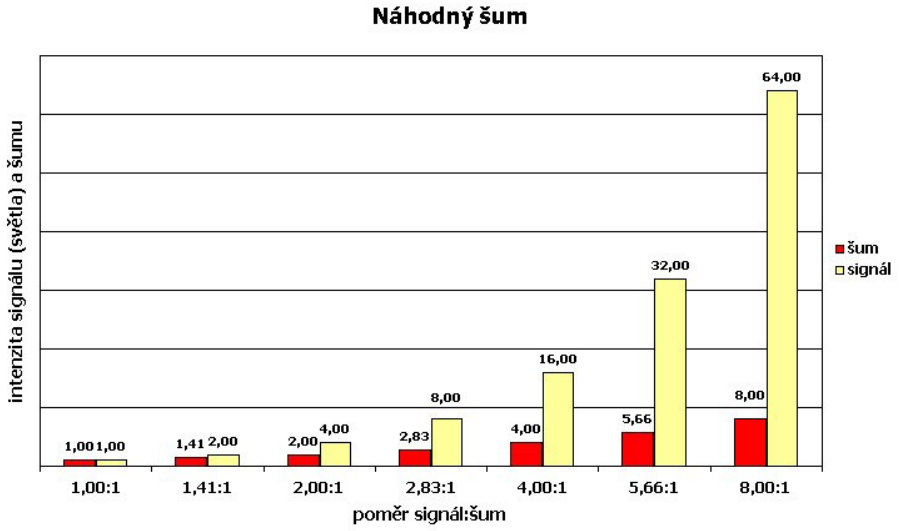
U klasického filmu je šum způsoben vlastnostmi použitých chemických sloučenin vedoucích k zrnitosti fotografické emulze. Čím je film citlivější, tím je patrné větší zrno. Tento šum je konstantní a nepůsobí tak rušivě, jako na digitálních fotografiích.

V digitální fotografii šum vzniká z různých příčin, a to nejen při pořizování snímku, ale rovněž při následným zpracováním. Zatímco dříve byl digitální šum velkým problémem, dnes jsou používány technologie a softwary redukující šum, který je tak za běžných světelných podmínek prakticky zanedbatelný a viditelný až při velkém zvětšení.

V prvé řadě je velikost šumu dána kvalitou samotného snímače a jeho velikostí. Čím je menší a má vyšší rozlišení, tím musejí být menší buňky. A čím jsou menší buňky, tím nižší náboj se na nich dopadem světla vytvoří a bude nižší odstup signálu od šumu i potřebné větší zesílení a vznikající šum je větší. Naopak větší snímače s většími buňkami mají větší kapacitu, nedochází k takovému přelívání nábojů a zvyšuje se odstup signálu od šumu.

Jedním z důvodů vniku digitálního šumu je působení rušivých elementů ovlivňujících vznikající elektrický náboj. Velikost náboje může být totiž ovlivněna,

kromě dopadajících fotonů světla jiným elektromagnetickým zářením, jako jsou rádiové vlny či mikrovlny nebo tepelné záření např. z polovodičových součástek a integrovaných obvodů ve fotoaparátu. Tak vzniká v buňkách tzv. náhodný náboj, přestože na ně nedopadá žádné světlo. Šum vzniklý touto příčinou bude patrný především na tmavých snímcích, na které dopadlo světlo malé intenzity, a tím se vygeneroval slabý náboj. Odstup náboje, který vznikl dopadajícím světlem, od toho, který vznikl těmito rušivými elementy, je totiž mnohem nižší[29], než při dopadajícím světle o vyšší intenzitě, kdy se hladina šumu stává zanedbatelná díky velkému odstupu. Nežádoucí elektrický náboj způsobující šum narůstá při delší expozici, kdy se buňky senzoru více zahřívají a vyzařují větší teplo. Větší teplo rovněž vyzařuje např. zesilovač. Více viditelný šum proto může vznikat v oblasti blíže k zesilovači. [21], [39]



Obr. 28 Graf znázorňující zvětšování odstupu signálu od šumu v závislosti na rostoucí intenzitě světla
(Převzato z [40])

Nejvíc se šum projeví při fotografování s nastavenou vyšší ISO citlivostí především za zhoršených světelných podmínek, kdy je díky dopadajícímu světlu o nízké intenzitě potřeba zesílit slabý elektrický náboj. Zesílením náboje ovšem dochází k zesílení i té části náboje, který vznikl působením rušivých elementů. Větší zesílení má navíc za následek

[29] Tzv. odstup signálu od šumu

větší zahřátí zesilovače a tím dochází k většímu tepelnému vyzařování, které přispívá k dalšímu nárůstu šumu.

Dalším zdrojem šumu je přetékání elektrických nábojů mezi buňkami senzoru. Důvodem může být nižší kvalita snímače, tepelná nestálost křemíku i vnější elektronické rušivé vlivy. Tím buňka nese vyšší elektrický náboj, který neodpovídá intenzitě světla, která na buňku dopadla. K tomu dochází zejména při fotografování s delší expozicí.

Patrný šum tedy vzniká především při fotografování za zhoršených světelných podmínek, kdy je potřeba zvýšit citlivost, či dobu expozice. Proto je potřeba mít toto na paměti a nefotografovat s vyšší ISO citlivostí než je nezbytně nutné a s dobou expozice nepřesahující 2 vteřiny. V opačném případě nezbývá, než se pokusit v editorech šum zjemnit.

Šum vzniká i při následném zpracování elektrického náboje. Na kvalitě A/D převodníku závisí, jak kvalitně bude signál převeden do digitální informace a rovněž ovlivňuje velikost šumu. V obrazovém procesoru, ve kterém dochází k případnému dalšímu zpracování, jako je např. interpolace, doostření, či kompresi, může být šum dále zesílen. Např. čím větší komprese, tím vzniká větší šum.

V neposlední řadě může být šum způsoben znečištěním snímače, které vzniká především výměnou objektivů v prašném prostředí.

V dnešní době již existuje poměrně dost způsobů, jak šum redukovat. Existují řešení buď přímo ve fotoaparátu, a to jak hardwarová, tak softwarová, nebo následná úprava v počítači pomocí různých editorů. Přímo ve fotoaparátu je např. velice efektivním řešením používání technologie bránící přeskakování nábojů, která vzniku šumu předchází. [41], [42]

5. Praktické porovnání digitální a klasické fotografie

5.1. Porovnání fotografií

V praktické části budou porovnány fotografie pořízené digitálním a analogovým fotoaparátem se zaměřením zejména na míru šumu u digitálního fotoaparátu a zrnitost u analogového, které u fotoaparátů vznikají za určitých světelných podmínek. Pro porovnání byla z fotografií vybrána jedna dvojice vyfotografována za dne, jedna za šera a jedna za umělého osvětlení v místnosti. Dále budou zmíněny hlavní přednosti a nevýhody obou způsobů záznamu, se kterými se autor v průběhu procesu fotografování setkal.

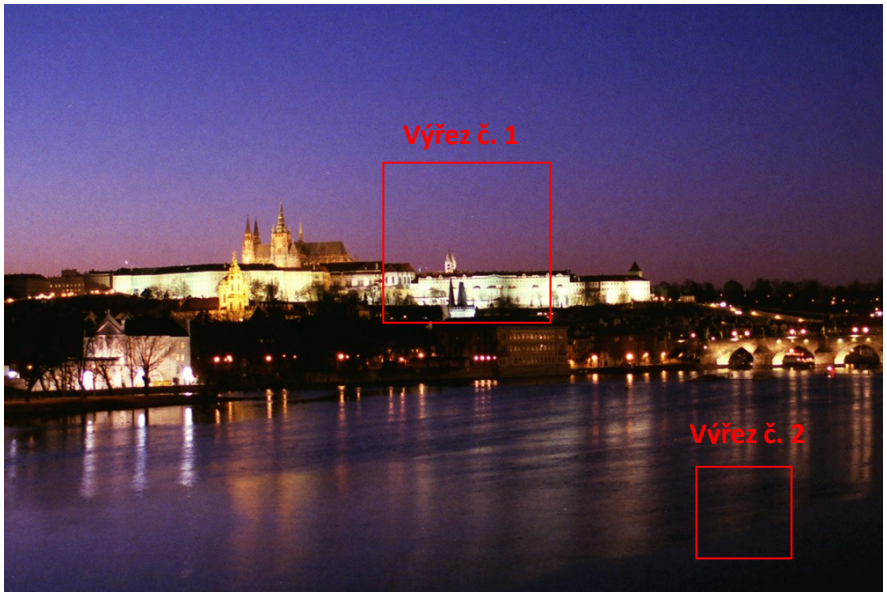
Pro práci byl použit analogový fotoaparát na 35 mm film značky Canon typu EOS 300X, který si autor pro svou práci vypůjčil ve specializovaném obchodě Foto Škoda. Fotografováno bylo na film FUJICOLOR SUPERIA s ISO 200 a snímek Pražského hradu za šera (Obr. 29) byl pořízen na film FUJICOLOR SUPERIA X-TRA s ISO 400, oba měly mírně zvýšenou saturaci. Digitální záznam byl proveden na fotoaparát modelu C4000Z od Olympusu. Při fotografování bylo nastavení u obou fotoaparátů ponecháno na automatickém režimu, který se postaral o veškeré nastavení parametrů.

Autor si je vědom toho, že se jedná o neporovnatelné fotoaparáty. Smyslem práce nebylo porovnat vlastnosti těchto dvou konkrétních modelů, nýbrž poukázat na hlavní odlišnosti, které mohou nastat právě při používaní analogového nebo digitálního fotoaparátu.

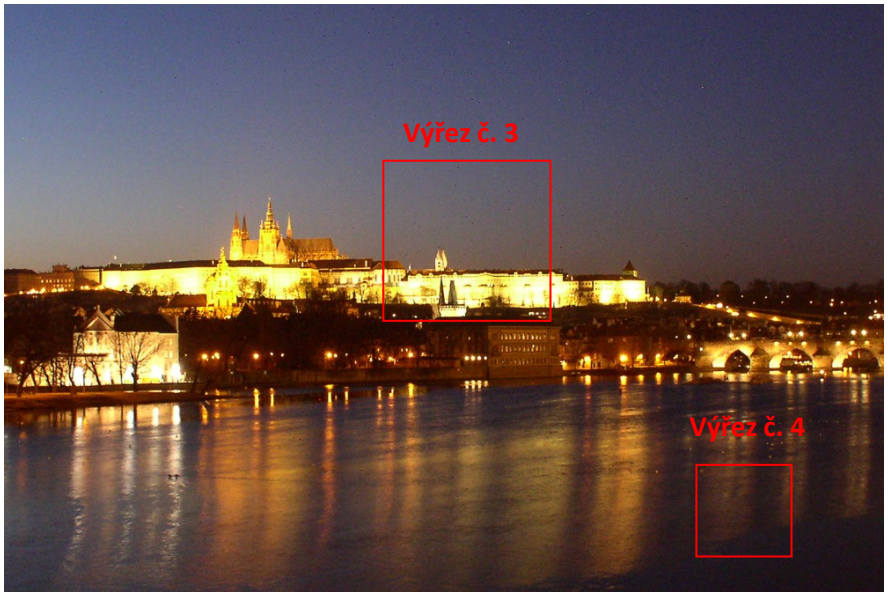
Aby bylo možné toto porovnání uskutečnit, dofotografované negativy musely být nejprve vyvolány a poté doma naskenovány, kdežto z digitálního fotoaparátu mohly být snímky rovnou přeneseny do počítače. Pro skenování byl použit skener CanoScan 8800F od firmy Canon disponující možností skenovt proužky 35 mm negativu, svitkového filmu 120 a diapozitivů v rámečcích. Skener sice umožňuje skenovat ve 48bitové barevné hloubce, ale pro práci postačila 24bitová. Dále výstupní rozlišení bylo nastaveno na 4800 dpi. Různé úpravy, které program dodávaný společně se skenerem nabízel (například odstranění škrábanců, prachu nebo opravu zrnitosti), zůstaly vypnuté, jelikož nebylo cílem této práce zkoumat vliv různého nastavení na vzhled fotografie.

5.1.1. Za šera

Na následujících snímcích je vyfotografován za šera z Mostu Legií Pražský hrad. Analogovým fotoaparátem bylo dosáhnuto hezčího zabarvení a lepšího vykreslení, které je patrné zejména na Hradě, kde jsou rozeznatelné jednotlivé barvy nasvícení. Snímek zachycený digitálním fotoaparátem je zbarven dožluta, je na něm znatelný nižší dynamický rozsah a přepaly na více místech. Na obou snímcích je na první pohled patrné zrno/šum, avšak na klasické fotografii nepůsobí zrnitost tak rušivě jako šum na digitální fotografii.



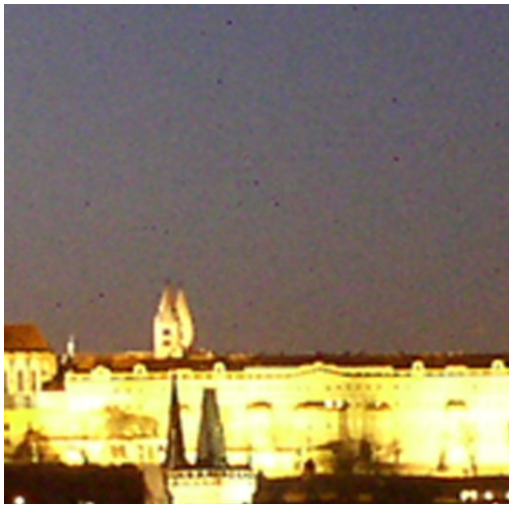
Obr. 29 z analogového fotoaparátu, ISO 400, čas 1s, clona f/4.5 (Zdroj: archiv autora)



Obr. 30 z digitálního fotoaparátu, ISO 400, čas 1s, clona f/2.8 (Zdroj: archiv autora)

Pro lepší porovnání zrnitosti a šumu jsou níže zvětšeniny výřezů vyznačených částí. Na klasické fotografii zrno působí ve srovnání se šumem přirozeněji díky přechodu mezi tóny červené a modré barvy. U šumu se nepěkně střídají červené, zelené a modré pixely a obzvlášť rušivě působí pixely o výrazně nižším jasu než okolní, jak lze na výřezech spatřit.

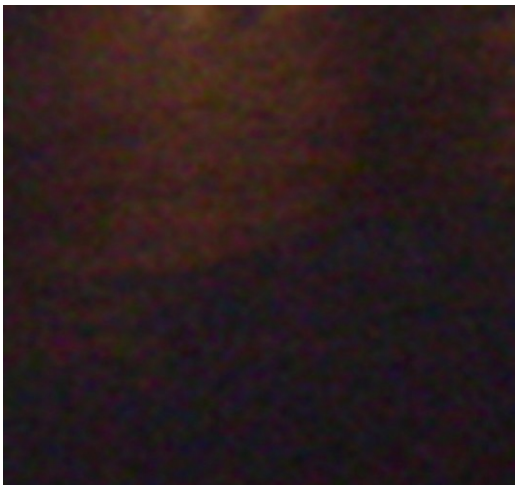
Obr. 31 výřez č.1 (Zdroj: archiv autora)



Obr. 32 výřez č.3 (Zdroj: archiv autora)

Šum působí rušivěji na tmavém pozadí, kde se více vyskytují pixely zbarvené do červených odstínů, jak ukazuje následující výřez č. 4 na Obr. 34.

Obr. 33 výřez č.2 (Zdroj: archiv autora)



Obr. 34 výřez č.4 (Zdroj: archiv autora)

5.1.2. Za denního světla

Zatímco šum byl u digitálního přístroje patrný za zhoršených světelných podmínek, kdy bylo zapotřebí použít delší expoziční čas a vyšší ISO citlivost, za denního světla již patrný nebyl. Naopak na klasické fotografii byla zrnitost rozeznatelná i během jasného dne, jak lze vidět na výřezu č.5[30].

Obr. 35 z analogového fotoaparátu
ISO 200, čas 1/350, clona f/13
(Zdroj: archiv autora)

Obr. 36 z digitálního fotoaparátů
ISO 200, čas 1/800, clona f/3.2
(Zdroj: archiv autora)

Na obrázcích 35 a 39 lze rovněž poukázat na vady na filmu vzniklé škrábanci a nečistotami, které se mohou po naskenování projevit. Pokud tyto chyby nelze odstranit mechanickým očištěním filmu, řešením je případná úprava v grafickém editoru.

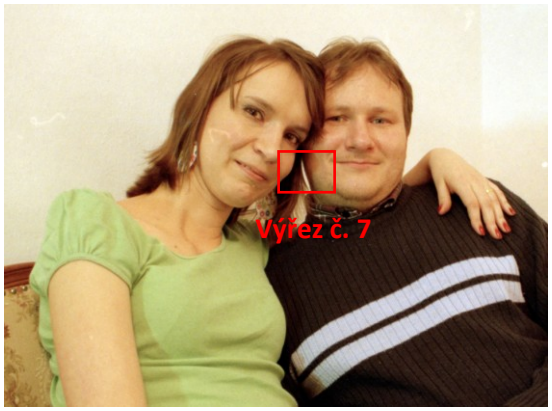
[30] Zrno je více viditelné v elektronické verzi této práce.

Obr. 37 výřez č.5 (Zdroj: archiv autora)

Obr. 38 výřez č.6 (Zdroj: archiv autora)

5.1.3. Za umělého osvětlení

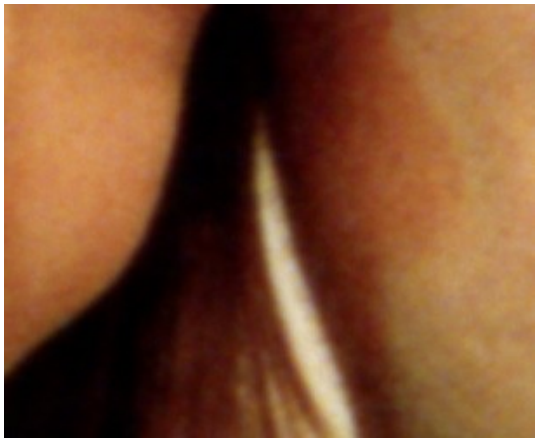
Na poslední dvojici snímků je pár vyfotografovaný v místnosti za umělého osvětlení. Digitální fotoaparát automaticky nastavil vyvážení bílé pro umělé osvětlení, kdežto u analogového bylo nutné použít film vhodný pro umělé osvětlení.



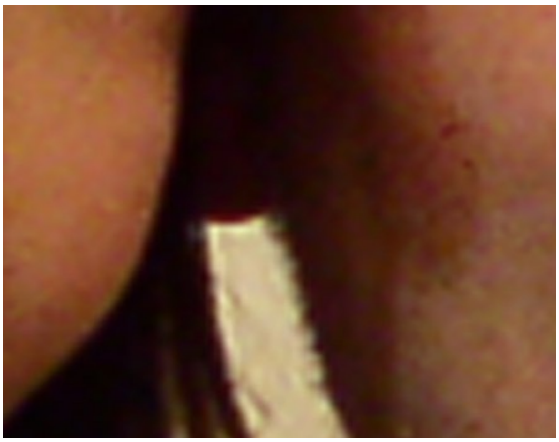
Obr. 39 z analogového fotoaparátu
ISO 200, čas 1/8, clona f/4.0
(Zdroj: archiv autora)

Obr. 40 z digitálního fotoaparátu
ISO 200, čas 1/4, clona f/2.8
(Zdroj: archiv autora)

Na klasické fotografii je opět patrné zrno, které ovšem nepůsobí rušivě. Z celkového pohledu dává čistější a ostřejší obraz. Na digitálním snímku lze spatřit šum, který při přiblížení působí daleko hruběji než zrno.



Obr. 41 výřez č.7 (Zdroj: archiv autora)



Obr. 42 výřez č. 8 (Zdroj: archiv autora)

Při fotografování za umělého osvětlení je barevné spektrum nevyvážené, jelikož převládá červená složka a výrazně potlačena je modrá. Funkce vyvážení bílé na digitálních fotoaparátech se stará o zeslabení červeného signálu a zesílení modrého. Zesílení signálu má však za následek zvýšení šumu, který se tak nejvíce projeví v modrém kanálu. Na následujících obrázcích jsou porovnány jednotlivé kanály. V červeném je patrný šum nejméně, následuje zelený a v posledním modrém je šum nejvíce zřetelný.

Obr. 43 Červený kanál (Zdroj: archiv autora)

Obr. Zelený kanál (Zdroj: archiv autora)

Obr. 44 Modrý kanál (Zdroj: archiv autora)

5.2. Výhody a nevýhody digitálního fotografování

5.2.1. Přednosti digitální fotografie

U digitální fotografie lze originál libovolněkrát zkopírovat bez ztráty na kvalitě. Kdežto kopírováním a skenováním negativu dochází ke ztrátě kvality a vzniká při jeho manipulaci riziko poškrábání a dalšího poničení. Jak bylo ukázáno na obrázcích 37 a 39, bílé skvrny a čáry způsobené poškrábáním a znečištěním negativu se objevují poměrně často, a to i při opatrné manipulaci. Z toho důvodu je zapotřebí buď nastavit na skeneru funkci odstranění škrábanců, nebo upravit snímky v editoru. Klasický film podléhá dále stárnutí. Na druhou stranu má vhodným způsobem archivovaný negativ dlouhou životnost, což se nedá říci o záznamu na CD a DVD. Proto je vhodné médium po několika letech zkopírovat nebo si zálohy ponechat raději také na pevném disku.

Paměťová karta u digitálního fotoaparátu se dá použít opakovaně a vejde se na ní několikanásobně více snímků než na kinofilm. Navíc filmy vůbec nejsou levnou záležitostí. Ty obyčejné pro 36 snímků stojí kolem 80 Kč, profesionální až 200 Kč. Další náklady vznikají při vyvolání filmu, které autora vyšly u firmy FotoŠkoda na 60 Kč. U jiných firem vyvolání vychází ještě dráž, např. u firmy Fotolab 99 Kč a není u ní umožněno nechat si film pouze vyvolat, ale musí být spojeno i se zhotovením fotografií. Pro digitální fotoaparát z toho vyplývá větší svoboda při zhotovování snímků, kdy člověk pro kompozici není nucen vybírat nejvhodnější místa a jednoduše zhotoví více snímků a až v počítači vybere tu nejlepší. U analogového si naopak více rozmyslí, s jakou kompozicí a nastavením fotoaparátu daný záběr vyfotografovat.

Další nespornou výhodou digitálních fotoaparátů je možnost okamžitě po exponování si vyfotografovaný snímek prohlédnout na LCD displeji. V případě, že se nezdařil, lze ho smazat a pořídit jiný. Ke každému snímku jsou ukládány informace o použitém expozičním čase a cloně, ISO, datum a čas fotografování, aj. a lze je později zobrazit.

V digitálním fotoaparátu lze flexibilně nastavit parametry obrazu, jako je vyvážení bílé, saturaci, ISO citlivost aj. U analogového fotoaparátu to možné není, parametry obrazu jsou dány typem použitého filmu. Chceme-li fotografovat s vyšší citlivostí, je zapotřebí

vyměnit film za film s vyšší ISO citlivostí. Pro fotografování v místnostech při umělém osvětlení jsou určeny jiné typy filmů, než při pořizování fotografií za přirozeného světla. Dále lze koupit filmy např. se zvýšenou saturací, atd.

Chceme-li fotografie dále upravovat v grafickém editoru, je u klasických fotoaparátů celý proces, od pořízení filmu až po zpracování fotografií, časově náročnější. Nejprve je nutné koupit film, poté ho celý vyfotografovat, dále nechat vyvolat a následně jej naskenovat. Díky tomu může trvat několik dnů, než budeme schopni s vyfotografovaným snímkem pracovat v grafickém editoru. Zato digitální fotografie stačí přetáhnout z paměťové karty do počítače a během pár minut je začít dále zpracovávat.

5.2.2. Nevýhody digitální fotografie

Přestože se kvalita snímků pořízené digitálním fotoaparátem za poslední roky dost zvýšila, ne vždy lze dosáhnout kvality klasické fotografie. Především u levných kompaktních fotoaparátů kvalita fotografií stále pokulhává. Rovněž větší výřez vytištěné klasické fotografie je nesrovnatelně lepší než u digitální.

Dalším problémem digitálních fotoaparátů je šum, který vzniká zejména při fotografování za zhoršených světelných podmínek při delší expozici a nastavené vyšší ISO citlivosti. Značného pokroku bylo dosáhnuto i v této problematice a v dnešní době jsou do fotoaparátů dávány technologie i softwary, které pomáhají předcházet vzniku šumu, či ho znatelně redukují. Přesto ne vždy se podaří šum eliminovat, zejména u levnějších přístrojů. Pak šum působí velice rušivě v porovnání se zrnem u klasické fotografie, jak se lze přesvědčit na obrázcích 29 až 34.

Baterie mají u digitálního fotoaparátu daleko větší spotřebu než u analogového. Během fotografování postačil autorovi u analogového fotoaparátu pouze jeden pár baterií, kdežto u digitálního se musely baterie za stejnou dobu vyměnit dvakrát.

Další nevýhodou digitálního fotoaparátu je potřeba několika sekund na to, aby se uvedl po zapnutí do provozu, což může zapříčinit, že fotograf prošvihne příležitost vyfotografovat slibný záběr. Určitý čas rovněž zabere zaostření, zpracování, komprese a uložení snímku na paměťovou kartu. To vyvolává nepříjemnosti, pokud chceme ihned po jedné expozici fotografovat znova, např. při snímání scén v pohybu. Sice pro takové

případy existuje režim sekvenčního snímání, ale ten je omezen pro pár snímků a zpracování všech takto pořízených fotografií trvá déle. Především při fotografování večerní scény do formátu TIFF s vysokým rozlišením trvalo zpracování snímku několik sekund. Tento problém se týká především kompaktních fotoaparátů, nové digitální zrcadlové fotoaparáty používají vyspělejší technologie i rychlejší paměťové karty. Rychlost zpracování již u takovýchto přístrojů není problémem.

Pořizovací výdaje nového kvalitního digitálního fotoaparátu jsou poměrně vysoké. Přestože se ceny fotoaparátu za posledních pár let znatelně snížily, stále jsou mnohem dražší než analogové fotoaparáty. Do výdajů je navíc potřeba zahrnout přinejmenším cenu dobíjecích baterií, nabíječky a paměťové karty, pokud nejsou obsaženy v příslušenství.

6. Závěr

Od zachycení historicky první fotografie prošel fotografický proces dlouhým a složitým vývojem trvající několik století, než byl vyvinut kinofilm. Následoval rychlý boom digitální fotografie, která se během pár let stala každodenní součástí našeho života. Není to tak dávno, kdy s příchodem prvních digitálních fotoaparátů nebylo pochyb o jasné převaze kvality fotografie pořízené na kinofilm a málokdo věřil, že se digitální fotografie stane každodenní záležitostí.

V posledních letech proběhl intenzivní technologický vývoj digitálních fotoaparátů. Během pouhých několika let se rapidně zvýšila kvalita snímacích senzorů a jejich rozlišení, úroveň šumu se snížila a tím vzrostla kvalita snímků, které produkují. Rovněž cena nových přístrojů výrazně klesla, digitální fotoaparáty se tak staly cenově dostupnější široké veřejnosti. Není sporu o dalším rychlém vývoji snímacích senzorů, které už dnes produkují u kvalitních zrcadlových fotoaparátů fotografie srovnatelné s analogovými a odsunují klasickou fotografii ještě více do pozadí. Dá se předpokládat, že vývoj bude pokračovat a přinese další vylepšení.

Na otázku co je lepší, zda digitální či analogová fotografie, lze jen stěží dát jednoznačnou odpověď, jelikož do tohoto procesu vstupuje mnoho kladů i záporů, které u každého fotografa mohou mít větší či menší důležitost. U amatérských fotografů jednoznačně vítězí digitální fotoaparát díky své flexibilitě, možnosti zobrazit snímek ihned po vyfotografování a nižších nákladech spojených s fotografováním. U uměleckých fotografií to není tak jednoznačné. Někteří profesionální fotografové nedají dopustit na své analogové zrcadlové fotoaparáty, ale řada z nich už pracuje rovněž s digitálním zrcadlovým fotoaparátem. Předností klasické fotografie je věrohodnější podání barev a hezčí zobrazení nočních scén, kdy zrno působí méně rušivě než šum. I když klasická fotografie stále ustupuje do pozadí, své kouzlo si zachovává a pravděpodobně se s ní budeme střetávat ještě hodně dlouho.

7. Seznam použitých zkratek

A/D – analog/digital
CCD – Coupled Charge Device
CD – Compact Disc
CMOS – Complimentary Metal Oxide Semiconductor
CMY – barevný model azurová-purpurová-žlutá
CRW – datový formát RAW používaný firmou Canon s příponou .crw
DVD – Digital Video Disc
JPEG – Joint Photographic Experts Group
LCD – Liquid crystal display
MB – Megabyte
MPix – Megapixel
NEF – datový formát RAW používaný firmou Nikon s příponou .nef
ORF – datový formát RAW používaný firmou Olympus s příponou .orf
PPI - Pixels per inch
RAW – surový, nezpracovaný datový formát
RGB – barevný model červená-zelená-modrá
TB – Terabyte
TIFF – Tag Image File Format

8. Seznam literatury

[1] TOLMACHEV, Ivan. *Photo Tuts+* [online]. 15.3.2010 [cit. 11/2012]. A History of Photography Part 1: The Beginning. Dostupné z WWW: <http://photo.tutsplus.com/articles/history/a-history-of-photography-part-1-the-beginning/>.

[2] *Fotografie* [online]. 2007 [cit. 11/2010]. Historie fotografie. Dostupné z WWW: <http://www.tesar.estranky.cz/clanky/historie-fotografie.html>.

[3] SCHEUFLER, Pavel. *Historické fotografické techniky.* Praha: Artama, 1993, 44 s.

[4] ŠEVELOVÁ, Irena; TICHÁ, Anna. *Digimanie* [online]. 29.3.2007 [cit. 11/2010]. Historie fotoaparátu a fotografie. Dostupné z WWW: <http://www.digimanie.cz/art_doc-E4ACD206774FAD19C12572AD00152C64.html >.

[5] ŠEVELOVÁ, Irena; TICHÁ, Anna. *Digimanie* [online]. 29.3.2007 [cit. 12/2010]. Historie fotoaparátu a fotografie. Dostupné z WWW: <http://www.digimanie.cz/art_doc-43F2F16219436103C12572AD00153FBD.html>.

[6] *Prodej Foto.* [online]. 20.5.2009 [cit. 11/2010]. Historie fotografie - část II. Dostupné z WWW: <http://www.prodejfoto.com/historie-fotografie-cast-ii.a57.html>.

[7] LEGGAT, Robert . I [online]. 2006, 23.9.2009 [cit. 11/2010]. TALBOT, William Henry Fox. Dostupné z WWW: <http://www.rleggat.com/photohistory/history/talbot.htm>.

[8] TESAŘOVÁ, Erika. *Inovace* [online]. 11.8.2010 [cit. 12/2010]. České inovace: Patent na barevný film prodal vynálezce pod cenou. Dostupné z WWW: <http://www.inovace.cz/for-life/nove-technologie-v-praxi/clanek/ceske-inovace:-patent-na-barevny-film-prodal-cesky-vynalezce-pod-cenou/>.

[9] DZIK, Petr. *Paladix* [online]. 17.6.2001 [cit. 12/2010]. Teorie barevného vidění. Dostupné z WWW: <http://www.paladix.cz/clanky/teorie-barevneho-videni.html>.

[10] DZIK, Petr. *Paladix* [online]. 1.7.2001 [cit. 12/2010]. Barevný negativ I. Dostupné z WWW: <http://www.paladix.cz/clanky/barevny-negativ-i.html>.

[11] VESELÝ, Daniel. *Fotovesely* [online]. [cit. 12/2010]. FOTOGRAFIE. Dostupné z WWW: <http://www.fotovesely.cz/fotografie/>.

[12] *Kodak* [online]. [cit. 12/2010]. George Eastman. Dostupné z WWW: <http://www.kodak.com/global/en/corp/historyOfKodak/eastmanTheMan.jhtml?pq-path=2217/2687/2689>.

[13] ŠEVELOVÁ, Irena. *Digimanie* [online]. 29.1.2007 [cit. 12/2010]. Historie fotoaparátu. Dostupné z WWW: <http://www.digimanie.cz/art_doc-9E1D0C7F56FF004FC12572690039A9F6.html>.

[14] SMITH, Dawn. *Ezine articles* [online]. 20.8.2008 [cit. 1/2011]. A History of Digital Photography. Dostupné z WWW: <http://ezinearticles.com/?A-History-of-Digital-Photography&id=1427001>.

[15] *Quazen* [online]. 11.7.2009 [cit. 1/2011]. Digital Photography. Dostupné z WWW: <http://quazen.com/arts/photography/digital-photography/>.

[16] SCHAUB George, Černobílá fotografie – digitální úpravy pro dokonalý tisk, Brno: Zoner Press, 2007, 1. vyd., 160s., ISBN 978-80-86815-59-6.

[17] SCOTT Kelby, Digitální fotografie, Brno: Zoner press, 2007, 1. vyd., 240 s., ISBN 978-80-86815-56-5.

[18] JOHN Freeman, Fotografie v praxi, Čestlice: Rebo Productions, 2000, 2. vyd., 254 s., ISBN 80-7234-141-3.

[19] MACENAUER, Andrej. *Fotoaparát.* [online]. 14.11.200 [cit. 3/2011]. Filmy I - Jak fungují negat. filmy - lek.10. Dostupné z WWW: <http://www.fotoaparat.cz/article/5009/1>.

[20] *Photo.* [online]. [cit. 1/2011]. Fotoslovník. A/D převodník Dostupné z WWW: <http://www.phototv.cz/index.php?page=cataltxt&grouptxt=1&recid=104&lang=CZ>.

[21] NEFF, Ondřej. Tajná kniha o digitální fotografii. Brno: Unis Publishing. 2001. 192 s. ISBN: 80-86097-62-5

[22] *Digineff.* [online]. 12.2.2002. [cit. 1/2011]. Foveon systém Dostupné z WWW: <http://www.digineff.cz/cojeto/ccd/ccd6.html>.

[23] PIHAN, Roman. *Fotografovani.* [online]. 23.3.2007. [cit. 1/2011]. Vše o světle – 9. Světlo a senzor digitálních fotoaparátů. Dostupné z WWW: <http://www.fotografovani.cz/art/fozak_df/rom_1_09_sensor.html>.

[24] Radka**.** *Paladix.* [online]. 11.2.2002. [cit. 1/2011]. Jsou výrobci digitálních fotoaparátů podvodníci? Dostupné z WWW: <http://www.paladix.cz/clanky/jsou-vyrobci-digitalnich-fotoaparatu-podvodnici.html>.

[25] BŘEZINA, Jan. *Fotografovani.* [online]. 14.1.2005. [cit. 1/2011]. CES 2005: CMOS vs. CCD snímače - změny na obzoru. Dostupné z WWW: <http://www.fotografovani.cz/art/df_trendy/cmos-vs-ccd.html>.

[26] PIHAN, Roman. *Grafika.* [online]. 12.3.2010. [cit. 1/2011]. Obrazové problémy digitální fotografie I. – Senzor. Dostupné z WWW: <http://www.grafika.cz/art/vse/rom_trouble1.html>.

[27] *CCD kamery pro astronomii.* [online]. Aktualizováno: 15.2.20080. [cit. 1/2011]. Úvod do techniky CCD čipů. Dostupné z WWW: <http://ccd.mii.cz/art?id=303&lang=405>.

[28] MACENAUER, Andrej. *Fotoaparát.* [online]. 18.2.2003. [cit. 1/2011]. Technologie Super CCD SROV. Dostupné z WWW: <http://www.fotoaparat.cz/article/2183/1>.

[29] MACENAUER, Andrej. *Fotoaparát* . [online]. 18.2.2003. [cit. 1/2011]. Technologie Super CCD SROV. Dostupné z WWW: <http://www.fotoaparat.cz/article/2183/2>.

[30] FREEMAN, Michael. Průvodce světem digitální fotografie. Praha: Svojtka. 2004. 224s. ISBN: 80-7237-962-3

[31] SOUČEK, Jirka. *Fotofanda.cz* [online]. 2010 [cit. 3/2011]. Snímače fotoaparátů - verze a jejich rozměry. Dostupné z WWW: < http://www.fotofanda.cz/technologie/snimace-fotoaparatu-seznam-verzi-a-jejich-rozmeru >.

[32] FILIPI, David. *Fotografovani.cz* [online]. 26.09.2005 [cit. 3/2011]. K čemu slouží obrazový procesor?. Dostupné z WWW: <http://www.fotografovani.cz/art/fotech_df/obrazovy-procesor.html>.

[33] PIHAN, Roman. *Fotografovani.cz* [online]. 19.07.2006 [cit. 3/2011]. Zpracování obrazu - 2. JPEG, RAW, TIFF a další formáty. Dostupné z WWW: <http://www.fotografovani.cz/art/fo_upravy/rom_proces2.html>.

[34] *PK* [online]. 3.4.2010 [cit. 3/2011]. Rozlišení fotografie. Dostupné z WWW: <http://www.pkweb.eu/rozliseni-fotografie.a145.html>.

[35] LINDNER, Petr; MIŠKA, Miroslav; TŮMA, Tomáš. *Velká kniha digitální fotografie*. Brno : Computer Press, 2003. 272 s. ISBN 80-251-0013-8.

[36] KASÍK, Pavel. Technet.cz [online]. 4. 2. 2010 [cit. 3/2011]. Více megapixelů, lepší fotky? Ne, je to marketingový švindl, varují experti Zdroj: WWW: <http://technet.idnes.cz/vice-megapixelu-lepsi-fotky-ne-je-to-marketingovy-svindl-varuji-experti-14c-/tec_foto.asp?c=A100121_005205_tec_foto_pka>.

[37] PIHAN, Roman. *Fotoklub P6ka.cz* [online]. 25. 3. 2010 [cit. 3/2011]. Zpracování obrazu - Rozlišení a tisk. Dostupné z WWW: <http://www.p6ka.cz/clanky/zajimavosti/zpracovani-obrazu---rozliseni-a-tisk.html>.

[38] ANG, Tom. *Digitální fotografie pro pokročilé*. Bratislava : Slovart, 2004. 144 s. ISBN 80-7209-563-3.

[39] *Astronomia* [online]. 15.1. 2010 [cit. 3/2011]. Šum digitálních snímačů obrazu. Dostupné z WWW: <http://astronomia.zcu.cz/astrofoto/snimace/868-sum-digitalnich-snimacu-obrazu>.

[40] FIKKER, Jaroslav. *Fotoaparat.cz* [online]. 29.7.2004 [cit. 3/2011]. Šum v digitální fotografii - Náhodný šum. Dostupné z WWW: <http://www.fotoaparat.cz/image/10686>.

[41] VEPŘEK, David. *OSK-ART* [online]. 4.2.2007 [cit. 3/20119]. Šum- Jak vzniká, Jak jej omezit (1.díl). Dostupné z WWW: <http://www.osk-art.cz/gallery/clanky/index.php?option=com_content&task=view&id=67&Itemid=108>.

[42] DOLEJŠ, Martin. *Greafik*a [online]. 13.06.2005 [cit. 3/2011]. Redukce digitálního šumu v Adobe Photoshopu CS2. Dostupné z WWW: <http://www.grafika.cz/art/photoshop/Adobe-PhotoshpCS2-redukce-sumu.html>.

[43] ČISTOTOVÁ, Tereza. *Katalog fotoaparátů* [online]. 23.7.2007 [cit. 3/2011]. Formáty dat pro digitállní fotografii. Dostupné z WWW: <http://clanky.katalogfotoaparatu.cz/fotografovani-upravy-fotografii/formaty-dat-pro-digitalni-fotografii/>.

[44] ŠCEC, Petr. *Software Amos* [online]. 2008 [cit. 3/2011]. V čem je lepší formát RAW. Dostupné z WWW: <http://www.amsoft.cz/produkty/adobe/lightroom/raw.html>.

[45] MACENAUER, Andrej. *Fotoaparat.*cz [online]. 29.11.2001 [cit. 3/2011]. Filmy III - Citlivost filmů, lek. 12. Dostupné z WWW: <http://www.fotoaparat.cz/article/5011/1>.

[46] BŘEZINA, Jan. *Greafika* [online]. 3.06.2001 [cit. 3/2011]. Jak správně nastavit citlivost u digitálního fotoaparátu?. Dostupné z WWW: <http://www.grafika.cz/art/df/citlivost_digi.html>.

[47] PECINOVSKÝ Josef, Skenery a jak skenovat, Brno : Computer Press, 2009, 1. vyd., 128 s., ISBN: 978-80-251-2492-5.

9. Seznam obrázků

Obr. 1 Princip snímání ..... - 11 -
Obr. 2 Camera Obscura ..... - 12 -
Obr. 3 Muž vedoucí koně ..... - 13 -
Obr. 4 Pohled oknem do dvora ..... - 13 -
Obr. 5 Zátiší v pracovně ..... - 14 -
Obr. 6 Pošta v Litomyšli ..... - 14 -
Obr. 7 Lokaj, rok 1840, expozice trvající 3 minuty ..... - 15 -
Obr. 8 Krymská válka, Roger Fenton, rok 1855 ..... - 16 -
Obr. 9 Princip autochromu ..... - 17 -
Obr. 10 Subtraktivní barevná reprodukce ..... - 18 -
Obr. 11 Daguerra ..... - 19 -
Obr. 12 Kodak, rok 1888 ..... - 19 -
Obr. 13 Kodak, rok 1903 ..... - 19 -
Obr. 14 Fotoaparát Leica ..... - 19 -
Obr. 15 Porovnání plochy senzoru s políčkem kinofilmu (šedá) ..... - 21 -
Obr. 16 Vznik elektrického náboje ..... - 22 -
Obr. 17 Senzor s Bayerovou maskou a Foveon X3 ..... - 23 -
Obr. 18 Princip zpracování digitálního obrazu ..... - 24 -
Obr. 19 Interpolace obrazu při použití Bayerovy masky ..... - 25 -
Obr. 20 Interpolace obrazu při použití Bayerovy masky ..... - 25 -
Obr. 21 Porovnání progresivního a prokládaného čtení elektrických nábojů ..... - 27 -
Obr. 22 CCD senzor, Super CCD senzor ..... - 28 -
Obr. 23 Super CCD SR ..... - 28 -
Obr. 24 Buňka CMOS senzoru ..... - 28 -
Obr. 25 CCD senzor vs. CMOS senzor ..... - 29 -
Obr. 26 Rozlišení 600 pixelů versus 5400; Vyšší rozlišení znamená větší fotografii ..... - 34 -
Obr. 27 Tabulka maximální velikosti fotografie při daných parametrech ..... - 35 -
Obr. 28 Graf znázorňující zvětšování odstupu signálu od šumu v závislosti na rostoucí intenzitě světla ..... - 37 -
Obr. 29 Z analogového fotoaparátu ..... - 40 -
Obr. 30 Z digitálního fotoaparátu ..... - 40 -
Obr. 31 Výřez č.1 ..... - 41 -
Obr. 32 Výřez č.3 ..... - 41 -

Obr. 33 Výřez č.2 ..... - 41 -
Obr. 34 Výřez č.4 ..... - 41 -
Obr. 35 Z analogového fotoaparátu ..... - 42 -
Obr. 36 Z digitálního fotoaparátů ..... - 42 -
Obr. 37 Výřez č.5 ..... - 43 -
Obr. 38 Výřez č.6 ..... - 43 -
Obr. 39 Z analogového fotoaparátu ..... - 43 -
Obr. 40 Z digitálního fotoaparátu ..... - 43 -
Obr. 41 Výřez č.7 ..... - 44 -
Obr. 42 Výřez č. 8 ..... - 44 -
Obr. 43 Červený kanál ..... - 45 -
Obr. 44 Zelený kanál ..... - 45 -
Obr. 45 Modrý kanál ..... - 45 -